



2025. JANUÁR 18.

A „CITRULIN MALATE” RÖVID
TÁVÚ HATÁSA A KERINGÉSI ÉS
ANYAGCSERE-RENDSZERRE FÉRFI,
SPORTSZAKOS EGYETEMI
HALLGATÓKBAN

DEMCSIK MÁTÉ

ELTE SEK PPK SPORTTUDOMÁNYI INTÉZET
9700 Szombatehely, Károlyi Gáspár tér 4

TÉMAVEZETŐ: PROF. DR. IHÁSZ FERENC



Tartalomjegyzék

1. Témaválasztás indoklása, bevezetés	2
1.1 Mérések lebonyolítása	2
2. Anyagok és módszerek	3
2.1 Vizsgált módszerek:	4
2.2 A Cindy teszt	5
2.3 A Yo-Yo teszt.....	5
3. Eredmények	5
4. Összegzés, javaslatok.....	6
5. Mellékletek.....	10

1. Témaválasztás indoklása, bevezetés

A citrullin egy nem fehérje, nem esszenciális aminosav, amely az utóbbi években jelentős figyelmet kapott, különösen az edzés teljesítményének fokozására gyakorolt hatásai miatt. Leginkább az L-arginin, a nitrogén-oxid fő szubsztrátjának endogén előanyagaként ismert. (Aguiar, A.F.; Casonatto, J, 2022) A citrullin-malát (CM) formájában alkalmazzák, amelyben az almasav és az L-citrullin 1:1 vagy 2:1 arányban van kombinálva. (Trexler et al. 2019) Számos kutatás alátámasztotta a citrullin előnyeit a nagy intenzitású edzések során, (Aguiar, A.F.; Casonatto, 2022) például a fáradtság késleltetésében, az izomfájdalom csökkentésében és az edzés utáni regenerálódás javításában. (Chappell et al. 2018) A citrullin és annak malát formája, a CM, három fő metabolikus mechanizmuson keresztül fejti ki hatását. Elősegíti a vér és oxigénszállítást, támogatja a fáradtság késleltetését az ammónia kiürítésével, valamint növelheti az adenosin-trifoszfát (ATP) termelését, amely kritikus az aerob energiaellátásban. (Gough et al. 2021) Ezen előnyök különösen fontosak az olyan intenzív edzéseknel, mint a CrossFit®, amely jelentős mennyiségű laktátot termel és magas ATP igényt támaszt. A CrossFit® egy gyorsan növekvő, nagy intenzitású funkcionális edzésprogram, amely célja a fizikai kompetencia fejlesztése több fittségi területen. Az edzéseken a résztvevők intenzív mozgásokat végeznek, minimális pihenőidőkkel, ami fokozott fáradtsághoz és oxidatív stresszhez vezethet. A CrossFit® gyakorlatok során elért fiziológiai megterhelés, például a magas szívfrekvencia és a laktát szint növekedése, gyakran kiegészítők használatát indokolja, hogy javítsák a teljesítményt és a regenerálódást. Bár a citrullin-malát az egyik legnépszerűbb edzés előtti kiegészítő, még nem végeztek olyan vizsgálatot, amely kifejezetten a CM hatását vizsgálta a CrossFit® teljesítményére. A kutatás célja, hogy megvizsgálja a citrullin-malát hatását a CrossFit® edzés teljesítményére placebo-kontrollált környezetben, valamint annak hatását a pulzusszám-válaszra, az edzés intenzitási zónákban eltöltött időre és az edzés utáni regenerációra.

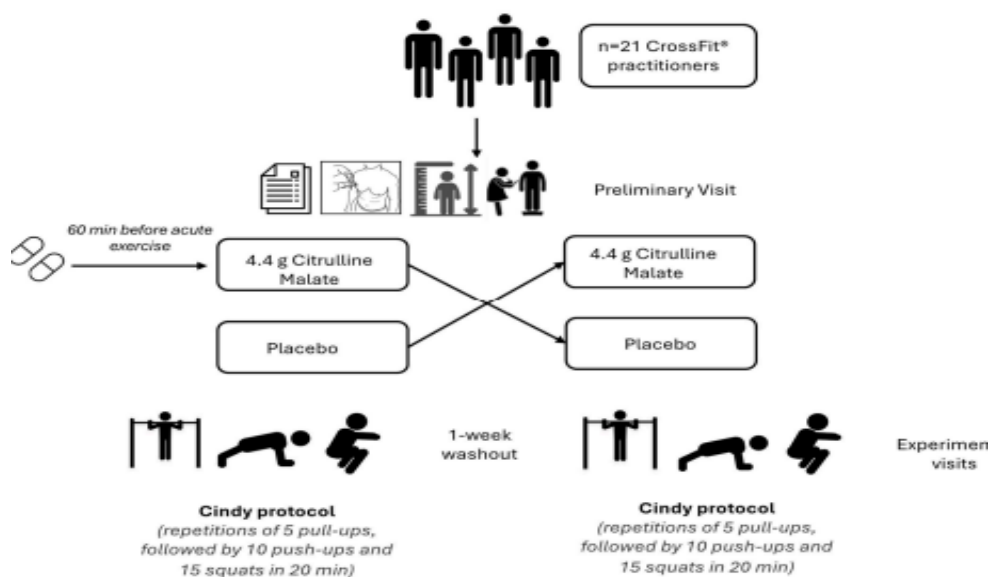
1.1 Mérések lebonyolítása

Testösszetétel mérésére az InBody 270-t használtuk. A méréseket az ELTE SEK tornatermében, illetve Egyetemi Csarnokában végeztük el. A mérőeszközöket a mérések előtt előkészítettük és a Polar Team Pro-ba felvittük minden kutatott személy adatait. Kutatásunk a bemelegítés előtt a nyugalmi pulzus mérésével kezdődött. A Cindy teszt végrehajtása során minden külső tényezőt kizártunk.

2. Anyagok és módszerek

Egy randomizált, kettős vak, crossover vizsgálati tervben a résztvevőket először véletlenszerűen két csoportba sorolták egy online randomizációs eszköz segítségével, és egy egyhetes kimosási időszakot hajtottak végre az esetleges átviteli hatások kiküszöbölése érdekében (1. ábra). A kísérleti látogatások során mindent ugyanúgy állítottak be, kivéve a beadott kiegészítőt. Mind a CM-, mind a placebokapszulák mérete, színe és megjelenése azonos volt, hogy megelőzzék a bevitt étrend-kiegészítőkre utaló jeleket. Az elvakítottság biztosítása érdekében egy független vizsgáló (gyógyszerész) kezelte az összes kiegészítés elkészítését és beadását, így biztosítva, hogy mind a kutatók, mind a résztvevők ne tudjanak a konkrét körülményekről.

Az eredmények méréséért felelős kutatókat teljesen külön tartották a randomizálási folyamat során, és nem ismerték az allokáció sorrendjét a vizsgálat egyetlen pontján sem. A résztvevők vagy két kapszula CM-et fogyasztottak (összesen 4,4 g-ot,) (BioTechUSA Kft., Budapest, Magyarország) vagy két placebokapszulát (összesen 4,4 g, mindegyik kapszula 2,2 g-ot tartalmazott) 60 perccel a Cindy edzés megkezdése előtt. A résztvevők jelentős mennyiségű vizet (250-300 ml) fogyasztottak a kapszulákkal együtt, hogy támogassák a kiegészítő felszívódását. Az étrend-kiegészítés időzítését a CM edzésre gyakorolt hatásáról szóló korábbi kutatások ajánlásai alapján határoztuk meg. A résztvevőket arra utasították, hogy kerüljék az alkoholt, a koffeint, a megerőltető testmozgást és a nikotint 24 órával a laboratóriumba érkezés előtt. Azt tanácsolták nekik, hogy tartsák fenn a szokásos étrendjüket, maradjanak jól hidratáltak, a vizsgálat előtt három órával ne egyenek, és a vizsgálat ideje alatt folytassák szokásos edzésprogramjukat. A kezdeti vizsgálat során egy képzett ISAK 1. szintű antropometriai méréseket végzett. Ezek közé tartoztak magasság, amelyet a Seca 217-el (Hamburg, Németország) mértek, és testsúly az InBody 720, (Szöul, Koreai Köztársaság), az ISAK szerint mérve a mérési eljárások szerint. Minden résztvevő kitöltött egy vizsgálati kérdőívet, amely a kronológiai életkorukra, az edzésben eltöltött évekre és a sportág típusára vonatkozó kérdéseket tartalmazott.



2.1 Vizsgált módszerek:

A vizsgálatban összesen 21 egészséges, szabadidős tevékenységet folytató, 18-35 év közötti fiatal férfi vett részt (átlag $\pm$ SD: testmagasság 178 ± 5 cm, testsúly $75,9 \pm 10,4$ kg, testzsírszázalék $12,7 \pm 4,6\%$). A résztvevőket tanulmányi szórólapokon és az egyetem közösségi média csatornáin keresztül toboroztuk. A felvételi kritériumok a következők voltak: (1) legalább 3 hónapos CrossFit®-tapasztalattal rendelkeztek, és elvégezték a „Cindy” CrossFit® gyakorlatot. A vizsgálatra az éves edzésprogram 5 hetes felkészülési szakaszában került sor, minden résztvevő a Cindy protokollt követte, és heti öt, erőre, állóképességre és teljesítményre összpontosító edzést végzett. Összesen 11 önkéntest zártunk ki a következő kritériumok alapján: (2) gyógyszeres kezelés vagy diétás ergogén segédeszközök szedése a vizsgálatot megelőző egy éven belül, (3) részletes táplálkozási és edzésnaplók benyújtásának elmulasztása, vagy (4) olyan egészségügyi állapotok, amelyek befolyásolhatják a teljesítményt. Minden résztvevőt tájékoztattunk a vizsgálati eljárásokról, és a részvétel előtt írásbeli beleegyező nyilatkozatot írtak alá. A vizsgálatot az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kutatási Etikai Bizottsága hagyta jóvá (2023/364), és a Helsinkai Nyilatkozatnak megfelelően végeztük.

2.2 A Cindy teszt

A Cindy egy AMRAP (As Many Rounds As Possible) edzés, 20 perces időkorlátozással. Az edzés három klasszikus testsúlyos mozgásból áll: 5 húzódkodás, 10 fekvőtámasz, 15 légguggolás.

A cél az, hogy 20 perc alatt minél több kört teljesítsünk. Az edzés egyszerre követeli meg az állóképességet, az erőt és az állóképességet, így az általános fizikai felkészültség tesztje.

2.3 A Yo-Yo teszt

A Yo-Yo teszt egy olyan állóképességi teszt, amely a sportolók aerob teljesítményét méri. A teszt során a résztvevők 20 méteres távolságon, hangjelzés utasítását követik. A távolság változatlan marad, míg a futás sebessége folyamatosan nő.

Mindkettő mérés során a vizsgált személyeket a Polar Team Pro segítségével monitoroztunk, melynek célja a szívfrekvencia, a mozgásintenzitás, az aktivitási szintek és a teljesítmény mérése volt.

2.4 Statisztikai módszerek

Az állóképességi tesztek (Cindy, Yo-yo intermittent recovery test) közben rögzített fiziológias teljesítmény - jellemzőket a két csoport (sport×supplementation) alapján varianciaanalízis (ANOVA) módszerével hasonlítottuk össze, parciális éta-négyzet hatásnagyság számításával. Az egyéni és csapatsport alapján szelektált két csoport antropometriai és testösszetétel jellemzőit kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze. Cohen's d értéket számoltunk, a két csoport közötti átlagok különbségét vettük, majd az eredményt elosztottuk az összevont szórással. A statisztikai elemzéseket IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0 programmal végeztük (IBM Corp. Released 2017. Armonk, NY: IBM Corp).

3. Eredmények

A résztvevők antropometriai jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza. A résztvevők életkora $22,2 \pm 2,6$ év volt, míg az edzéstapasztalat (év) $14,3 \pm 3,8$ év. A testmagasság $178,3 \pm 5,8$ cm, a testsúly pedig $75,9 \pm 10,4$ kg. A zsírtömeg $9,9 \pm 4,8$ kg, ami a testsúlyuk $12,7 \pm 4,6\%$ -a. Az izomtömeg $37,7 \pm 4,2$ kg, ami testsúlyuk $49,9 \pm 2,6\%$ -a. A sovány testtömeg $65,9 \pm 7,0$ kg, a teljes testvíz pedig $49,6 \pm 8,6$ kg.

A 2. táblázat a két feltétel teljesítményhez kapcsolódó paramétereit szemlélteti. A CM csoportban szignifikáns különbség volt megfigyelhető 4. P intenzitási zónában ($M = 527 \pm 395$ s) és az 5. P-intenzitási zónában ($M = 194 \pm 349$ s) eltöltött idő között ($F(1,20) = 6,762$, $p = 0,017$), $\eta^2 p = 0,25$), a 4. zóna javára.

A 3. táblázat a teljesített körök számát mutatja a Cindy során, valamint a teljesítménymutatók százalékos változásai a mérések során. Jelentős volt a különbség volt az első és a második mérés során teljesített körök száma között ($12,4 \pm 5,3$ vs. $14,9 \pm 6,3$ kör, $Z = -3,394$, $p < 0,001$), ami tanulási hatást mutat. Nincs szignifikáns különbség a CM és a placebo között a befejezett körök tekintetében. ($13,5 \pm 5,2$ vs. $13,8 \pm 6,7$ kör, $Z = -0,544$, $p = 0,587$).

4. Összegzés, javaslatok

Ez a tanulmány értékelte az akut CM-kiegészítés hatását a Cindy edzésre, teljesítményre és regenerálódásra, a pulzusszám-válasz és az edzés utáni regenerálódás alapján. A HR-monitoron keresztül mért idő alapján, CrossFit®-gyakorlóknál megállapíthattuk, hogy az akut CM-kiegészítésnek nem volt szignifikáns hatása az edzésteljesítményre vagy a regenerálódási időre. Azonban jelentős tanulási hatást figyeltek meg az első és a második Cindy vizsgálatok között. Ezenkívül e vizsgálat másik célja az volt, hogy bővítse a CM-ről szóló szakirodalmat kiegészítés és az edzésteljesítmény összefüggéseit az edzési zónákra gyakorolt hatásának felmérésével. a HR-adatokon keresztül azonosított edzésre gyakorolt hatásokra. Ezáltal hozzájárulva a képzés átfogóbb megértéséhez. Az eredmények azt mutatták, hogy az edzés intenzitása szignifikánsan alacsonyabb volt a CM vizsgálatban (a 4. zónában) a placebohoz képest. A CM és a placebo között nem mutatkozott jelentős teljesítményjavulás. Ezek az eredmények összhangban vannak a meglévő szakirodalom egy részével, ami arra utal, hogy a CM nem nyújt következetesen ergogén előnyöket a nagy intenzitású sportolás során edzési protokollok esetében. (Cunniffe, B. et al. 2016) Egy másik vizsgálatban a CM-kiegészítés akut hatását értékelték (8 g 40 perc alatt bevéve edzés előtt) a felsőtest ellenállóképességére, szintén azt mutatta, hogy a CM nem javította az edzésteljesítményt a szabadidős ellenállással edzett férfiaknál. (. Gonzalez, A.M. et al. 2018) Mivel a CrossFit® nagy intenzitású edzéseket kombinál funkcionális, több ízületből álló mozgásokkal (Claudino, J, et al. 2018), a összehasonlítható más, nagy intenzitású gyakorlatokkal foglalkozó tanulmányokkal. A közvetlen összehasonlítások azonban kihívást jelentenek a protokollok, az edzéstípusok, a kiegészítő dózisok és az időzítés eltérései miatt, citrullin malát arányok és a résztvevők demográfiai jellemzői okán. Ezért további kutatásokra van szükség a CM mint ergogén

segédeszköz bizonyítékainak megerősítése és a CM mint ergogén segédeszköz megértése érdekében mechanizmusainak megértése a nagy intenzitású edzésmodellek különböző körülményei között.

Felhasznált irodalom

1. Aguiar, A.F.; Casonatto, J. Effects of Citrulline Malate Supplementation on Muscle Strength in Resistance-Trained Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J. Diet. Suppl.* 2022, 19, 772–790.
2. Jagim, A.R.; Harty, P.S.; Camic, C.L. Common Ingredient Profiles of Multi-Ingredient Pre-Workout Supplements. *Nutrients* 2019, 11, 254.
3. Trexler, E.T.; Persky, A.M.; Ryan, E.D.; Schwartz, T.A.; Stoner, L.; Smith-Ryan, A.E. Acute Effects of Citrulline Supplementation on High-Intensity Strength and Power Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2019, 49, 707–718. [CrossRef] [PubMed]
4. Rhim, H.C.; Kim, S.J.; Park, J.; Jang, K.-M. Effect of Citrulline on Post-Exercise Rating of Perceived Exertion, Muscle Soreness, and Blood Lactate Levels: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Sport Health Sci.* 2020, 9, 553–561. [CrossRef] [PubMed]
5. Chappell, A.J.; Allwood, D.M.; Johns, R.; Brown, S.; Sultana, K.; Anand, A.; Simper, T. Citrulline Malate Supplementation Does Not Improve German Volume Training Performance or Reduce Muscle Soreness in Moderately Trained Males and Females. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2018, 15, 42. [CrossRef]
6. Chappell, A.J.; Allwood, D.M.; Simper, T.N. Citrulline Malate Fails to Improve German Volume Training Performance in Healthy Young Men and Women. *J. Diet. Suppl.* 2020, 17, 249–260. [CrossRef]
7. Gough, L.A.; Sparks, S.A.; McNaughton, L.R.; Higgins, M.F.; Newbury, J.W.; Trexler, E.; Faghy, M.A.; Bridge, C.A. A Critical Review of Citrulline Malate Supplementation and Exercise Performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2021, 121, 3283–3295. [CrossRef]
8. Brisebois, M.; Kramer, S.; Lindsay, K.G.; Wu, C.-T.; Kamla, J. Dietary Practices and Supplement Use among CrossFit® Participants. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2022, 19, 316–335. [CrossRef]
9. Cunniffe, B.; Papageorgiou, M.; O'Brien, B.; Davies, N.A.; Grimble, G.K.; Cardinale, M. Acute Citrulline-Malate Supplementation and High-Intensity Cycling Performance. *J. Strength Cond. Res.* 2016, 30, 2638–2647. [CrossRef]

10. Gonzalez, A.M.; Spitz, R.W.; Ghigiarelli, J.J.; Sell, K.M.; Mangan, G.T. Acute Effect of Citrulline Malate Supplementation on Upper-Body Resistance Exercise Performance in Recreationally Resistance-Trained Men. *J. Strength Cond. Res.* 2018, 32, 3088.[CrossRef] [PubMed]

5. Mellékletek

1. ábra: Antropometriai és testösszetétel tulajdonságok összehasonlítása

Table 1. Anthropometric and body composition characteristics of participants.

	Mean $\pm$ SD (n = 21)
Age (year)	22.2 $\pm$ 2.6
Training Experience (year)	14.3 $\pm$ 3.8
Body Height (cm)	178.3 $\pm$ 5.8
Body Weight (kg)	75.9 $\pm$ 10.4
Fat Mass (kg)	9.9 $\pm$ 4.8
Fat Percentage (%)	12.7 $\pm$ 4.6
Lean Body Mass (kg)	65.9 $\pm$ 7.0
Total Body Water (kg)	49.6 $\pm$ 8.6

2. ábra: A placebo (EA) és a citrullin-malát (CM) körülmények teljesítményének mérőszámai a 'CrossFit®'-ben.

Cindy	EA		CM		F	p	η^2_p
	M	SD	M	SD			
PO [bpm]	67,38	23,00	72,81	18,80	2,060	0,167	0,09
P max [bpm]	183,81	18,34	181,24	11,45	0,433	0,518	0,02
P mean [bpm]	148,10	14,84	151,10	16,40	2,032	0,169	0,09
P intensity zone (4) [sec.]	0:07:33	0:05:34	0:08:47	0:06:35	2,217	0,152	0,10
P intensity zone (5) [sec.]	0:07:33	0:05:34	0:03:14	0:05:49	5,421	0,030	0,21
Total distance [m]	482,76	179,72	492,52	178,56	0,231	0,636	0,01
Max. speed [km/h]	6,90	0,69	7,11	1,23	0,761	0,393	0,04
Mean speed [km/h]	1,21	0,45	1,27	0,47	1,079	0,311	0,05
Total load	55,95	17,59	57,38	16,65	0,668	0,423	0,03
Cardio load	42,57	15,11	42,48	14,16	0,005	0,945	0,00
Recovery time [h]	6,85	4,72	6,62	4,69	0,529	0,475	0,03
Calories [Kcal]	297,81	60,80	297,76	56,24	0,000	0,993	0,00
Rmax [bpm]	1726,52	774,55	1292,52	434,12	4,813	0,040	0,19
HRV [bpm]	31,57	21,17	25,90	14,78	1,304	0,267	0,06
rounds	13,48	5,15	13,76	6,68	0,129	0,723	0,01

3. ábra: A teljesítmény százalékos változása a különböző ülések között

Table 3. Percent changes in performance between different sessions, indicating a learning effect, and conditions specified by total rounds.

Subject ID	Session 1 Treatment	Session 1 Total Rounds	Session 2 Total Rounds	Percent Changes between Sessions	Percent Changes between Conditions
A01	CM	7.0	9.0	28.6	-22.2
A02	CM	6.0	5.0	-16.7	20.0
A03	CM	14.0	13.0	-7.1	7.7
A04	CM	9.0	9.0	0.0	0.0
A05	CM	11.0	10.0	10.0	-9.1
A06	CM	21.0	24.0	14.3	-12.5
A07	CM	21.0	24.0	14.3	-12.5
A08	CM	25.0	19.0	31.6	-24.0
A09	CM	16.0	21.0	31.3	-23.8
A10	CM	23.0	18.0	27.8	-21.7
A11	CM	9.0	11.0	22.2	-18.2
A12	CM	12.0	16.0	33.3	-25.0
A13	Placebo	25.0	23.0	8.7	8.7
A14	Placebo	6.0	15.0	150.0	150.0
A15	Placebo	11.0	7.0	57.1	57.1
A16	Placebo	10.0	12.0	20.0	20.0
A17	Placebo	11.0	8.0	37.5	37.5
A18	Placebo	9.0	7.0	-22.2	-22.2
A19	Placebo	15.0	12.0	25.0	25.0
A20	Placebo	15.0	12.0	25.0	25.0
A21	Placebo	11.0	10.0	-9.1	-9.1