

Pneumatikus és lapsúlyos ellenállás hatása a vállízület stabilizációs mechanizmusaira

Bevezetés

Az úszás az egyik legrégebbi olimpia sportág, ami már az első modern olimpián Athénban (1896) nagy népszerűségnek örvendett. Már akkor különböző távokban és versenyszámokban zajlottak a versenyek, ilyen versenyszám volt például a modern gyorsúszás. (Cengiz & Coşkun, 2023). Ennek kialakulása 1873-ban Dél- Amerikában kezdődött, egy új váltott karmunkát alkalmazó technikával, ami Jhon Arthur Trudgen angol úszó nevéhez köthető (Trudgen stílus). Ezt Richmond „Dick” Cavil és társai az 1890-es években továbbfejlesztették ausztrál crawl néven. Az 1900-as évek elején Charles Daniels tökéletesítette a technikát. Később az első olimpiai bajok Hajós Alfréd magyar úszó volt, aki gyorsúszó technikával ért célba. 20.-században tovább fejlődött, a jelenleg is használt technikáig. (Bíró et al., n.d.)

Gyorsúszás biomechanikailag a leggyorsabb úszásnem, ennek fő hajtóereje a kartempó, ami stabilizálja a testet és elősegíti a test hossz tengelyén történő elfordulást ciklikus mozgása során. Ennek első eleme a vízfogás pillanata, ami a kar víz alatti szakaszának kezdetét jelenti, ekkor az úszó proprioceptív visszajelzést kap a víz ellenállásáról ezáltal nyomást képes gyakorolni a kézfejével. Ennek jelentősége a kartempó propulzív szakaszának elindítása, a húzó fázis előkészítése. (*A Gyorsúszás Technikája | Dr. Bóka Ferenc, Cziberéné Nohel Gizella, Dorka Péter, Vári Beáta: Egyéni Sportágak*, n.d.; Bíró et al., n.d.; Toussaint & Beek, 1992) Ahhoz, hogy a kartempó technikája megfelelő legyen, elengedhetetlen a váll ízület mozgástartománya és mobilitása. A kartempó során a váll ízület stabilizálja a kart, abdukciót és flexiót biztosít a kéz megfelelő vízbe érkezéséhez és előkészíti a húzó mozdulatot (Du Pisani, 2018). Ennek működéséhez fontos a nagy mellizom extenziója, addukciója és belső rotációja, az elülső fűrészsízmusculus lapocka stabilizációja és a trapézizmusról aktív stabilizációja. Ezek teszik lehetővé az úszó teljesítmény optimalizálását és sérülés megelőzését. (Labriola et al., 2005; *Swimming Anatomy - Ian A. McLeod - Google Könyvek*, n.d.).

Hatékonyságukhoz elengedhetetlen a megfelelő erősítésük, erre a célra szárazföldi edzés módszerek a leghatékonyabbak (Lopes et al., 2021), ilyen módszerek a lapsúlyos és Keiser pneumatikus gépek is. (Guo et al., 2022; MARČAN Brno & Sportovních Studií, n.d.) Lapsúlyos gépek komplex rendszerek melyek súlyokból, csigákból és kábelekből állnak. Működésük a potenciális energia, kinematikus energiává alakítása, ehhez a gravitációs erő képez ellenállást. Biomechanikailag a legfontosabb jellemzője a zárt rendszerben történő fix mozgáspálya, ez baleset megelőzést és izolált izommunkát biztosít. A létrehozott ellenállás a

terhelés egész ideje alatt állandó marad. A gép lehetővé teszi a fokozott izomaktivációt célzott izomcsoportokra, miközben az antagonista izmok aktivitása csökken.(Balachandran et al., 2017; Biscarini & Bonafoni, 2016; Chang et al., 2007; Strand et al., 2019) Másik lehetőség a Keiser pneumatikus gép, mely a levegő sűrítésével képez egyenletes ellenállást. Ezt a teljes mozgástartományban fenntartja. Ennek előnyei az ízületekre és kötőszövetekre ható sokterhelés minimalizálása. A sűrített levegő miatt a mozgásra irányuló tehetetlenségi erő kisebb. Ez a gép lehetővé teszi a sportspecifikus mozgások pontos technikai utánzást. A pneumatikus ellenállással az úszó teljes mozgástartományban és nagy sebességgel végezheti a gyakorlatokat, ez kulcsfontosságú az úszóteljesítmény javításához. A gép beépített érzékelői miatt azonnali visszajelzést biztosít a teljesítményről.(Gtyk et al., 2022; Infante et al., 2021; *Sports Performance Solutions | Keiser*, n.d.; *Train Your Members Like Professional Athletes*, n.d.)

Célkitűzés:

Vizsgálatunk célja a vállízület és a lapockastabilizátor izmok aktivitásának és időbeli bekapcsolódásának vizsgálata volt pneumatikus és gravitációs alapú erőfejlesztő berendezések alkalmazása esetén.

Hipotézisek:

Vizsgálatunkban feltételeztük, hogy a pneumatikus és gravitációs típusú ellenállás alkalmazása esetében a stabilizátor izmok aktivitásának maximuma és az egyes izmok bekapcsolódási ideje különbözik a gyorsúszás vízfogást szimuláló rezisztencia edzésgyakorlat során.

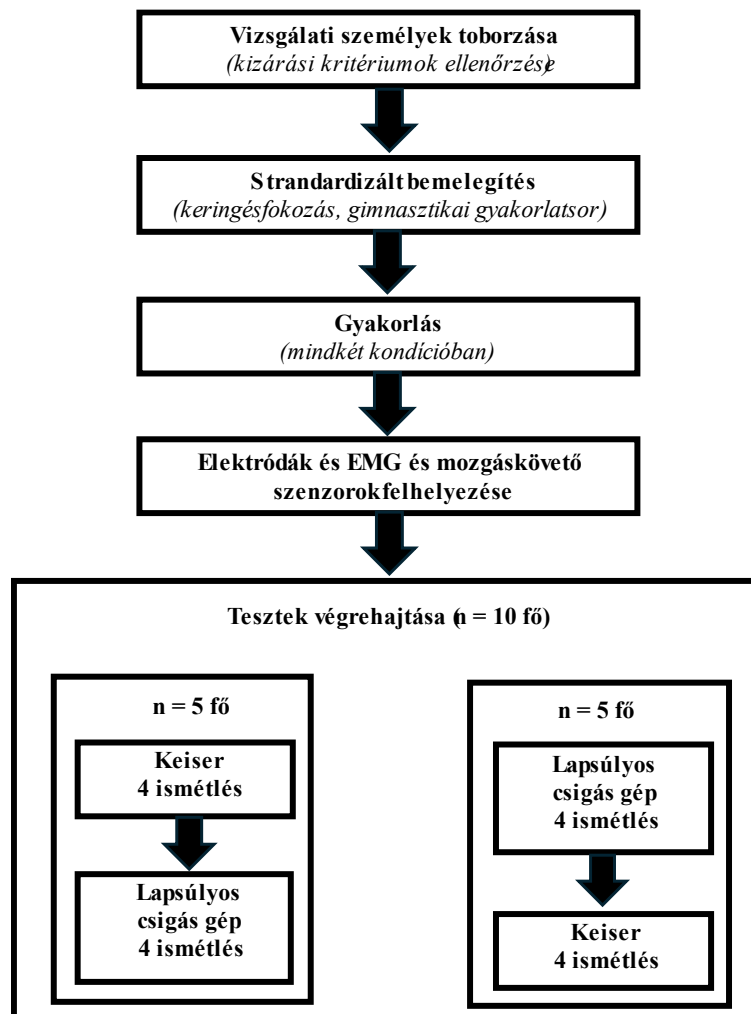
Vizsgálati személyek

Vizsgálatunkba a közelben lévő úszósport egyesületek edzőinek segítségével toboroztunk vizsgálati személyeket. A vizsgálatunkba olyan aktív úszók kerülhettek, akiknek korábban nem volt műtétet igénylő vállsérülése. Vizsgálatunkban 10 aktív férfi úszó vett részt (átlag életkor: $21,8 \pm 1,87$ év, átlag testmagasság: $180,6 \pm 7,05$ cm, átlag testtömeg: $76 \pm 8,66$ kg, átlagosan sporttal töltött évek száma: $14,44 \pm 1,87$ év, átlagos heti edzésszám: $6,16 \pm 4,5$

óra. A vizsgálatunkban résztvevők rendszeresen végeznek párhuzamosan rezisztencia- és úszás edzést. Vizsgálatunkat megelőzően felhívtuk a figyelmét a vizsgálati személyeknek, hogy a felmérés előtti 2 napon ne végezzenek sem rezisztencia-sem úszás edzést, hogy ezzel ne befolyásolják kutatási eredményeinket. A vizsgálati tesztjeinket nem ismerték a vizsgálati személyek, ezért a felmérést megelőzően biztosítottunk lehetőséget gyakorlásra, ahol kipróbálhatták a vizsgálati személyek a vizsgálat tesztjeit.

Vizsgálati protokoll

A vizsgálat 1 alkalomból állt (1.ábra). A vizsgálati személyek felmérések megkezdését megelőzően egy standardizált bemelegítésen vettek részt. A bemelegítés egy keringésfokozásból (5 perces kerékpár ergométeren történő tekerés) és egy előre meghatározott 5 perces gimnasztikai gyakorlatsorból állt. A bemelegítést követően a vizsgálati személyek kipróbálhatták a későbbiekben élesben mérésre kerülő teszteket. Mindkét mérőeszközt (Keiser performance trainer pneumatikus ellenálláson alapuló eszköz (*PERFORMANCE TRAINER MODEL 3010XP OPERATION MANUAL*, 2018) , lapsúlyos gravitációra alapuló csigas gép) úgy állítottuk be, hogy az erő kifejtését a vizsgálati személyek ülő helyzetben, karukat emelt magastartásból indítva közel vízszintesen hajthassák végre (2.ábra). Szándékunkban állt a két ellenállás mértékét azonosra állítani. Ehhez a pneumatikus eszköz kábele által képzett ellenállást kifeszített állapotban kézi dinamométer segítségével lemértük, az így mért húzó erőt Newton-ban kifejeztük. A kapott erő alapján, ugyan ezzel az eljárással az eszközök ellenállását azonos mértékre állítottuk. Ezt követően végrehajtottak mindkét vizsgálati tesztből 2 ismétlést 60%-os és 1 ismétlést 100%-os intenzitással. Ezt követően bőrfelület gondos előkészítését követően (alkoholos fertőtlenítés) felhelyeztük a bipoláris felületi elektródákat és az EMG szenzorokat az általunk vizsgált 5 izomra. A vizsgálati személyek csuklójára egy mozgáskövető szenzort helyeztünk fel annak érdekében, hogy az adatok elemzése során a mozdulat első 15 ° fokos tartományát vehessük figyelembe. Ezt követően a vizsgálati személyek elhelyezkedtek ülő helyzetben az eszközöknek hátat fordítva. Mindkét kondícióban 4-4 ismétlést hajtottak végre. A 10 vizsgálati személyből 5-en a pneumatikus ellenálláson alapuló eszközzel, a másik 5 vizsgálati személy pedig a lapsúlyos eszközzel kezdte a mérést.



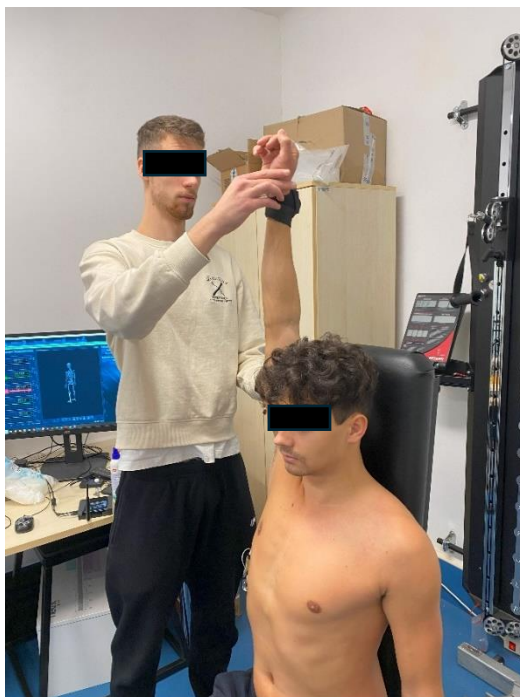
1. ábra: Protokoll ábra



2. ábra: Pneumatikus ellenállással végrehajtott feladat.

Keiser (performance trainer) típusú pneumatikus ellenálláson alapuló eszközzel végzett teszt

A vizsgálati személyek az eszközzel háttal, ülésben helyezkedtek el úgy, hogy a vizsgált karuk magastartásban volt (3.ábra). Elsőként ezt a helyzetet kalibráltuk 0 fokos kiindulási helyzetnek (3.ábra). Az ellenállás meghatározásához a pneumatikus eszköz kábele által képzett ellenállást kifeszített állapotban kézi dinamométer segítségével lemértük, az így mért legnagyobb húzó erőt Newton-ban kifejeztük. (4. ábra). A tesztek során a vizsgálati személyeknek ebből a kiindulási helyzetből (0°) kellett maximális anteфлекsiót végrehajtani a véghelyzetig (45°) (2. ábra). A véghelyzetben manuálisan (kézzel) állítottuk meg a vizsgálati személyek karját. Az adatok elemzése során a maximális anteфлекsió első 15° -os tartományát vettük figyelembe, amit a myomotion mozgáskövető szenzor segítségével határoztunk meg. A mozdulat során vizsgáltuk az izmok EMG aktivitásának maximumát és annak időbeliségét. A mozdulatot 4 szer kellett maximális intenzitással megismételni, melyek között 2 perc pihenőidőt biztosítottunk.



3. ábra: Vizsgált oldali kar magastartásba helyezése, 0° -os kalibráció beállítása.



4. ábra: Keiser performance trainer kijelző egysége, a mért erő megjelenítése

Lapsúlyos eszközzel végzett teszt

A vizsgálati személyek az eszközzel háttal, ülésben helyezkedtek el úgy, hogy a vizsgált karuk magastartásban volt (5.ábra). Elsőként itt is ezt a helyzetet kalibráltuk 0 fokos kiindulási helyzetnek. Az ellenállás meghatározásához a pneumatikus eszköz kábele által képzett ellenállást, kifeszített állapotban, kézi dinamométer segítségével lemértük, az itt kapott legnagyobb húzó erőt Newton-ban kifejeztük. A kapott erő alapján, a pneumatikus eszközzel végzett eljárást megismételtük a gravitációs alapú lapsúlyos gépen. Az eszközök ellenállását azonos mértékre állítottuk. A tesztek során a vizsgálati személyeknek hasonlóképp a pneumatikus ellenállású teszthez, ez esetben is a kiindulási helyzetből (0 °) kellett maximális anteфлекsiót végrehajtani a véghelyzetig (45 °) (6.ábra). A véghelyzetben manuálisan (kézzel) állítottuk meg a vizsgálati személyek karját. Az adatok elemzése során a maximális anteфлекsió első 15 °-os tartományát vettük figyelembe, amit a myomotion mozgáskövető szenzor segítségével határoztunk meg.

A mozdulat során vizsgáltuk az izmok EMG aktivitásának maximumát és annak időbeliségét. A mozdulatot 4 szer kellett maximális intenzitással megismételni, melyek között 2 perc pihenőidőt biztosítottunk.



5. ábra: Vizsgált oldali kar magatartásba helyezése, (0°) kalibráció beállítása.



6. ábra: Vizsgált oldali kar anteflexiót hajt végre a véghelyzetig (45°)

Anteflexió szögtartományának meghatározása myomotion mozgáskövető szenzorral

Az anteflexió mozgástartományának meghatározására Noraxon MyoMotion mozgáskövető rendszert (Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA, mintavételi frekvencia: 100 Hz.) használtunk. Az mozgáskövető szenzort a csuklóra helyeztük fel és a saggitális síkban történő mozgását vizsgáltuk.

Elektromyográfia

Az elektródák felhelyezése előtt a bőrfelületet leborotváltuk és alkoholos oldattal tisztítottuk. A SENIAM (SENIAM, é. n.) ajánlása alapján a m. trapezius felső, középső és alsó részére a m. serratus anterior-ra, és a m. pectoralis major-ra helyeztük fel a bipoláris elektródákat. Az EMG jeleket a Noraxon MR 3.14.38 szoftverrel rögzítettük 1000 Hz-es mintavételi frekvencián. A nyers EMG jeleket RMS (Root Mean Square) módszerrel 50 ms-os ablakkal simítottuk. A tesztek alatt a maximális EMG aktivitást jegyeztük fel. Az izmok időbeli bekapcsolását a m. pectoralis major EMG aktivitás csúcspontjától számítottuk.

Statisztikai elemzés

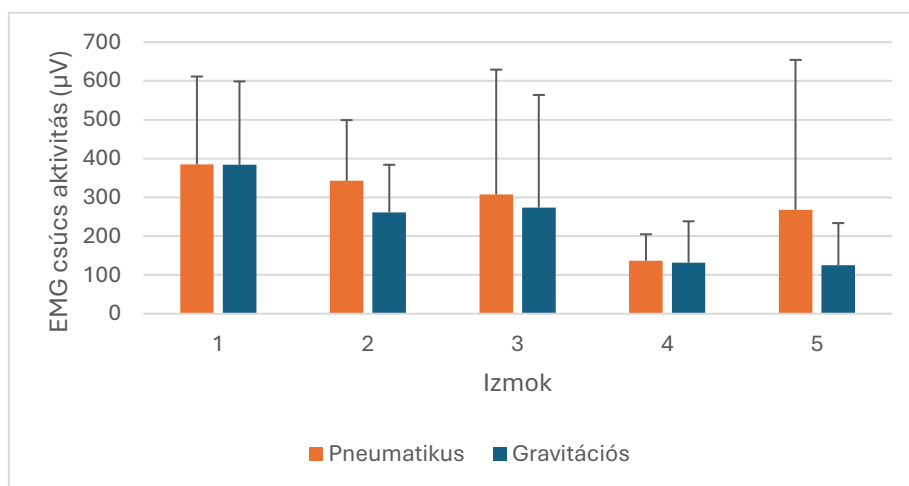
Valamennyi vizsgált változó normál eloszlást mutatott, ezért paraméteres próbát alkalmaztunk. Két szempontos (ANOVA) varianciaanalízist az OriginPro szoftver segítségével számítottuk, Tukey féle post-hoc elemzéssel. A szignifikancia szintet minden esetben $p < 0,05$ -ben határoztuk meg.

Eredmények

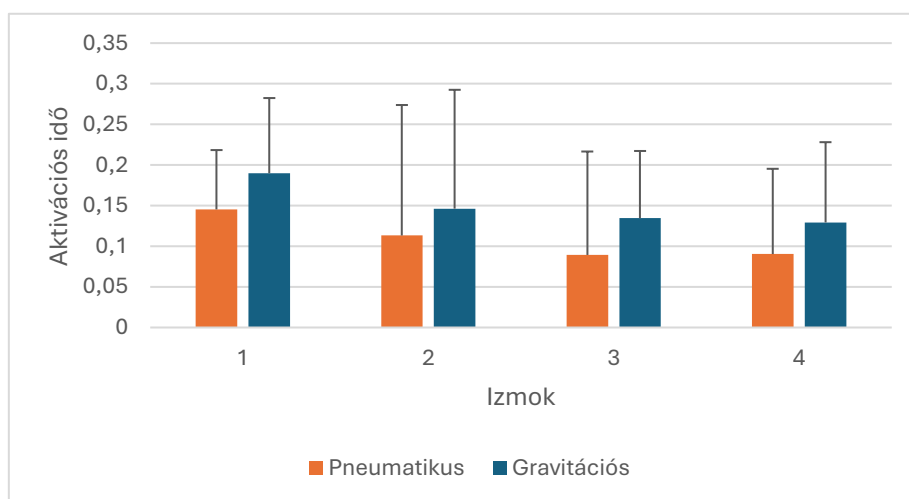
A vizsgált izom EMG aktivitásának csúcsában, az izom fajtája, mint független faktor szignifikáns fő hatást mutatott ($F=3,4$; $p=0,012$), vagyis az egyes izmok az ellenállási kondíciótól függetlenül aktiválódtak. A post-hoc elemzés kimutatta, hogy az m. trapezius felső részre és a m. pectoralis major között volt szignifikáns különbség. A többi izom EMG aktivitási csúcsa között nem találtunk szignifikáns különbséget.

Az ellenállás típusa, mint független faktor nem befolyásolta az egyes izmok aktivitásának csúcsát. Az izom típusa és az ellenállás típusa interakció sem volt szignifikáns. (7. ábra)

Az antagonista izmok az alábbi sorrendben kapcsolódtak be a m. pectoralis major aktiválását követően. Az ANOVA elemzés kimutatta, hogy a bekapcsolási időben az izom típus és az ellenállás típus faktorokra, sem szignifikáns főhatást és szignifikáns interakciót nem kaptunk. (8. ábra)



7. ábra: EMG aktivitás csúcsértékek, (Az antagonista izomhoz (m. pectoralis major) mért aktiváció, 1-es jelzés alatt a serratus anterior, 2-es jelzés alatt a trapezius felő része, 3-as jelzés alatt a trapezius középső része és a 4-es jelzés alatt a trapezius alsó része látható.)



8. ábra: m. pectoralis major-hoz mért aktivációs idő, (1-es jelzés alatt az m. pectoralis major található, 2-es jelzés alatt a serratus anterior, a 3-as jelzés alatt a trapezius felső része, 4-es jelzés alatt a trapezius középső része és az 5-ös jelzés alatt a trapezius alsó része látható.)

Megbeszélés

Vizsgálatunk célja a vállízület és a lapockastabilizátor izmok aktivitásának és időbeli bekapcsolódásának vizsgálata volt pneumatikus és gravitációs alapú erőfejlesztő berendezések alkalmazása esetén. A használt eszközök, a Keiser performance trainer mely a levegő sűrítésével képez ellenállást, aminek előnye, hogy az ízületekről leveszi a sokkhatást és a mozgás első fázisában az ellenállást adagolva fejti ki (Gołaś et al., 2024; Parrino et al., 2024). Ezzel szemben a lapsúlyos (csigás) eszköz a gravitációs erőre hagyatkozva hozza létre az ellenállást. Ennél az eszköznél nem figyelhető meg a sokkterhelés mentesítése és az ellenállás adagolása sem (Plotkin et al., 2022). Mindkét eszköznél lehetséges a sportspecifikus gyakorlatok végrehajtása, ilyen gyakorlat az úszómozgás kartempó egyik technikai elem a vízfogas is. Ezt a technikai elemet vettük ki a sportmozgásból és ezt lemásolva vizsgáltuk a váll ízület stabilizációs mechanizmusait.

Az ellenállás mértékét mindkét eszköznél azonosra állítottuk, mindkét esetben eszközönként 4 szer végezték el a gyakorlatot. A vizsgálat egy standardizált bemelegítéssel kezdődött, amit követett egy gyakorló mérés. Ezt követően a Keiser performance trainer pneumatikus eszköz segítségével vizsgálati személyenként beállítottuk a maximális ellenállást. A vizsgálatban 10 felnőtt úszó férfi vett részt, 5 vizsgálati személy a Keiser performance trainer pneumatikus eszközzel kezdte a mérést, a másik 5 személy az ellenállás lemerése után a lapsúlyos gravitációs erőre hagyatkozó eszközzel kezdte a mérést. Az ismételések között biztosítottuk a megfelelő pihenőidőt.

A hipotézissel szemben a mérések alapján megfigyelhetővé vált, hogy az ellenállásától függetlenül, a mért izmok aktivációs csúcsában nem volt szignifikáns különbség. A vizsgálatához használt ellenállás típusok eltérése sem volt befolyásoló tényező. Az antagonistához mért aktivációs időbeliségnél sem figyelhető meg szignifikáns különbség.

Összefoglaló

A kutatás célja a vállizület és a lapockastabilizátor izmok aktivitásának és időbeli bekapcsolódásának vizsgálata volt, ehhez pneumatikus és lapsúlyos gravitációs erőre hagyatkozó berendezéseket alkalmaztunk. A vizsgálat során a gyorsúszás egyik technikai elemét a vízfogás pillanatát szimuláltuk. A mérésen 10 felnőtt úszó férfi vett részt, személyenként 4 szer végezték el a gyakorlatot, eszközönként 4 szer. A kapott eredmények között nem volt szignifikáns különbség.

Irodalomjegyzék

1. *A gyorsúszás technikája* | Dr. Bóka Ferenc, Cziberéné Nohel Gizella, Dorka Péter, Vári Beáta: *Egyéni sportágak*. (n.d.). Retrieved January 17, 2025, from http://www.jgypk.hu/tamop13e/tananyag_html/egyeni_sportagak/a_gyorssz_s_techikja.html
2. Balachandran, A. T., Gandia, K., Jacobs, K. A., Streiner, D. L., Eltoukhy, M., & Signorile, J. F. (2017). Power training using pneumatic machines vs. plate-loaded machines to improve muscle power in older adults. *Experimental Gerontology*, 98, 134–142. <https://doi.org/10.1016/J.EXGER.2017.08.009>
3. Bíró, M., Révész, L., & Hidvégi, P. (n.d.). *HISTORY TEACHING SWIMMING TECHNIQUE*. Retrieved January 18, 2025, from <http://oszkdk.oszk.hu/beszolgalatas/index.php>
4. Biscarini, A., & Bonafoni, S. (2016). Optimization of the biomechanical design of plate-loaded strength training machines: The free-weight lifting experience. [Http://Dx.Doi.Org/10.1177/1754337115624076](http://Dx.Doi.Org/10.1177/1754337115624076), 231(1), 14–20. <https://doi.org/10.1177/1754337115624076>
5. Cengiz, Ş. Ş., & Coşkun, E. Ş. (2023). Swimming in The Olympics. *International Journal of Sport Culture and Science*, 11(1), 56–70.
6. Chang, K. H., Chen, M. Y., & Canny, J. (2007). Tracking Free-Weight Exercises. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 4717 LNCS, 19–37. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74853-3_2
7. Du Pisani, L. G. (2018). *Freestyle biomechanics and shoulder injuries in competitive swimming*. University of the Free State.
8. Głyk, W., Hołub, M., Karpiński, J., Rejdych, W., Sadowski, W., Trybus, A., Baron, J., Rydzik, Ł., Ambroży, T., & Stanula, A. (2022). Effects of a 12-Week Detraining Period on Physical Capacity, Power and Speed in Elite Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022, Vol. 19, Page 4594, 19(8), 4594. <https://doi.org/10.3390/IJERPH19084594>

9. Gołaś, A., Pietraszewski, P., Roczniok, R., Królikowska, P., Ornowski, K., Jabłoński, T., Kuliś, S., & Zając, A. (2024). Neuromuscular Control during the Bench Press Exercise Performed with Free Weights and Pneumatic Loading. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, Page 3782, 14(9), 3782.
<https://doi.org/10.3390/APP14093782>
10. Guo, W., Soh, K. G., Zakaria, N. S., Hidayat Baharuldin, M. T., & Gao, Y. (2022). Effect of Resistance Training Methods and Intensity on the Adolescent Swimmer's Performance: A Systematic Review. *Frontiers in Public Health*, 10, 840490.
<https://doi.org/10.3389/FPUBH.2022.840490/BIBTEX>
11. Infante, M. A., Harrell, G. M., Strand, K. L., Parrino, R. L., & Signorile, J. F. (2021). One Repetition Maximum Test-Retest Reliability and Safety Using Keiser Pneumatic Resistance Training Machines with Older Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3513–3517.
<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004143>
12. Labriola, J. E., Lee, T. Q., Debski, R. E., & McMahon, P. J. (2005). Stability and instability of the glenohumeral joint: The role of shoulder muscles. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 14(1), S32–S38.
<https://doi.org/10.1016/J.JSE.2004.09.014>
13. Lopes, T. J., Neiva, H. P., Gonçalves, C. A., Nunes, C., & Marinho, D. A. (2021). The effects of dry-land strength training on competitive sprinter swimmers. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 19(1), 32–39.
<https://doi.org/10.1016/J.JESF.2020.06.005>
14. MARČAN Brno, D., & Sportovních Studií, F. (n.d.). *Diplomová práce Use of pneumatic-based device for power development*.
15. Parrino, R. L., Martinez, K. J., Konlian, J. A., Conti, J. M., & Signorile, J. F. (2024). Leg Press and Chest Press Power Normative Values by Half Decade in Older Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(5), 991–998. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004704>
16. *PERFORMANCE TRAINER MODEL 3010XP OPERATION MANUAL*. (2018).
<https://www.keiser.com/forms/warrantyregistration>
17. Plotkin, D., Coleman, M., Van Every, D., Maldonado, J., Oberlin, D., Israel, M., Feather, J., Alto, A., Vigotsky, A. D., & Schoenfeld, B. J. (2022). Progressive overload without progressing load? The effects of load or repetition progression on muscular adaptations. *PeerJ*, 10, e14142.
<https://doi.org/10.7717/PEERJ.14142/SUPP-2>
18. *Sports Performance Solutions | Keiser*. (n.d.). Retrieved January 19, 2025, from <https://www.keiser.com/fitness-equipment-solutions/sports-performance>
19. Strand, K. L., Lucchi, L., Copo, T. G., Cherup, N. P., & Signorile, J. F. (2019). Optimal loads for power in older men and women using plate-loaded

- resistance machines. *Experimental Gerontology*, 124, 110638.
<https://doi.org/10.1016/J.EXGER.2019.110638>
20. *Swimming Anatomy* - Ian A. McLeod - Google Könyvek. (n.d.). Retrieved January 18, 2025, from https://books.google.hu/books?id=-O96DwAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
21. Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, 13(1), 8–24.
<https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002/METRICS>
22. *Train Your Members Like Professional Athletes*. (n.d.). Retrieved January 19, 2025, from <https://resources.keiser.com/train-your-members-like-professional-athletes>

Köszönöm a vizsgálatban résztvevő témavezetőimnek, illetve a vizsgálatban részt vett személyeknek. Nélkülük ez a kutatás nem jöhetett volna létre.

Lezárás dátuma: 2025. 01. 22.