 DOI: 10.21486/RECREATION.2025.15.3.1

A NAD⁺ és prekurzorainak hatása a sportteljesítményre: mechanizmusok, mérőszámok és humán vizsgálatok bizonyítékai

The Impact of NAD⁺ Supplementation on Athletic Performance: Mechanisms, Metrics, and Evidence from Human Studies

Rovatszerkesztő:
Fritz Réka
Szegedi Tudományegyetem,
Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Klinika
fritz.reka@med.u-szeged.hu

Szerzők: **Fritz Péter [1], Sopronyi-Mayer Livia [2], Maszlag Annamária [3]**

Benyújtva: 2025. szeptember 2. | Átdolgozva: 2025. szeptember 20. | Elfogadva: 2025. szeptember 20. | Megjelent: 2025. október 20.

Fritz Péter [1]
Károli Gáspár Református Egyetem
Gazdaságtudományi, Egészségtudományi és Szociális Kar,
Életmód és Testkultúra Intézet
fritz.peter@kre.hu

Sopronyi-Mayer Livia [2]
SuperFoods Kft.
s.mayer.livia@gmail.com

Maszlag Annamária [3]
SuperFoods Kft.
annamaria.maszlag@gmail.com

Absztrakt:

Háttér: A nikotinamid-adenin-dinukleotid (NAD^+) alapvető kofaktor a sejtes energiatermelésben, redox-szabályozásban és jelátviteli folyamatokban. Szintje az életkor előrehaladtával, valamint anyagcsere-betegségekben csökken, ami hozzájárul a teljesítmény és regeneráció romlásához.

Cél: A humán kutatások szisztematikus összegzése, amelyek a NAD^+-prekurzorok (nikotinamid-ribozid, NR; nikotinamid-mononukleotid, NMN) és NADH kiegészítésének sportteljesítményre gyakorolt hatásait vizsgálták.

Módszer: 2010–2025 közötti randomizált, kontrollált humán kísérletek, metaanalízisek és transzlációs tanulmányok áttekintése, a sporttudományi szempontból releváns kimenetek kiemelésével.

Eredmények: A NAD^+-prekurzorok konzisztensen emelik a NAD^+-szinteket vérben és vázizomban, jó biztonsági profillal. Idősebb vagy metabolikus szindrómával élő populációkban kimutathatóan javítják a gyaloglási teljesítményt, az állóképességet és a fáradtságtűrést (Dolopikou et al., 2020; McDermott et al., 2024). Amatőr sportolóknál az NMN edzés mellett a ventilációs küszöbök és szubmaximális VO_2-paraméterek javulását eredményezte, míg a VO_2max és a csúcsteljesítmény nem változott (Liao et al., 2021). Egy új, 2025-ös randomizált vizsgálatban a NADH fokozta a fizikai állóképességet és gyorsította a kardiovaszkuláris regenerációt fiatal felnőtteknél (Khalid et al., 2025). Jól edzett fiatal sportolóknál 1 hét NR kiegészítés nem mutatott jelentős előnyt (Stocks et al., 2021). Következtetés: A NAD^+-kiegészítés célzottan hasznos lehet idősebb, metabolikus problémákkal küzdő vagy amatőr állóképességi sportolók számára. Az élsportban jelenleg nincs elég bizonyíték rutinszerű alkalmazására, de az NMN és NADH ígéretes kutatási irányt képvisel.

Kulcsszavak: NAD -kiegészítés, sportteljesítmény, állóképesség, regeneráció, öregedés

Abstract:

Background: Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+) is an essential cofactor in cellular energy production, redox regulation, and signaling processes. Its levels decrease with advancing age and in metabolic disorders, which contributes to impaired performance and recovery.

Objective: This systematic review summarizes human studies examining the impact of NAD^+ precursors (nicotinamide riboside, NR; nicotinamide mononucleotide, NMN) and NADH supplementation on exercise and sports performance.

Methods: We conducted a review of randomized controlled human trials, meta-analyses, and translational studies published between 2010 and 2025, emphasizing outcomes of particular relevance to sports science.

Results: NAD^+ precursors consistently increase NAD^+ levels in blood and skeletal muscle with a favorable safety profile. In older adults and populations with metabolic syndrome, they have been shown to improve walking performance, endurance, and fatigue tolerance (Dolopikou et al., 2020; McDermott et al., 2024). In amateur athletes, NMN supplementation alongside training enhanced ventilatory thresholds and submaximal VO_2 parameters, while VO_2max and peak performance remained unchanged (Liao et al., 2021). A recent randomized trial (2025) reported that NADH supplementation improved physical endurance and accelerated cardiovascular recovery in young adults (Khalid et al., 2025). In contrast, in well-trained young athletes, 1 week of NR supplementation showed no significant performance benefits (Stocks et al., 2021)

Conclusion: NAD^+ supplementation may be particularly beneficial for older individuals, those with metabolic disorders, or amateur endurance athletes. In elite sports, current evidence does not support routine use; however, NMN and NADH represent promising avenues for future research.

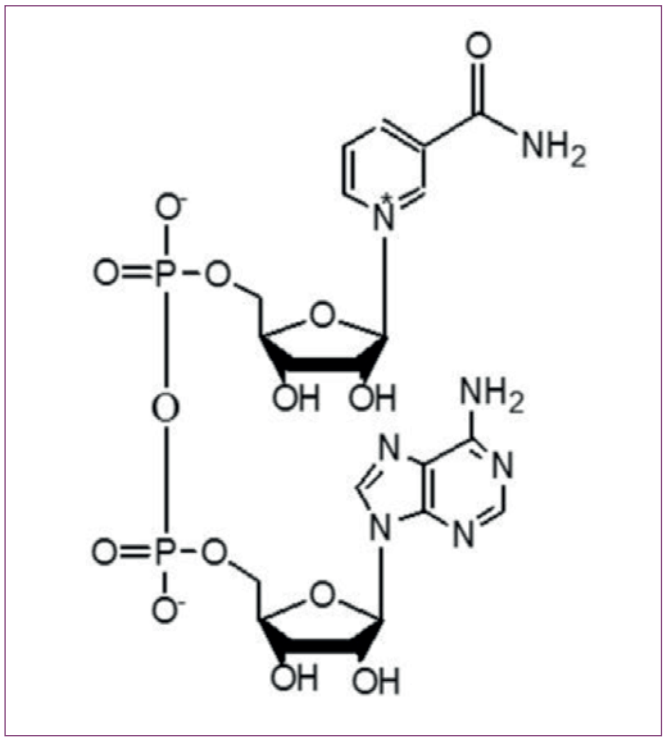
Keywords: NAD supplementation, exercise, performance, endurance, recovery, aging

CC BY NC ND

1. Bevezetés

1.1 A NAD+ biológiai szerepe

A NAD+ központi kofaktor a sejtes energiatermelésben. Részt vesz a glikolízisben, a citrátkörben, a β-oxidációban és az oxidatív foszforilációban, amelyek mind az izom ATP-termelését szolgálják (Elhassan et al., 2019). A NAD+ emellett alapvető a DNS-javításban, a sirtuinok aktiválásában, a redox-állapot fenntartásában és a kalciumjelátvitel szabályozásában (Yaku & Nakagawa, 2023).



A NAD+ kémiai szerkezete | Chemical structure of NAD+
Forrás/Source: *"Chemical structures of NADP and NAD+ Structures of NADP and NAD were* shown . . ." by Huang, R., Chen, H., Zhong, C., . . . & Zhang, Y.-H. P. 2016. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of-NADP-and-NAD-Structures-of-NADP-and-NAD-were-shown-and-the_fig3_307613193

1.2 A NAD+ prekurzorai

NAD+ prekurzorok közé tartozik többek között a nikotinamid-mononukleotid (NMN), a nikotinamid (NAM), a nikotinsav-ribozid (NaR), a nikotinamid-ribozid (NR) és a dihidro nikotinamid-ribozid (NRH). Ezek alkalmazása kimutathatóan növeli a NAD+ szintet és csökkentheti a NAD+ hiányból fakadó következményeket (Groth et al., 2021). A legtöbb tanulmány az NMN és NR alkalmazását tárgyalja (Liao et al., 2021; Stocks et al., 2021; Zhong et al., 2022; McDermott et al., 2024; Morifuji et al., 2024), emellett a legújabb kutatásokban már NADH-t (nikotinamid-adenin-dinukleotid) is alkalmaztak, mely a NAD+ redukált formája (Khalid et al., 2025).

1.3 A sportteljesítmény szempontjai

A teljesítmény és regeneráció kulcstényezői a mitokondriális funkció, a redox-homeosztázis, az izomrost-összetétel és a fáradtsággal szembeni ellenállás. Ezek mind olyan folyamatok, amelyeket a NAD+ közvetlenül vagy közvetve modulál (Campelj & Philp, 2022). Az öregedéshez kapcsolódó NAD+-csökkenés hozzájárul a fáradtság, az izomerő-vesztés és a regenerációs zavarok kialakulásához (Aman et al., 2018).

2. Módszertan

Az irodalomkutatás során a NAD+ és prekurzorainak sportteljesítménnyel való kapcsolatát vizsgáló tudományos publikációkat kerestünk a PubMed, Scopus, Google Scholar és MTMT adatbázisokban. A keresésünk alapját a 2010-2025 között megjelent publikációk adták, de egyes esetekben fontosnak véltük korábbi tanulmányok beemelését is kutatásunkba. Kifejezetten humán vizsgálatok eredményeivel foglalkoztunk.

3. Humán vizsgálatok eredményei

3.1 NAD+-szintek emelése és biztonság

Az NR és NMN dózisfüggően emeli a vér és vázizom NAD+-szintjét, a vázizom inzulin érzékenységét, és a benne található NMN metabolitok szintjét is, ami nagyobb NAD+ átalakulást eredményezhet (Yoshino et al., 2021). Több randomizált, kontrollált vizsgálat (RCT) kimutatta, hogy 250–1200 mg/nap tartományban 6–12 hét alatt szignifikáns emelkedés mérhető (Elhassan et al., 2019; Yi et al., 2023). A hosszú távú (24 hét) alkalmazás fenntartja az emelkedett szinteket (Katayoshi et al., 2023). Biztonsági szempontból a kiegészítés általában jól tolerálható, csak enyhe, átmeneti glikémiás eltérésekről számoltak be (Yi et al., 2023).

3.2 Állóképességi teljesítmény

Idősebb felnőttek: Az NR 6 hónap alatt szignifikánsan javította a 6 perces járásteszt eredményeit perifériás érbetegségben szenvedő alanyok esetében (71,2 ± 9,1 év) (McDermott et al., 2024). Az NMN-kiegészítés 65-75 év közti felnőtteknél fokozta a gyaloglási teljesítményt és csökkentette a fáradtságérzetet (Morifuji et al., 2024).
Amatőr sportolók: 6 hetes RCT során az NMN + edzés dózisfüggően növelte az első és második ventilációs küszöb teljesítményét futók esetében, de VO_2max és csúcsteljesítmény tekintetében nem volt szignifikáns változás (Liao et al., 2021).
Élsportolók: Jól edzett fiatal sportolóknál (23 ± 4 év) az NR nem módosította érdemben a VO_2max-ot, a csúcsteljesítményt vagy az akut metabolikus válaszokat (Stocks et al., 2021).

3.3 Anaerob teljesítmény és izomerő

A sprint- és anaerob kapacitás mutatókban NR és NMN kiegészítés mellett nem mutatkozott konzisztens javulás fiatal sportolóknál (23 ± 4 év) (Stocks et al., 2021). Idősebb felnőtteknél (71.5 ± 1.0 év) az NR akut alkalmazása szerény mértékben javította az izometrikus erőt és az izom-állóképességet (Dolopikou et al., 2020).

3.4 Regeneráció és redox-homeosztázis

Idősebb felnőttekben (71.5 ± 1.0 év) az NR jelentősen javította a redox-homeosztázist (Dolopikou et al., 2020). Egy új, 2025-ös RCT szerint a **NADH** fokozta a fizikai állóképességet és gyorsította a kardio-vaszkuláris helyreállítást egészséges, fiatal felnőtteknél (20-22 év), stresszhelyzetben (Khalid et al., 2025).

3.5 Metabolikus markerek

Az NR és NMN csökkenti a gyulladásos citokineket, javítja a lipidprofilt (alacsonyabb LDL, triglicerid; magasabb HDL), de egyes vizsgálatokban enyhe glikémiás eltérések jelentkeztek (Zhong et al., 2022). Emellett az NR kiegészítés fokozta az izomsejtekben a mitokondriális biogenezist, javította a szatellit sejtek differenciálódását (ami az izom-regeneráció kulcsa), és kedvezően módosította a bélmikrobiota összetételét, függetlenül a BMI-től. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy

az NR több szinten támogathatja az izomanyagcserét, energiatermelést és általános anyagcsere-egészséget (Lapatto et al., 2023).

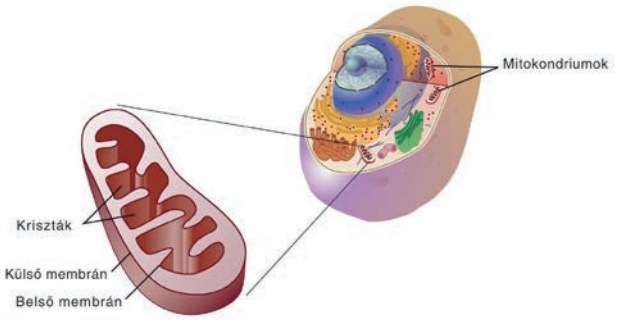
4. Mechanizmusok

4.1 Mitokondriális funkció és sirtuinok

A NAD^+-szint növelése fokozza a SIRT1 és SIRT3 aktivitást, amelyek serkentik a mitokondriális biogenezist, az oxidatív foszforilációt és csökkentik az oxidatív stresszt (Vargas-Ortiz et al., 2019; Ji & Yeo, 2022).

4.2 PARP és CD38 hatás

A PARP túlaktiváció NAD+-kimerülést okoz, rontva a mitokondriális funkciót, míg a CD38 NADáz aktivitás csökkenti a NAD+-poolt (Chini, 2009; Camacho-Pereira et al., 2016; Vida et al., 2016).



A mitokondrium | The mitochondria
Forrás: *„Mitochondria"* by National Human Genome Research Institute, 2025. Talking Glossary of Genetic Terms. U.S. Department of Health & Human Services.
URL: https://www.genome.gov/genetics-glossary/Mitochondria

4.3 Mentési útvonal és izomrost-átalakulás

A NAMPT (nikotinamid-foszforiboziltranszferáz)-mediált mentési útvonal fokozása növeli a NAD+-szintet, ami az oxidatív izomrostok arányának növekedésével és jobb állóképességgel társul (Gulshan et al., 2018; Su et al., 2024).

4.4 Kalciumjelátvitel

A NAD^+-metabolitok (pl. cADPR) befolyásolják a Ca^{2+}-áramlást (Bruzzone et al., 2006; Grahnert et al., 2009; De Zélicourt et al., 2022), ami a kontraktilitás és izom-állóképesség szempontjából lényeges.

5. Sportág-specifikus eredmények

5.1 Állóképességi sportok

A legnagyobb előny futó és gyaloglási teljesítményben mutatkozott (Liao et al., 2021; McDermott et al., 2024). Az úszásra és kerékpározásra vonatkozó adatok hiányosak, de a VO_2 küszöb-javulás logikusan kiterjeszthető más állóképességi sportokra is.

Gyaloglási teljesítmény javulása NAD+ modulációval | Improving walking performance with NAD+ modulation
Forrás/Source: Canva Pro

5.2 Erő- és anaerob sportok

A sprint és peak power mutatókra az NR/NMN kiegészítés nem hatott szignifikánsan (Stocks et al., 2021).

5.3 Precíziós sportok

Közvetlen NAD^+-vizsgálat nem áll rendelkezésre, de a nikotin javította a kognitív teljesítményt és a reakcióidőt íjászoknál és baseball-játékosoknál (Hung et al., 2021). Ez felveti, hogy a NAD^+-fokozás a neuromotoros teljesítményt is befolyásolhatja.

6. Egyéni variabilitás

Az egyéni válaszok heterogenitása valószínűleg részben genetikai tényezőkkel magyarázható. Az NNMT (nikotinamid-N-metiltranszferáz) génvariációi például befolyásolhatják a NAD-anyagcsere egyes folyamatait. Yan és munkatársai (1999) kimutatták, hogy az NNMT gén 5'-flanking régiójában található polimorfizmusok összefüggésben lehetnek az enzim expressziójának és aktivitásának egyéni különbségeivel. Ez arra utal, hogy a NAD^+-prekurzor-kiegészítésre adott válasz egyénenként eltérhet, genetikai háttértől függően.

Jelenleg nincs humán adat arra vonatkozóan, hogy a NAMPT gén polimorfizmusai befolyásolják-e a kiegészítések hatékonyságát, ugyanakkor a mechanisztikus bizonyítékok alapján valószínűsíthető, hogy a NAMPT variabilitása szerepet játszhat az interindividuális különbségekben. Ezért jövőbeli kutatásokra van szükség, amelyek kifejezetten vizsgálják a NAMPT és más NAD-anyagcsere-enzimek genetikai hatását a sportteljesítményre adott válaszban (Yan et al., 1999).

7. Hiányosságok és jövőbeli irányok

- Nagy mintájú, hosszabb időintervallumú RCT-k szükségesek sportolói populációkban.
- A ventilációs küszöb ígéretes mérőszám; további alkalmazása ajánlott.
- A NADH sportolói kontextusban alig vizsgált; több adat szükséges.
- A genetikai és mikrobiom-profilok integrálása segíthet azonosítani, mely egyének reagálnak kedvezően a kiegészítésre.
- Kombinált stratégiák (edzésperiodizáció + NAD^+-fokozás) vizsgálata indokolt.

8. Következtetések

A NAD^+ és kofaktorainak étrend-kiegészítése humán bizonyítékok alapján:

Idősebb/anyagcsere-érintettek: egyértelműen javítja az állóképességet és regenerációt.

Amatőr sportolók: az NMN edzéssel kombinálva szubmaximális előnyöket mutat (ventilációs küszöb).

Fiatal élsportolók: a VO_2max és anaerob kimenetek nem változnak konzisztensen.

NADH: előzetesen biztató fiatal felnőtteknél, de további vizsgálatok szükségesek.

Összességében a NAD^+-moduláció a sportban **célzottan, személyre szabva** lehet ígéretes – különösen az állóképességi sportokban és idősebb populációkban.

Irodalomjegyzék

Aman, Y., Qiu, Y., Tao, J., & Fang, E. F. (2018). Therapeutic potential of boosting NAD+ in aging and age-related diseases. *Translational Medicine of Aging, 2*, 30–37. https://doi.org/10.1016/j.tma.2018.08.003

Bruzzone, S., Moreschi, I., Guida, L., Usai, C., Zocchi, E., & De Flora, A. (2006). Extracellular NAD+ regulates intracellular calcium levels and induces activation of human granulocytes. *Biochemical Journal, 393*(3), 697–704. https://doi.org/10.1042/bj20051302

Camacho-Pereira, J., Tarragó, M.G., Chini, C.C.S., … Chini, E.N. (2016). CD38 Dictates Age-Related NAD Decline and Mitochondrial Dysfunction through an SIRT3-Dependent Mechanism. *Cell Metabolism, 23*(6):1127-1139. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.05.006 PMID: 27304511; PMCID: PMC4911708.

Campelj, D., & Philp, A. (2022). NAD+ therapeutics and skeletal muscle adaptation to exercise in humans. *Sports Medicine, 52*(S1), 91–99. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01772-2

Chini, E. (2009). CD38 as a regulator of cellular NAD: a novel potential pharmacological target for metabolic conditions. *Current Pharmaceutical Design, 15*(1), 57–63. https://doi.org/10.2174/138161209787185788

De Zélicourt, A., Fayssoil, A., Dakouane-Giudicelli, M., De Jesus, I., Karoui, A., Zarrouki, F., Lefebvre, F., Mansart, A., Launay, J., Piquereau, J., Tarragó, M. G., Bonay, M., Forand, A., Moog, S., Piétri-Rouxel, F., Brisebard, E., Chini, C. C. S., Kashyap, S., Fogarty, M. J., . . . De La Porte, S. (2022). CD38-NADase is a new major contributor to Duchenne muscular dystrophic phenotype. *EMBO Molecular Medicine, 14*(5). https://doi.org/10.15252/emmm.202012860

Dolopikou, C. F., Kourtzidis, I. A., Margaritelis, N. V., … Nikolaidis, M. G. (2020). Acute nicotinamide riboside supplementation improves redox homeostasis and exercise performance in old individuals: A double-blind cross-over study. *European Journal of Nutrition, 59*(2), 505–515. https://doi.org/10.1007/s00394-019-01919-4

Elhassan, Y. S., Kluckova, K., Fletcher, R. S., … Lavery, G. G. (2019). Nicotinamide riboside augments the aged human skeletal muscle NAD+ metabolome and induces transcriptomic and anti-inflammatory signatures. *Cell Reports, 28*(7), 1717-1728.e6. https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.07.043

Grahnert, A., Klein, C., & Hauschildt, S. (2009). Involvement of P2X receptors in the NAD+-induced rise in [Ca2+]i in human monocytes. *Purinergic Signalling, 5*(3), 309–319. https://doi.org/10.1007/s11302-009-9144-4

Groth, B., Venkatakrishnan, P., & Lin, S. (2021). NAD+ metabolism, metabolic stress, and infection. *Frontiers in Molecular Biosciences, 8*. https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.686412

Gulshan, M., Yaku, K., Okabe, K., Mahmood, A., Sasaki, T., Yamamoto, M., Hikosaka, K., Usui, I., Kitamura, T., Tobe, K., & Nakagawa, T. (2018). Overexpression of Nmnat3 efficiently increases NAD and NGD levels and ameliorates age-associated insulin resistance. *Aging Cell, 17*(4). https://doi.org/10.1111/acel.12798

Huang, R., Chen, H., Zhong, C., … & Zhang, Y.-H. P. (2016). *Chemical structures of NADP and NAD.* ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of-NADP-and-NAD-Structures-of-NADP-and-NAD-were-shown-and-the_fig3_307613193

Hung, B.-L., Chen, L.-J., Chen, Y.-Y., Ou, J.-B. & Fang, S.-H. (2021). Nicotine supplementation enhances simulated game performance of archery athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition 18*(16). https://doi.org/10.1186/s12970-021-00413-9

Ji, L. L., & Yeo, D. (2022). Maintenance of NAD+ Homeostasis in Skeletal Muscle during Aging and Exercise. *Cells, 11*(4), 710. https://doi.org/10.3390/cells11040710

Katayoshi, T., Uehata, S., Nakashima, N., Nakajo, T., Kitajima, N., Kageyama, M., & Tsuji-Naito, K. (2023). Nicotinamide adenine dinucleotide metabolism and arterial stiffness after long-term nicotinamide mononucleotide supplementation: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Scientific Reports, 13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-29787-3

Khalid, M., Aslam, S., Ali, Z., … Javaid, M. (2025). Report of a randomized placebo-controlled trial of the effects of oral NADH on physical endurance levels. *European Journal of Medical and Health Sciences, 7*(4), 50–60. https://doi.org/10.24018/ejmed.2025.7.4.2395

Lapatto, H.A.K., Kuusela, M., Heikkinen, A., … Pirinen, E. (2023). Nicotinamide riboside improves muscle mitochondrial biogenesis, satellite cell differentiation, and gut microbiota in a twin study. *Science Advances, 9*(2). https://doi.org/10.1126/sciadv.add5163

Liao, B., Zhao, Y., Wang, D., … Hu, M. (2021). Nicotinamide mononucleotide supplementation enhances aerobic capacity in amateur runners: A randomized, double-blind study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 18*(1), 54. https://doi.org/10.1186/s12970-021-00442-4

McDermott, M. M., Liu, K., Guralnik, J. M., … Schrack, J. A. (2024). Nicotinamide riboside for peripheral artery disease: A randomized, double-blind clinical trial. *Nature Communications, 15*, 6117. https://doi.org/10.1038/s41467-024-49092-5

Morifuji, M., Higashi, S., Ebihara, S. & Nagata, M. (2024). Ingestion of β-nicotinamide mononucleotide increased blood NAD levels, maintained walking speed, and improved sleep quality in older adults in a double-blind randomized, placebo-controlled study. *Geroscience.* 46(5). 4671–4688. https://doi.org/10.1007/s11357-024-01204-1

National Human Genome Research Institute. (2025). *Mitochondria*. Talking Glossary of Genetic Terms. U.S. Department of Health & Human Services.
https://www.genome.gov/genetics-glossary/Mitochondria

Stocks, B., Ashcroft, S.P., Joanisse, S., ... Philp A. (2021). Nicotinamide riboside supplementation does not alter whole-body or skeletal muscle metabolic responses to a single bout of endurance exercise. *The Journal of Physiology. 599*(5). 1513–1531.
https://doi.org/10.1113/jp280825

Su, M., Qiu, F., Li, Y., Che, T., Li, N. & Zhang, S. (2024). Mechanisms of the NAD+ salvage pathway in enhancing skeletal muscle function. *Frontiers in Cell and Developmental Biology. 12*:1464815.
https://doi.org/10.3389/fcell.2024.1464815
PMID: 39372950; PMCID: PMC11450036.

Vargas-Ortiz, K., Pérez-Vázquez, V., Macías-Cervantes, M.H. (2019). Exercise and Sirtuins: A Way to Mitochondrial Health in Skeletal Muscle. *International Journal of Molecular Sciences. 20*(11). 2717. https://doi.org/10.3390/ijms20112717

Vida, A., Márton, J., Mikó, E., & Bai, P. (2016). Metabolic roles of poly(ADP-ribose) polymerases. *Seminars in Cell and Developmental Biology, 63*, 135–143.
https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2016.12.009

Yaku, K. & Nakagawa, T. (2023). NAD+ Precursors in Human Health and Disease: Current Status and Future Prospects. *Antioxid Redox Signal. 39*(16-18). 1133–1149.
https://doi.org/10.1089/ars.2023.0354

Yan, L., Otterness, D. M., & Weinshilboum, R. M. (1999). Human nicotinamide N-methyltransferase pharmacogenetics: Gene sequence analysis and promoter characterization. *Pharmacogenetics, 9*(3), 307–316.
https://doi.org/10.1097/00008571-199906000-00007

Yi, L., Maier, A.B., Tao, R., ... Kumbhar V. (2023). The efficacy and safety of β-nicotinamide mononucleotide (NMN) supplementation in healthy middle-aged adults: a randomized, multicenter, double-blind, placebo-controlled, parallel-group, dose-dependent clinical trial. *Geroscience. 45*(1). 29–43.
https://doi.org/10.1007/s11357-022-00705-1

Yoshino, M., Yoshino, J., Kayser, B.D., ... Klein S. (2021). Nicotinamide mononucleotide increases muscle insulin sensitivity in prediabetic women. *Science. 372*(6547), 1224–1229.
https://doi.org/10.1126/science.abe9985

Zhong, O., Wang, J., Tan, Y., Lei, X. & Tang, Z. (2022). Effects of NAD+ precursor supplementation on glucose and lipid metabolism in humans: a meta-analysis. *Nutrition & Metabolism (Lond). 19*(1). 20. https://doi.org/10.1186/s12986-022-00653-9