



Sport- és Egészségtudományi Intézet
Sportélettani Kutató Központ

**CITRULIN-MALÁT ÉS *L*- ARGININ AKUT HATÁSA AZ ANAEROB
TELJESÍTMÉNYRE**

Témavezető:
Utczás Katinka Erzsébet

Készítette:
Bartha Henrietta

Konzulens:
Dr. Petridis Leonidas

2024.05.
Budapest

Tartalom

I. Bevezetés.....	2
II. Célkitűzések.....	4
III. Anyag és módszer	4
3.1 Mérési protokoll	4
3.2 Vizsgált személyek	4
3.3 Módszerek	6
3.3.1 Testösszetétel mérés (InBody 720)	6
3.3.2 Wingate teszt	6
3.4 Étrend-kiegészítő	6
3.5 Statisztikai eljárások	7
IV. Eredmények	7
4.1. Mérési napok szerinti összehasonlítás	7
4.2. Hatóanyag szerinti összehasonlítás.....	8
V. Megbeszélés	10
5.1 A tanulási effektus lehetséges hatásának megvitatása	10
5.2 <i>L</i> -arginin és citruli-malát komplex akut hatásának megvitatása	11
VI. Összefoglalás	12
Irodalomjegyzék.....	13

I. Bevezetés

Napjainkban az étrend-kiegészítők fogyasztása nagy népszerűségnek örvend mind az élsportolók, mind pedig a rekreációs sporttevékenységet űzők körében. A gyakori használat háttérében állhat egy kedvezőbb sportteljesítmény elérésének reménye, az edzés által kiváltott fáradtságnak a csökkentése vagy akár a regeneráció felgyorsítása. Amennyiben a sportoló nem megfelelően bevizsgált étrend-kiegészítőt fogyaszt, az akár doppingvétséghez is vezethet. Ezért is nagyon fontos a különböző étrend-kiegészítők bevizsgálása fogyasztásuk előtt, valamint megismerni tényleges hatásukat a sportteljesítményre.

A citrulin- malát és az *L*-arginin az utóbbi időben egyre népszerűbbé vált a potenciális teljesítménynövelő hatásuk miatt. Több kutatás vizsgálta ezen étrend-kiegészítőket külön-külön, azonban az együttes fogyasztásuk még kedvezőbb eredményekkel kecsegtet, ezért célszerű ezt jobban megvizsgálni. A citrulin- malát és az *L*-arginin az aminosavak csoportjába tartoznak, amik fontos építőkövei a szervezetnek. Az aminosavak a szervezetben a sztereoizomer változatok közül az *L* formában vannak jelen, hiszen ezeket képes a szervezet hasznosítani. Az arginin egy feltételesen esszenciális aminosav, amit habár a szervezet elő tud állítani, intenzív testmozgás hatására csökken a mennyisége. A citrulin- malát pedig egy nem esszenciális aminosav, tehát a szervezet nem tudja előállítani, de kívülről be tudjuk juttatni a szervezetbe például görögdiinnye fogyasztásával (Speer és mtsai, 2020). A fentebb említett étrend-kiegészítők segítenek a nitrogén- monoxid (NO) termelésében és az edzést követően a felhalmozódott salakanyagok kiürítése is gyorsabbá válik (Park és mtsai, 2023). Ezáltal kedvezően hatnak a sportteljesítményre és a terhelést követő regenerációra is.

Az arginin és a citrulin- malát egymás hatását fokozzák, értégtítő hatással bírnak, ezért edzés előtti fogyasztásuk az erek simaizomzatának elernyedését eredményezi, mely által a véráramlás növekedhet és a teljesítmény javulhat. Továbbá a nitrogén- monoxid termelése is fokozódik, ezáltal javul a véráramlás. A kettő kombinált fogyasztása e téren kedvezőbb, ugyanis az *L*- arginin közel 40%-a lebontódik a vékonybélben, azonban az *L*- citrulin kikerüli a máj metabolizmusát és a vesékbe kerül, ahol közel 80%-a *L*-argininné alakul át (Pons és mtsai, 2017).

Számtalan kutatás vizsgálta ezen étrend- kiegészítők hatását a teljesítményre, mint például Bailey és munkatársai (2015) is, akik az *L*-arginin és *L*-citrulin fogyasztását hasonlították össze 10 felnőtt férfi résztvevő segítségével. A kutatás az alanyok 7 napon

keresztül fogyasztottak *L*-arginint vagy *L*-citrulint vagy placebót, majd 7-10 napot vártak a kiürülésre és ezt követően megismételték a 7 napos protokollt. A méréshez kerékpár ergométert használtak, továbbá vérmintákat vettek, figyelték a vérnyomást és a vastus laterális oxigenizációját is meghatározták NIRS (Near Infrared Spectroscopy) segítségével. Az eredményekből arra következtettek, hogy az *L*-citrulin fogyasztása hatékonyabbnak bizonyult az *L*-arginin fogyasztásához képest, ugyanis javult a kerékpár ergométeren leadott teljesítmény és a résztvevők terheléssel szembeni ellenállása is fejlődött. A kettő együttes hatásáról még kevés kutatás készült, azonban mivel ezek az értend- kiegészítők egymás szinergistái, így a sportteljesítmény szempontjából még eredményesebb lehet az alkalmazásuk. Amirsasan és munkatársai is ezt az állítást igyekeztek megerősíteni, akik megvizsgálták a citrulin- malát; az *L*-arginin és a kombinált hatást a placebóval szemben szimulált birkózó mérkőzés során (Amirsasan és mtsai, 2018). Arra a következtetésre jutottak, hogy a 7 napon át tartó kombinált beavatkozás eredményesebb, mint csupán a citrulin- malát vagy az *L*-arginin fogyasztása önállóan. Kedvezőbb hatások mutatkoztak a metabolikus stressz és a laktát esetében, illetve javult a teljesítmény és csökkent az észlelt fáradtság mértéke is. Ezen étrend-kiegészítők hosszútávú fogyasztása, legalább 6-7 nap esetén, hatékonyabban javítja az edzésteljesítményt és csökkenti a terhelés során kialakult fáradtság mértékét (Suzuki és mtsai, 2019).

Az akut hatást vizsgálva, férfi foci játékosokon figyelték meg a kombinált hatást (1:1 arányban) 10 perces magas intenzitású kerékpár vizsgálat során, ahol a résztvevők erő kifejtése növekedett, valamint a lábizmok fáradása később jelentkezett (Gonzalez és Trexler, 2020). Chen és munkatársai (2016) szintén az akut, kombinált hatást vizsgálták 12 férfi taekwondo sportolón. A résztvevők placebót vagy 0,05 g/ttkg arginint és ugyanennyi citrulint fogyasztottak 60 perccel a mérések előtt. Az alanyoknak háromszor 2 perces magas intenzitású szimulált mérkőzést kellett végig küzdeniük, ahol a kognitív funkciókat is megfigyelték egy validált taekwondo specifikus reakció teszttel. Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az étrend-kiegészítők kombinált fogyasztása segít csökkenteni a kognitív fáradtságot. Az arginin és a citrullin együttes hatását az anaerob teljesítményre kevés kutatás vizsgálta, ami indokolja a kombinált fogyasztás hatékonyságának további vizsgálatát.

II. Célkitűzések

Mivel az étrend-kiegészítők köre rendkívül nagy, így kutatásunkban az utóbbi években egyre népszerűbb citrulin- malát és az *L*-arginin akut hatását vizsgáltuk az anaerob sportteljesítményre. Habár számos kutatás vizsgálta ezen étrend-kiegészítők hatását külön-külön, rövid-, közép- és hosszútávon egyaránt, azonban csak néhány esetben vizsgálták az együttes alkalmazásukat. A néhány szakirodalom, ami e témában született, rendkívül ellentmondásos, aminek hátterében állhat az eltérő adagolás, vagy akár a különféle hatóidő is.

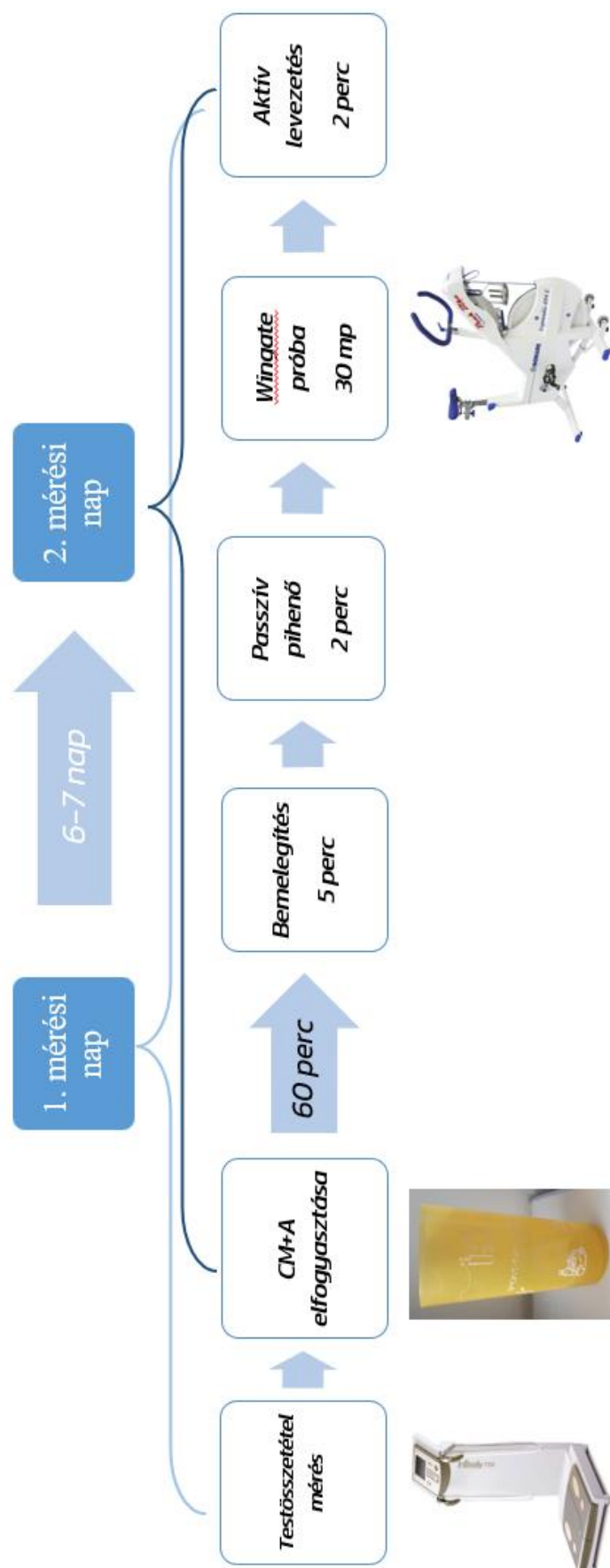
III. Anyag és módszer

3.1 Mérési protokoll

A kutatás egy randomizált kontrollált vizsgálat, amely során az étrend-kiegészítők, valamint a placebo hatását vizsgáltuk az anaerob teljesítményre ugyanazon személyeknél két különböző mérési napon. A két alkalom között legalább 5-7 nap telt el. A vizsgálat kettős vak, azaz a kutatást végző személy és a résztvevő sem tudta az intervenció sorrendjét. Az első mérési napon a résztvevők a kora reggeli órákban érkeztek éhgyomorra és megtörtént a testösszetétel vizsgálata. Ezt követően elfogyasztották folyadék formájában a hatóanyagot vagy placebót, mely után 60 perces várakozási idő következett. Az egy óra letelte után a résztvevők 5 perces standard bemelegítés után végezték el a Wingate próbát. A 30 másodperc letelte után pedig egy két perces aktív levezetéssel zárult a mérés. A második mérési napon a testösszetétel mérés kivételével megismételtük a protokollt (1. ábra).

3.2 Vizsgált személyek

A kutatásban 17 átlagos edzettségű felnőtt férfi vett részt, akik aktív életmódot folytatnak, de nem versenysportolók. A mérési időszakban egészségesek voltak és a vizsgálati időszak alatt végig vállalták, hogy nem folytatnak a sportteljesítmény fejlesztését célzó fizikai aktivitást. A statisztikai elemzések során azonban 16 résztvevő adatait vettük figyelembe, ugyanis egy résztvevő a két mérési napon eltérő ellenállás mellett hajtotta végre a Wingate protokollt, emiatt kizárásra került.



1. ábra: Mérési protokoll

3.3 Módszerek

3.3.1 Testösszetétel mérés (InBody 720)

A testösszetételt InBody 720 típusú készülékkel határoztuk meg. A mérést az előírásnak megfelelően éhgyomorra, fizikai testedzést megelőzően, alsó ruházatban végeztük. A vizsgálat előtt a testmagasságot GPM antropométerrel (DKSH Switzerland Ltd, Zürich, Svájc) mértük le, milliméter pontossággal. A vizsgálat rövid ideig tart, mindössze két percig, azonban ez idő alatt mozdulatlanoknak kell lenniük az alanyoknak. A készülék gyenge váltóáram segítségével a szövetek ellenállását mérve, majd ezeket felhasználva regressziós egyenletek segítségével határozza meg a testösszetevők (sejten belüli és sejten kívüli víz, fehérje, ásványianyag, zsír, vázizomtömeg) mennyiségét. A mérés során kapott adatokból a kutatáshoz a résztvevők zsírszázalékát és vázizomtömegét használtuk fel.

3.3.2 Wingate teszt

A Wingate anaerob teszt segítségével a résztvevők anaerob teljesítményét tudtuk megmérni. A mérésekhez a Monark, Ergomedic 894 típusú kerékpár ergométer használtuk. A mérések 5 perces bemelegítő kerékpározással indultak, ahol a résztvevőknek 60- as fordulatszámot kellett tartani. A bemelegítés negyedik és ötödik percében 4-5 másodpercig tartó maximális tekerést kértünk a résztvevőktől. Egy 2 perces passzív pihenő után következett a Wingate próba. A vizsgált személynek 30 másodpercig maximális erő kifejtéssel kellett a kerékpárt hajtani, ahol a 80- as fordulatszám elérését követően az alanyok testsúlyának 7,5%-nak megfelelő ellenállás került a kerékpárra. A protokoll egy 2 perces aktív levezetéssel zárult.

3.4 Étrend-kiegészítő

Az étrend-kiegészítők adagolását a nemzetközi szakirodalmi adatok alapján alakítottuk ki. Az egyes komponensek mennyiségi meghatározását testtömegre vonatkoztatva számítottuk ki. Így testtömegkilogrammonként 0,1 g citrulin-malát és 0,15 g *L*-arginin került a bemérésre. Az étrend-kiegészítőt 3 dl folyadék (gyümölcslé és szörp keveréke) formájában fogyasztották el a sportolók. A citrulin-malát, valamint az *L*-arginin étrend-kiegészítők hatóanyagtartalmának bevizsgálását a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem, Sport-táplálkozástudományi Központ Analitikai Laboratóriumában végezték el.

3.5 Statisztikai eljárások

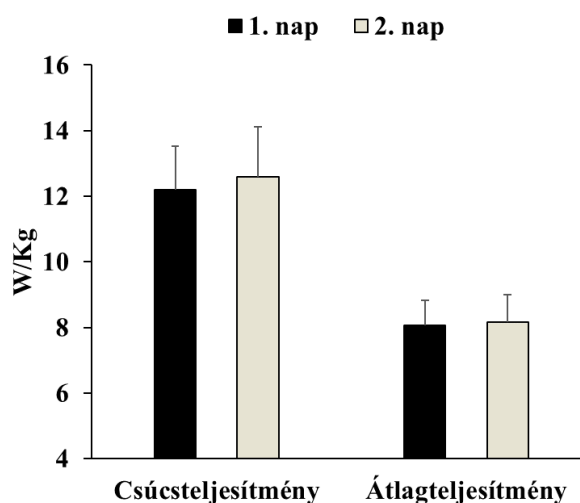
A statisztikai elemzésekben az alapstatisztikai mutatók közül az átlag és szórás értékeket vontuk be. A két nap között, illetve az akut kezelés hatásosságát páros-*t* próbával vizsgáltuk, valamint a hatásnagyságot az alacsony elemszám miatt Hedge's *g*-vel jellemeztük. A szignifikanciát $p < 0,05$ értéknél fogadtuk el. A statisztikai elemzésekhez az SPSS 29.0-t használtuk.

IV. Eredmények

4.1. Mérési napok szerinti összehasonlítás

A kutatás során hatóanyagtól függetlenül összehasonlítottuk a mérési napok szerinti eredményeket, mellyel a tanulási effektus hatását szeretnénk volna megfigyelni. A Wingate próba során kinyert eredmények közül öt adatot vettünk figyelembe: relatív átlagteljesítmény, relatív csúcsteljesítmény, fáradási index, csúcsteljesítmény ideje és a maximális fordulatszám.

Az átlag- és csúcsteljesítmény értékei esetében az abszolút mutatók helyett a testtömegre vonatkozó relatív értékekkel dolgoztunk (2. ábra). Az első mérési napon a relatív csúcsteljesítmény $12,19 \pm 1,32$ W/kg volt, míg a második napon $12,59 \pm 1,53$ W/kg ($t(df(15)) = -1,682$; $p = 0,113$; Hedge's $g = 0,399$). A relatív átlagteljesítmény első napi értéke $8,1 \pm 0,78$ W/kg, míg a második napon $8,14 \pm 0,84$ W/kg ($t(df(15)) = -1,282$; $p = 0,219$; Hedge's $g = 0,304$). A két mutatóban megfigyelhető csekély növekedés egyik esetben sem volt szignifikáns.

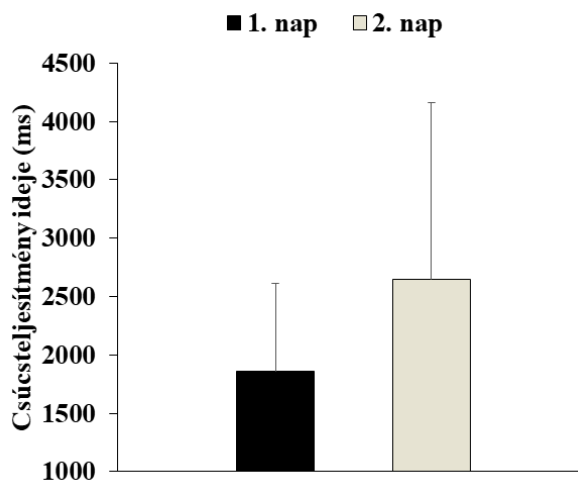


2. ábra: A relatív átlag- és csúcsteljesítmény összehasonlítása a vizsgálati napok szerint

A fáradási indexet százalékos értékeiben sem találtunk szignifikáns különbséget a két mérési nap között ($t(df(15))=-1,937$; $p=0,072$; Hedge's $g=0,460$). A résztvevők az első mérési napon a fáradási index $58,38\pm6,68\%$ volt, míg a második alkalommal $61,64\pm6,50\%$. A két mérési alkalom között 3,26 %-os eltérés volt megfigyelhető.

Az angol RPM rövidítés (revolutions per minute) a percenkénti fordulatszámot jelöli, melynek a maximum értékét figyeltük meg a Wingate próba során. Az első napon az alanyok maximális fordulatszáma $144,61\pm10,49$, a második mérési napon $144,59\pm10,76$ volt. Így a két nap között ebben a mutatóban sem találtunk szignifikáns különbséget ($t(df(15))=0,011$; $p=0,992$; Hedge's $g=0,003$).

Az ötödik mutató, aminek értékeit összehasonlítottuk a két mérési napon az a csúcsteljesítmény ideje (3. ábra). Az első napon a résztvevők 1856 ± 758 ms alatt érték el a csúcsteljesítményüket, míg a második napon 2645 ± 1516 ms alatt. A két mérési nap között 789 ms különbség volt. Ahogy a korábbi eredmények esetén is, úgy itt is elmondható, hogy nem találtunk szignifikáns különbséget ($t(df(15))=-1,720$; $p=0,106$; Hedge's $g=0,408$) a két mérési nap eredményei között.



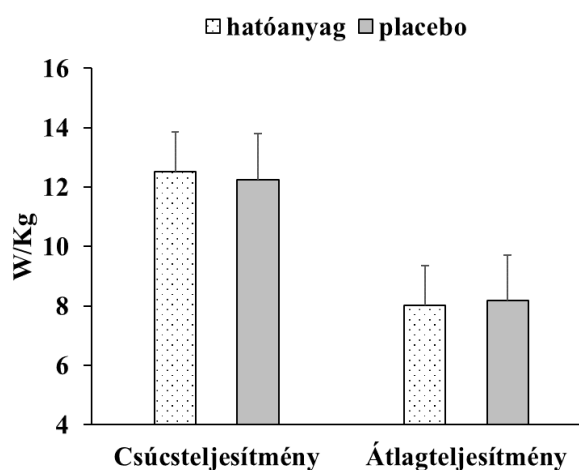
3. ábra: Csúcsteljesítmény idejének összehasonlítása a vizsgálati napok szerint

4.2. Hatóanyag szerinti összehasonlítás

A kutatás során megvizsgáltuk, hogy az étrend-kiegészítők akut, komplex fogyasztásának milyen hatása van a teljesítményre a placeboval szemben. Ahogy a mérési napok összehasonlítása során is, úgy a hatóanyag szerinti összehasonlításnál is az alábbi öt paramétert vettük figyelembe: relatív átlagteljesítmény, relatív csúcsteljesítmény, fáradási

index, csúcsteljesítmény ideje és a maximális fordulatszám. Az átlag- és csúcsteljesítmény esetében továbbra is a testtömegre vonatkoztatott relatív értékek összehasonlítását végeztük el.

Azon a napokon, amikor valóban elfogyasztották a sportolók az étrend-kiegészítőt a relatív csúcsteljesítmény $12,52 \pm 1,36$ W/kg, míg a placebo esetén $12,26 \pm 1,51$ W/kg ($t(df(15)) = -1,050$; $p = 0,310$; Hedge's $g = 0,249$). A relatív átlagteljesítmény a hatóanyag fogyasztása esetén $8,03 \pm 0,70$ W/kg, a placebo fogyasztásakor ez az érték $8,17 \pm 0,90$ W/kg ($t(df(15)) = 2,053$; $p = 0,058$; Hedge's $g = 0,487$). Egyik teljesítmény mutató eredményeiben sem találtunk szignifikáns különbséget (4. ábra).



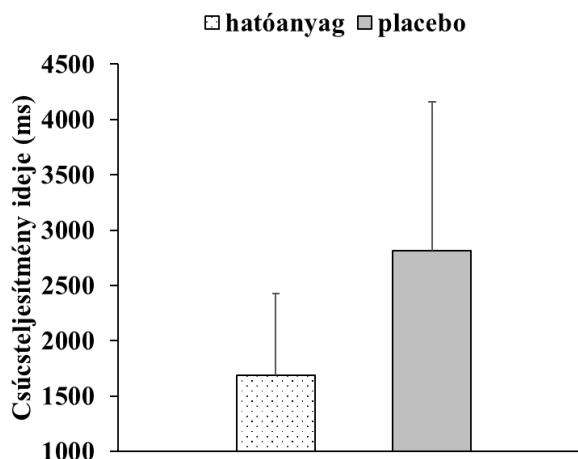
4. ábra: A relatív átlag- és csúcsteljesítmény eredményeinek összehasonlítása étrend-kiegészítő és placebo fogyasztása esetén

A fáradási index esetében a mérési napok szerinti vizsgálathoz hasonlóan nem találtunk szignifikáns különbséget ($t(df(15)) = 0,533$; $p = 0,602$; Hedge's $g = 0,126$) az étrend-kiegészítők és a placebo fogyasztása között. A hatóanyag fogyasztásakor ez az átlagérték $59,52 \pm 7,24\%$, ami 1,67 %-kal kevesebb a placebohoz ($60,51 \pm 6,28\%$) képest.

A maximális fordulatszám hatóanyag szerinti összehasonlítása alkalmával kis mértékű növekedést figyeltünk meg az étrend-kiegészítők fogyasztása során. A hatóanyag fogyasztásakor a fordulatszám $146,49 \pm 9,68$, míg a placebo esetén $142,72 \pm 11,16$ ($t(df(15)) = -2,027$; $p = 0,061$; Hedge's $g = 0,481$). Ez a 2,6%-os emelkedés a maximális fordulatszámban azonban még nem okozott szignifikáns különbséget.

A hatóanyag összehasonlításakor szignifikáns csökkenést találtunk a csúcsteljesítmény idejében az étrend-kiegészítők fogyasztásakor ($t(df(15)) = 2,752$; $p = 0,015$; Hedge's $g = 0,653$).

A hatóanyag esetén ez az átlagérték 1687 ± 764 ms, így közel 1125 milliszekundummal korábban érték el a csúcsteljesítményt, amely egy közel 67%-os csökkenésnek felel meg a placeboval szemben.



5. ábra: Csúcsteljesítmény idejének összehasonlítása étrend-kiegészítő és placebo fogyasztása esetén (*: $p < 0,05$)

V. Megbeszélés

5.1 A tanulási effektus lehetséges hatásának megvitatása

A kutatás során összehasonlítottuk az első és második mérési nap eredményeit, amely során arra voltunk kíváncsiak, hogy vajon a tanulási effektusnak köszönhetően jobb teljesítményt értek-e el a résztvevők a hatóanyag fogyasztástól függetlenül. Azonban a kerékpározás olyan népszerű mozgásforma, amely miatt a tanulási effektus megnyilvánulása elmaradhat más vizsgálati módszerekhez képest.

Számos kutatás foglalkozott a tanulási effektussal a Wingate teszt esetében. Ilyen Jaafar és munkatársai (2014) által végzett kutatás is, amelyben 16 felnőtt férfi vett részt, akik két eltérő ellenállás (testtömeg 8,7%-a és 11%-a) mellett végezték el a tesztet. Az alanyoknak lehetőségük volt előzetesen megismerkedni a vizsgálati módszerrel és eszközzel. Mérték többek között a csúcsteljesítményt és az átlagteljesítményt is, amely a második mérési alkalommal magasabb volt mindkét ellenállás esetében. Ebből arra következtettek, hogy az előzetes megismerése a mérésnek kedvezőbb teljesítménybeli eredményekhez vezethet. Secrest és munkatársai (2013) szintén a tanulási effektus hatását vizsgálták és a céljuk az volt, hogy kiderítsék hány Wingate teszt végrehajtásra van szükség a teljesítmény javulásának

eléréshez. Az alanyok 5 Wingate tesztet hajtott végre 3 nap pihenővel a mérések között. Az eredményekből arra a következtetésre jutottak, hogy legalább három tesztre van szükség ahhoz, hogy a teljesítmény mutatókban szignifikáns javulás legyen megfigyelhető (Secrest és mtsai, 2013).

Az általunk végzett kutatás során a résztvevőknek nem volt lehetősége megismerkedni előzetesen a mérési protokollal, azonban a vizsgálatok alkalmával részletes tájékoztatást kaptak a mérés menetéről. A mérési napok eredményeinek összehasonlítása során egyik vizsgált mutatóban sem találtunk szignifikáns különbséget az első és a második mérési nap között, így ebben az esetben a tanulási effektusnak nem volt szerepe a teljesítmény javulásában.

5.2 *L*-arginin és citrulin-malát komplex akut hatásának megvitatása

Az *L*-arginin és citrulin-malát kombinált akut hatásának vizsgálatakor számos teljesítmény mutatót értékeltünk a Wingate teszt során. A résztvevők randomizált módon fogyasztották a hatóanyagot vagy a placebót, mely során arra voltunk kíváncsiak, hogy a hatóanyag akut fogyasztását követően az anaerob teljesítmény javul-e.

A szakirodalmak esetében számos kutatás vizsgálta ezen étrend-kiegészítők akut és hosszútávú fogyasztásának hatását a teljesítményre, melyek azonban sok esetben egymással ellentmondásos eredmények voltak. Gills és munkatársai (2021), valamint Yavuz és munkatársai (2014) a citrulin- malát akut hatását vizsgálták a kerékpáros teljesítményre, azonban egyik esetben sem találtak szignifikáns javulást a teljesítmény mutatókban. Ez megegyezik az általunk végzett kutatás eredményeivel, ahol nem találtunk szignifikáns változást az egyszeri hatóanyag fogyasztás során az átlag- és csúcsteljesítményben. Chen és munkatársai (2016) azonban kedvező hatásokat találtak a kombinált, akut fogyasztásnak köszönhetően, hiszen a vizsgálat során az észlelt fáradtság mértéke csökkent. Az észlelt fáradtság értékelésére nem kértük fel a résztvevőket, a Wingate teszt során a fáradási indexet megvizsgáltuk, azonban ebben nem találtunk szignifikáns különbséget az anaerob mérés során. Más kutatások az *L*-arginin és citrulin-malát hosszútávú fogyasztását követően kedvező eredményekről számoltak. Amirsasan és munkatársai (2018) 7 napos kombinált étrend-kiegészítő fogyasztást vizsgáltak és arra az eredményre jutottak, hogy a hatóanyagnak köszönhetően javult a résztvevők teljesítménye és csökkent az észlelt fáradtság mértéke.

VI. Összefoglalás

Az étrend-kiegészítők fogyasztása napjainkban közkedvelt módszer a teljesítmény fokozására vagy akár a regeneráció felgyorsítására. Számtalan ilyen ergogén anyag van a piacon, azonban az egyre nagyobb népszerűségnek örvendő citrulin- malát és *L*-arginin kombinált akut hatását vizsgáltuk Wingate anaerob teszt során.

Első lépésben a tanulási effektust vizsgáltuk. A két mérési nap között semmilyen vizsgált paraméterben nem találtunk szignifikáns különbséget, így a Wingate teszt során úgy tűnik, hogy a tanulási effektusnak nincsen hatása. A továbbiakban vizsgáltuk az étrend-kiegészítő fogyasztása alapján a teljesítmény mutatókat. A maximális fordulatszámban kismértékű növekedést, valamint a csúcsteljesítmény idejének szignifikáns csökkenését találtuk a hatóanyag fogyasztásának köszönhetően. Ez arra enged következtetni, hogy ezen étrend-kiegészítők akut fogyasztása az anaerob alaktacid rendszerre lehet hatással. Azonban a további elemzésekkel ezt nem tudtuk alátámasztani.

A korábbi szakirodalomak többségével megegyező eredményeket találtunk, ugyanis néhány kivételtől eltekintve nem volt szignifikáns különbség a vizsgált értékekben. A szignifikáns különbségek inkább az alacsony elemszámmal magyarázhatók, mint a háttérben meghúzódó biológiai folyamatokkal. Az eredményeink alapján tehát az akut *L*-arginin és citrulin-malát fogyasztásnak nincs teljesítmény növelő hatása. A jövőben érdemes lehet megvizsgálni a közép- és hosszútávú adagolás hatásait, illetve megfontolni a vázizomtömegre vonatkoztatott adagolást.

Irodalomjegyzék

1. Amirsasan, R., Vakili, J., Shakib, A., Armanfar, M. (2018). Comparing the Effect of one-week supplementation of Citrulline-malate, L-arginine and their combination on growth hormone concentration and metabolic responses in male wrestlers. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 5(1), 1-9.
2. Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Lord, T., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., Jones, A. M. (2015). L-Citrulline supplementation improves O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise performance in humans. *Journal of Applied Physiology*.
3. Chen, I. F., Wu, H. J., Chen, C. Y., Chou, K. M., Chang, C. K. (2016). Branched-chain amino acids, arginine, citrulline alleviate central fatigue after 3 simulated matches in taekwondo athletes: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 28.
4. Gills, J. L., Glenn, J. M., Gray, M., Romer, B., Lu, H. (2021). Acute citrulline-malate supplementation is ineffective during aerobic cycling and subsequent anaerobic performance in recreationally active males. *European Journal of Sport Science*, 21(1), 77-83.
5. Gonzalez, A. M., Trexler, E.T. (2020) Effects of citrulline supplementation on exercise performance in humans. A review of the current literature. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(5), 1480-1495.
6. Jaafar, H., Rouis, M., Coudrat, L., Attiogbé, E., Vandewalle, H., Driss, T. (2014). Effects of load on Wingate test performances and reliability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3462-3468.
7. Park, H. Y., Kim, S. W., Seo, J., Jung, Y. P., Kim, H., Kim, A. J., Kim, S., Lim, K. (2023). Dietary Arginine and Citrulline Supplements for Cardiovascular Health and Athletic Performance: A Narrative Review. *Nutrients*, 15(5), 1268.
8. Pons, A., Bescós, R., Sureda, A., Tur, J. A. (2017). Metabolic precursors of L-arginine supplementation in sports: A focus on L-citrulline and L-ornithine. *L-Arginine in Clinical Nutrition*, 311-318.
9. Secrest, J. R., Louw, K. A., Jones, E. J., Whitehead, M. T. (2013). Establishing the Learned Effect of Repeated Wingate Anaerobic Tests. In *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, 2(5), 24.
10. Speer, H., D'Cunha, N. M., Davies, M. J., McKune, A. J., Naumovski, N. (2020). The physiological effects of amino acids arginine and citrulline: Is there a basis for

- development of a beverage to promote endurance performance? A narrative review of orally administered supplements. *Beverages*, 6(1), 11.
11. Suzuki, I., Sakuraba, K., Horiike, T., Kishi, T., Yabe, J., Suzuki, T., Morita, M., Nishimura, A., Suzuki, Y. (2019). A combination of oral L-citrulline and L-arginine improved 10-min full-power cycling test performance in male collegiate soccer players: A randomized crossover trial. *European journal of applied physiology*, 119, 1075-1084.
 12. Yavuz, H. U., Turnagol, H., Demirel, A. H. (2014). Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers. *Biology of Sport*, 31(3), 187-191.