

# **Mozgás élettani hatásai**

# Harántcsíkolt izom

Sokmagvú párhuzamos lefutású izomrostokból áll, ezek többmagvú szincíciumok.

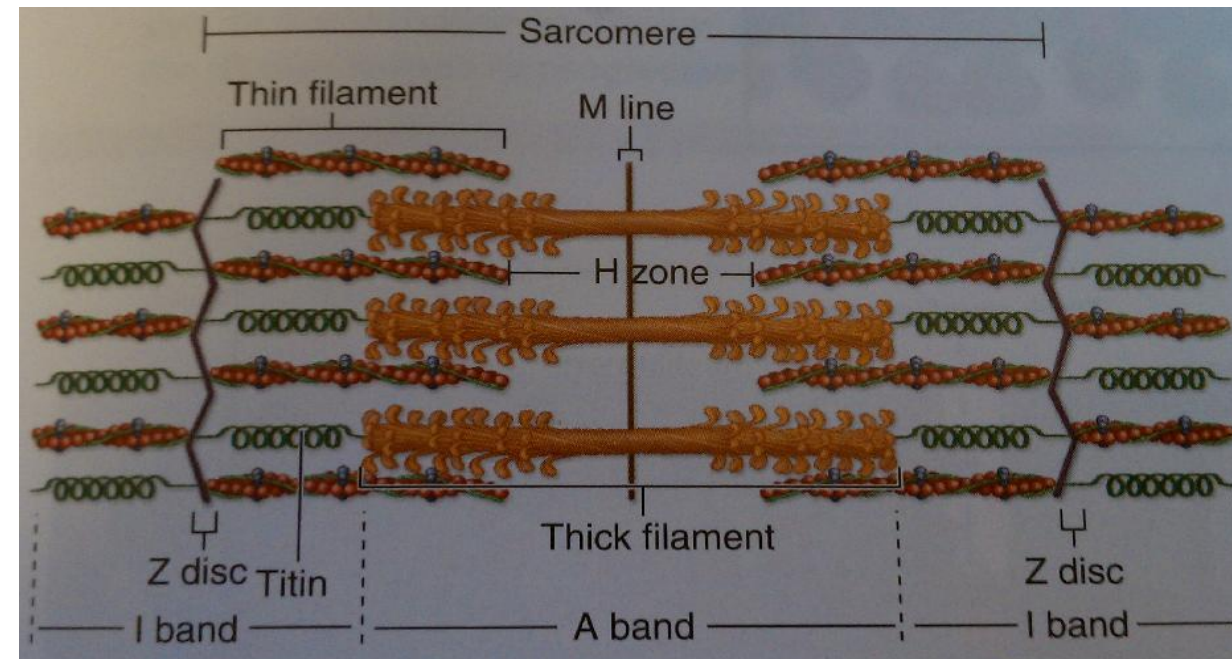
Az izomrostokat myofibrillumokat képező kontraktilis filamentumok építik fel.

Funkcionális egysége: szarkomer.

A szarkomeren belül a kontraktilis filamentumok rendezetten helyezkednek el.

I csíkban csak aktin filamentumok vannak. Z lemez: alfa-aktinint és más aktinkötő fehérjéket

tartalmaz, a két szomszédos szarkomer világos, I csíkját választja ketté. A csík: aktin filamentumok és



a miozin filamentumok fedésbe

kerülnek,

H csík: A csík közepén világos rész

ahol csak a miozin filamentumok

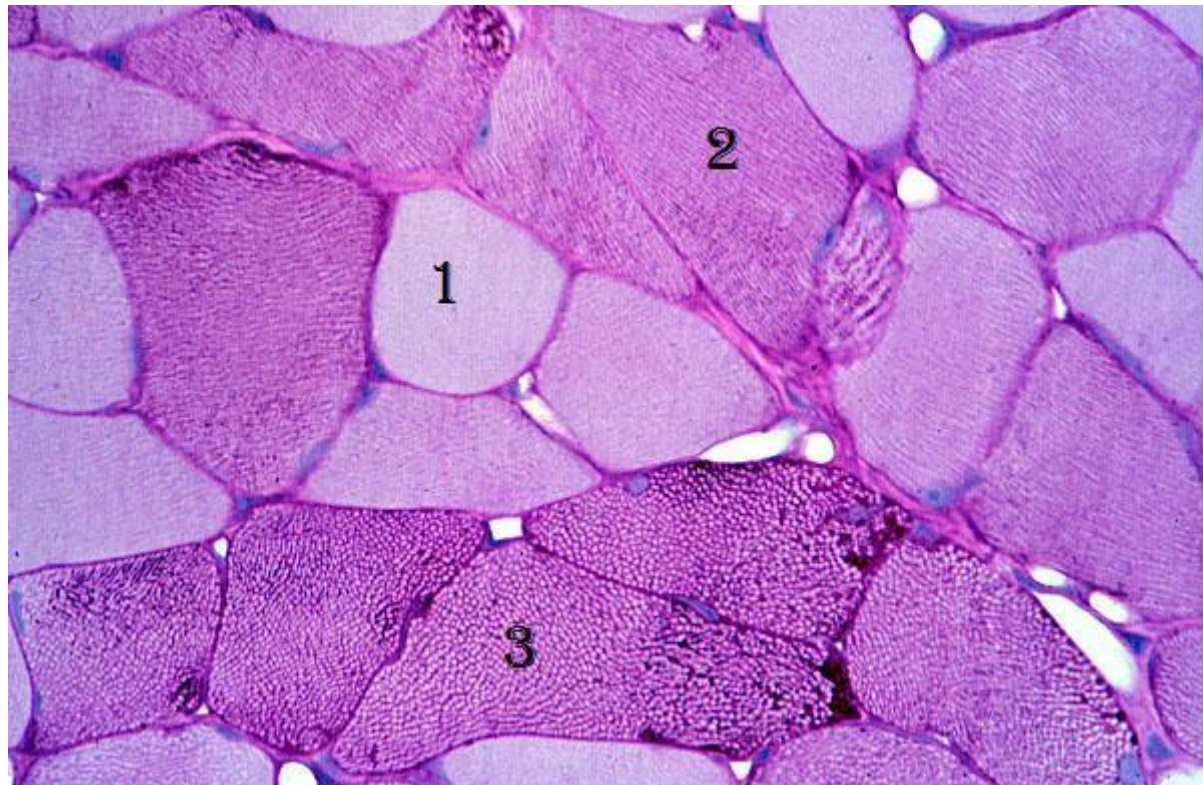
látszanak

**M csík** H csík közepén EM-pal

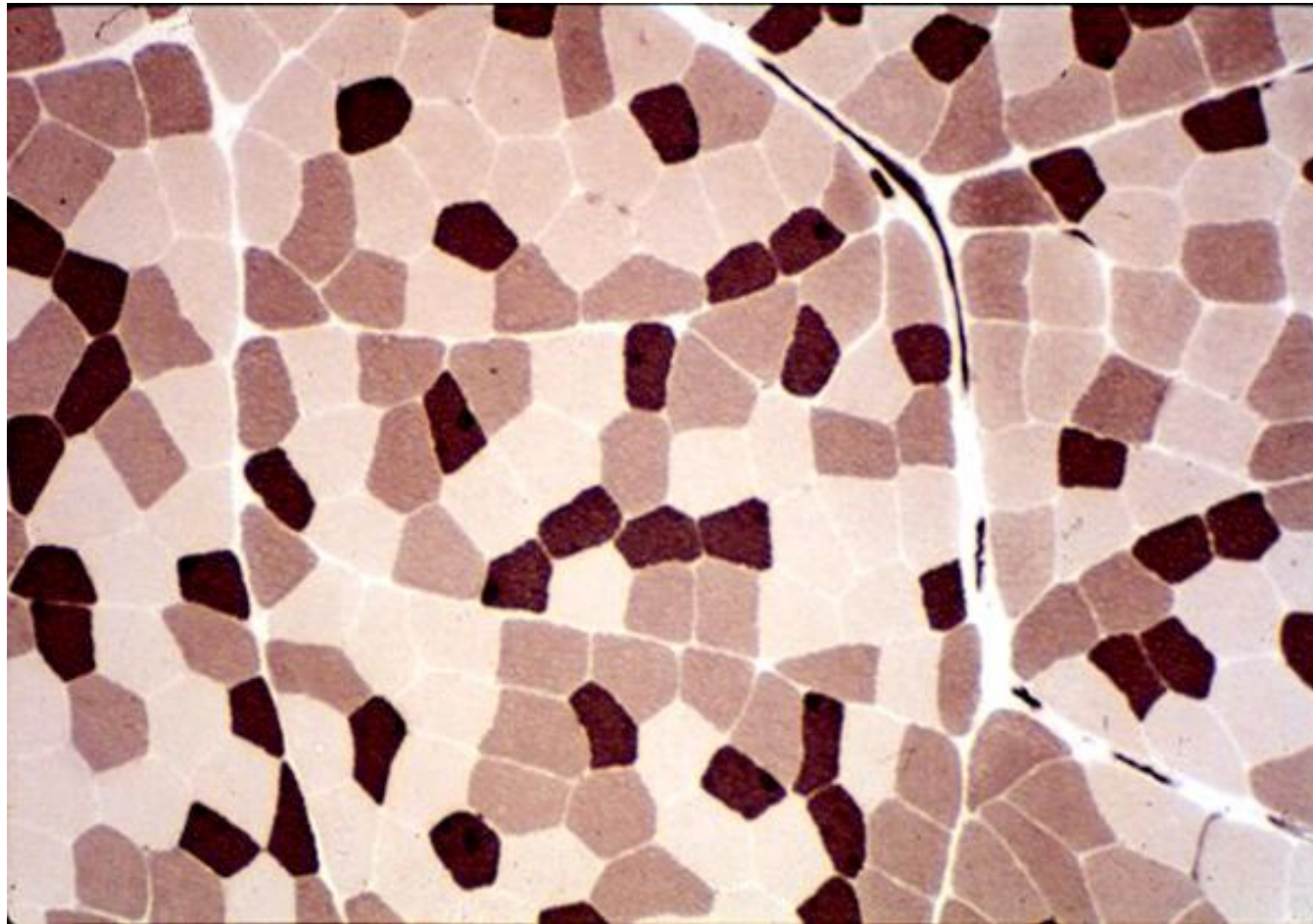
látszik csak, ahova a miozin

filamentumok kapcsolódnak.

A vázizomszövet rostjainak átmérője, színe különbözik egymástól. Leglátványosabb különbség a vörös és fehér izom rostjai között figyelhető meg. A vörös rostok vagy lassú rostok vérellátása jó, viszonylag sok pigmentfehérjét, myoglobint tartalmaznak, szemben a fehér vagy gyors rostokkal, amelyeknek a myoglobin tartalma alacsony.



**1. gyors izom, 2 kevert izom, 3 lassú izom**



Mitokondriumok mennyiségét kimutató antitesttel készült festés: világos rostok az anaerob anyagcserét folytató gyors izmok, sötétek az aerob anyagcserét folytató lassú, kitartó izmok.

Mitokondriumokon és vérerek számán kívüli egyéb különbségek is vannak a rostok között:

Lassú izmok: sok mitokondrium, magas mioglobin koncentráció, dús érhálózat, glükóz teljes oxidációja folyik a mitokondriumokban, miozin I típus, gerincvelői motoneuron aktivitása magas, de alacsony frekvenciájú,

Gyors izmok: kevés mitokondrium, mioglobin, kevésbé vaszkularizált, fő energianyerés a glükolízis, tejsavtermelés folyik, miozin IIX/B típus gerincvelői motoneuron rövid ideig aktív de nagy frekvenciájú inputot ad le.

Átmeneti izmok: gyorsak, fáradékonyak, oxidatív glükóz lebontást használnak, közepesen fejlett érhálózat, közepes mitokondrium szám és mioglobin tartalom, miozin IIA típus, gerincvelői motoneuron rövid ideig aktív de nagy frekvenciájú inputot ad le.

Ezekén felül  $\text{Ca}^{2+}$  szint változása. Szabályozó RNS-ek szintje és az RNS polimeráz aktivitás is különbözik.

## Izom anyagcsere:

Glükózt főleg saját glikogén raktáraiból és keringésből nyeri.

Glikogén raktárak kimerülésekor: más szövetekből származó glükózt, májból származó glikogént, zsírsavakat a zsírszövetekből és keton testeket májból tud felhasználni.

Preferált energianyerés: glikolízissel, gyors izmokban glükózból tejsav, amit lassú izmok, agyi illetve szívizmok használnak fel, vagy a májban a Cori cikluson keresztül visszaalakul glükózzá.

Lassú izmokban és szívizomban a glükóz komplett oxidációja zajlik.

Vázizmok működése 1000x-re növelheti akár az energiafelhasználást az alapanyagcseréhez képest.

ATP raktározás nem jelentős, emiatt az izomműködéshez folyamatos ATP utánpótlás szükséges.

Az izomműködéshez a metabolizmust és a sejten belüli reakciókat kell összehangolni:

miozin – actin kötődések kialakulási rátája

metabolizmus végtermékeinek elszállítása

extracelluláris források mobilizálása

Bármelyik folyamat zavara akadályozza a folyamatos izomaktivitást, és kifáradáshoz vezet.

## Izmok glükózzal ellátása:

Ha izomműködésre kerül sor, először vér adrenalin szintje megemelkedik.

Szimpatikus idegrendszeri aktivitás: adrenalin felszabadulás. Adrenalin blokkolja az inzulin felszabadulást.

Adrenalin növeli az izmokban a glikogén lebontást.

A megnövekedett glükóz igényt inzulin antagonistá hormonok: GH, adrenalin, glukagon, kortizol hatására, glikogén bontás, glükolízis, lipolízis biztosítja

Izomban nincs glükoneogenezis.

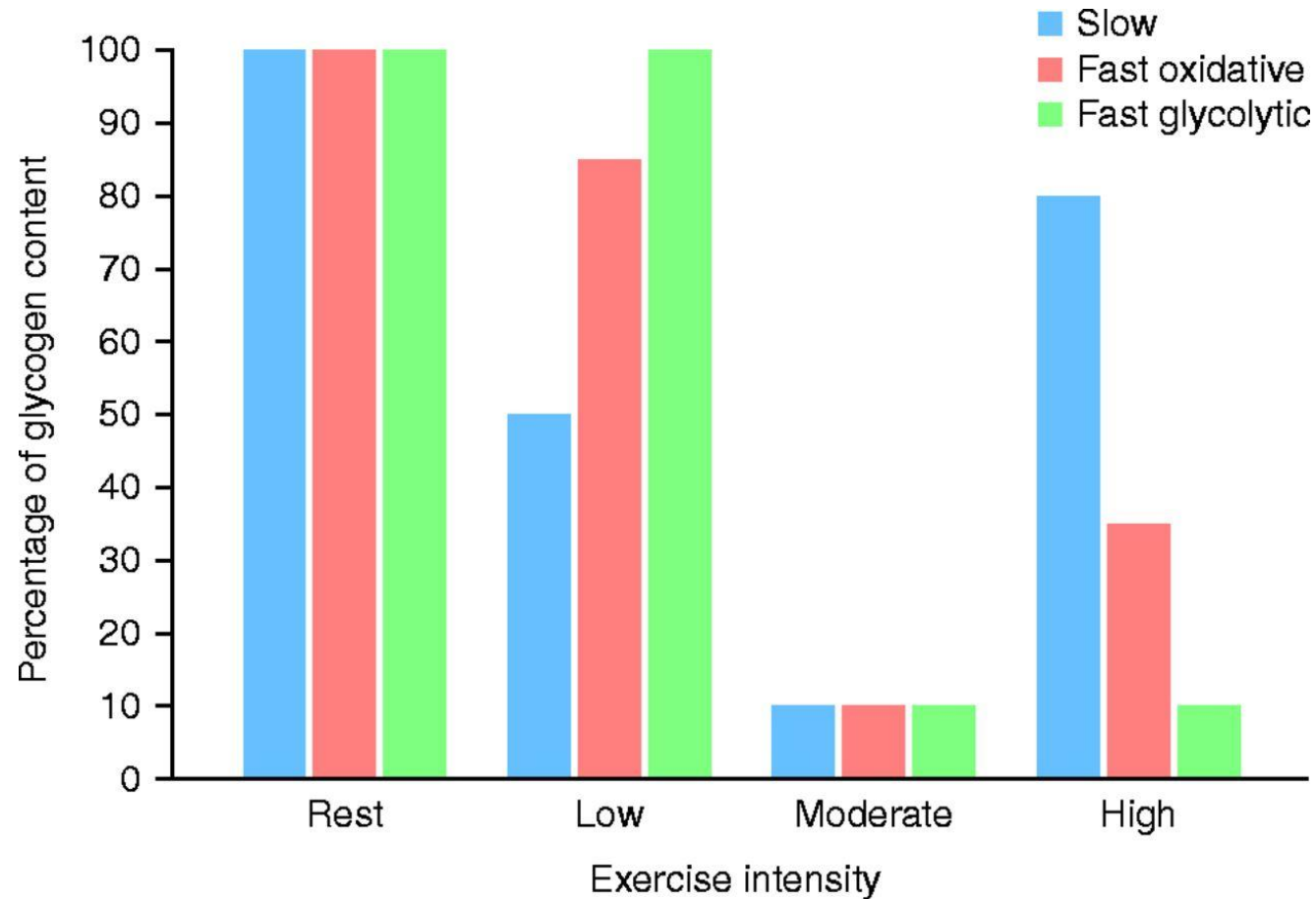
Glikogén raktárak következő étkezéskor töltődnek fel.



## Izomműködéskor zajló események:

- adrenalin szint nő, inzulin szint csökken.
- Izom inzulin érzékenysége nő.
- Kapillárisok nyitásával és a keringés fokozódásával glükóz és inzulin ellátottsága javul az izmoknak.
- Izomkontrakció inzulintól függetlenül is növeli a glükózfelvételt: növeli az izomsejteken a glükóz transzporterek számát.
- Ez a hatás a mozgás után órákig fennáll.

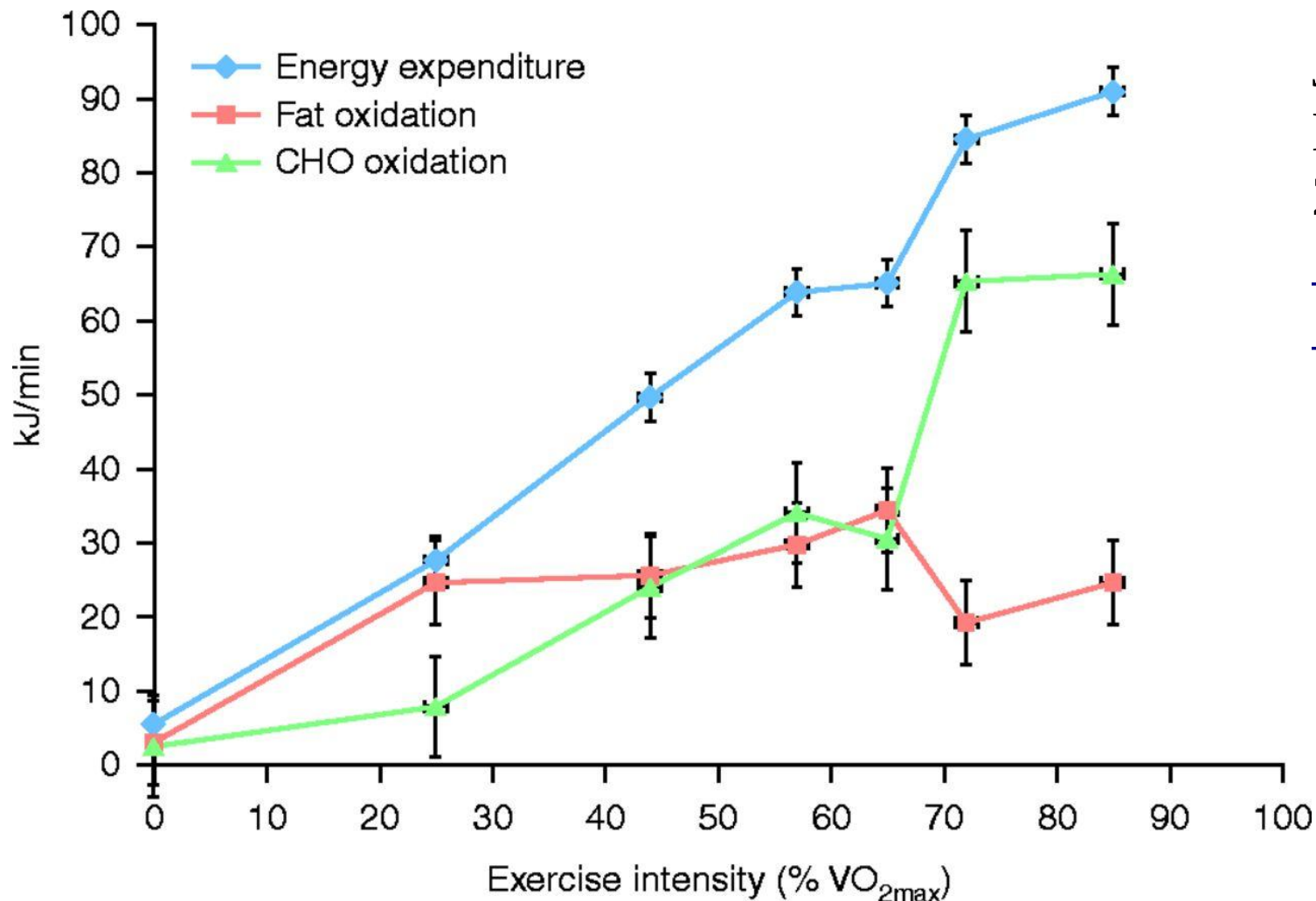
# Glikogén- és zsírraktárak felhasználása különböző típusú izommunka során



Glikogénfelhasználás

Zsír felhasználás mérése nehéz.

Izotópos mérések alapján alacsony és közepes intenzitású mozgás során magasabb a zsír felhasználás, mint erőteljesebb intenzitásnál.



Journal of  
Endocrinology  
224, 2;  
[10.1530/JOE-14-0408](https://doi.org/10.1530/JOE-14-0408)

## **Mozgás endokrin rendszerre gyakorolt hatása**

*Adrenalin, noradrenalin felszabadulás:*

mozgás intenzitásával együtt nő

edzettség csökkenti egy adott aktivitási szint kialakulásához szükséges adrenalin emelkedést.

Edzett embereknél a maximális teljesítmény eléréséhez magasabb adrenalin szint kapcsolódik mint nem edzett embereknél (viszont a maximális teljesítményük is nagyobb)

*Nemi hormonok felszabadulása: (Atlétáknál végzett vizsgálat eredményei)*

Tesztoszteron szerepe (férfiakban):

funkciói izomban: izomtömeg, izomerősség kialakítása, fenntartása, versenyzéshez fontos agresszió kialakítása, izomban  $\text{Ca}^{2+}$  csatornák mennyisége nő

funkciói gerincvelőben: a motoneuronok sejtteste, dendrithossza tesztoszteron hatására nő.

A neuromusculáris szinapszisban az ingerületátvitel hatékonysága nő a  $\text{Ca}^{2+}$  beáramlás növekedése következtében.

Mozgás növeli a tesztoszteron szintet, de például hosszútávfutóknál csökkent tesztoszteron szintet találtak.

Általánosan érvényes, hogy azoknál a sportoknál, ahol az energiabevitel korlátozva van, vagy sokszor lép fel energiahányos állapot ott a HPG tengely (hiptalamusz – hipofízis – GnRH) működése csökken, fertilitás csökken és nőknél menstruáció zavarok, akár a menstruáció elmaradása is fellép.

Cano Sokoloff, N., Misra, M., & Ackerman, K. E. (2016). Exercise, Training, and the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axis in Men and Women. *Frontiers of hormone research*, 47, 27–43. <https://doi.org/10.1159/000445154>

## Mozgás idegrendszeri hatásai

Már az ókori görögök is (Herophilus c335–c280 B.C.) hangoztatták, hogy a megfelelő agyműködéshez fizikai aktivitásra és egészséges étkezésre van szükség.

Ennek a molekuláris és sejtszintű magyarázatát manapság kezdik feltárni. Ezek alapján egyre többet halljuk, hogy a fizikai aktivitás hatékony gyógyszer az ülő életmód és stressz egészségkárosító hatásainak.

Evolúciósan a mozgás és hatékony kognitív aktivitás együttesen biztosította az emberi faj túlélését (élelemszerzés, menekülés, alkalmazkodás új környezethez). Emiatt a fizikai aktivitás nagyban formálta testfelépítésünket, és idegrendszerünket is.

Mai ember nagy agyvelővel és remek állóképességgel rendelkezik. Az emberi evolúció során az agykapacitás és az aerobik kapacitás (fizikai aktivitás alatti maximális  $O_2$  felvételben  $VO_2_{max}$  kifejezve) együtt nőtt.

Kültakaró is igazodott a jó állóképesség és nagy aerobok kapacitáshoz: szőr nélküli bőr hatékony verejtékezést tesz lehetővé, ereken nagymértékű vazodilatátoros hatású NO felszabadulás alakult ki.

## *Endorfin termelés növelése*

Endorfinokat a hipotalamusz és a hipofízis szintetizálja elsődlegesen, de más szervek is képesek rá.

Segítenek megbirkózni a stresszel és fájdalommal.

Magas szintjük eufóriát okoz.

Ópiát receptorokon hatnak (ópiátokhoz hasonló, de kevésbé erőteljes hatásúak)

Élettani hatásukat a stresszhormonok és immunsejtek szintjének befolyásolásával illetve a fájdalomérzet blokkolásával váltják ki.

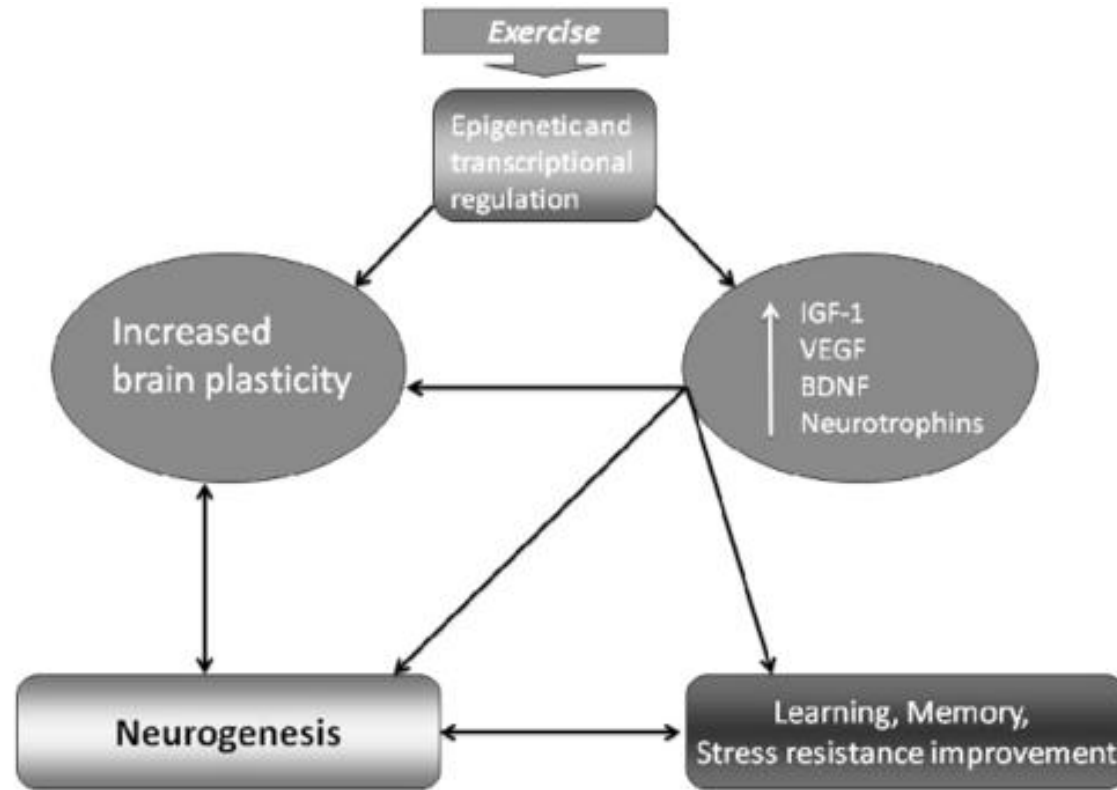
Endorfin termelést elősegítő tényezők:

Mozgás, jóga, meditáció, fűszeres ételek (kapszaicin), segítség - jótékonyság, 70%-os kakaó tartalmú csokoládé, nevetés



## Testmozgás hatása az idegrendszerre:

Állatkísérletek	Humán eredmények
Hippocampusban neocortexben: új neuronok, szinapszisok és gliasejtek	Szürkeállomány növekedése frontális és hippocampalis régióban
Hippocampusban, neocortexben, kisagyban új erek	Vérátáramlás növekedése
Acetilkinin, szerotonin és noradrenalin rendszer modulációja	Neurotrofinok és növekedési faktorok szintje nő
Anyai motoros aktivitás utódokra is kedvezően hat.	Módosult neuronális hálózatok
	Jobb iskolai előmenetel
	Jobb kognitív képességek



Modell amely magyarázza a fizikai aktivitás kedvező hatásait az agyi aktivitásra:

A testmozgás transzkripción és epigenetikus hatásokon keresztül hat. Növeli az agyi plaszticitást és elősegíti új neuronok képződését.

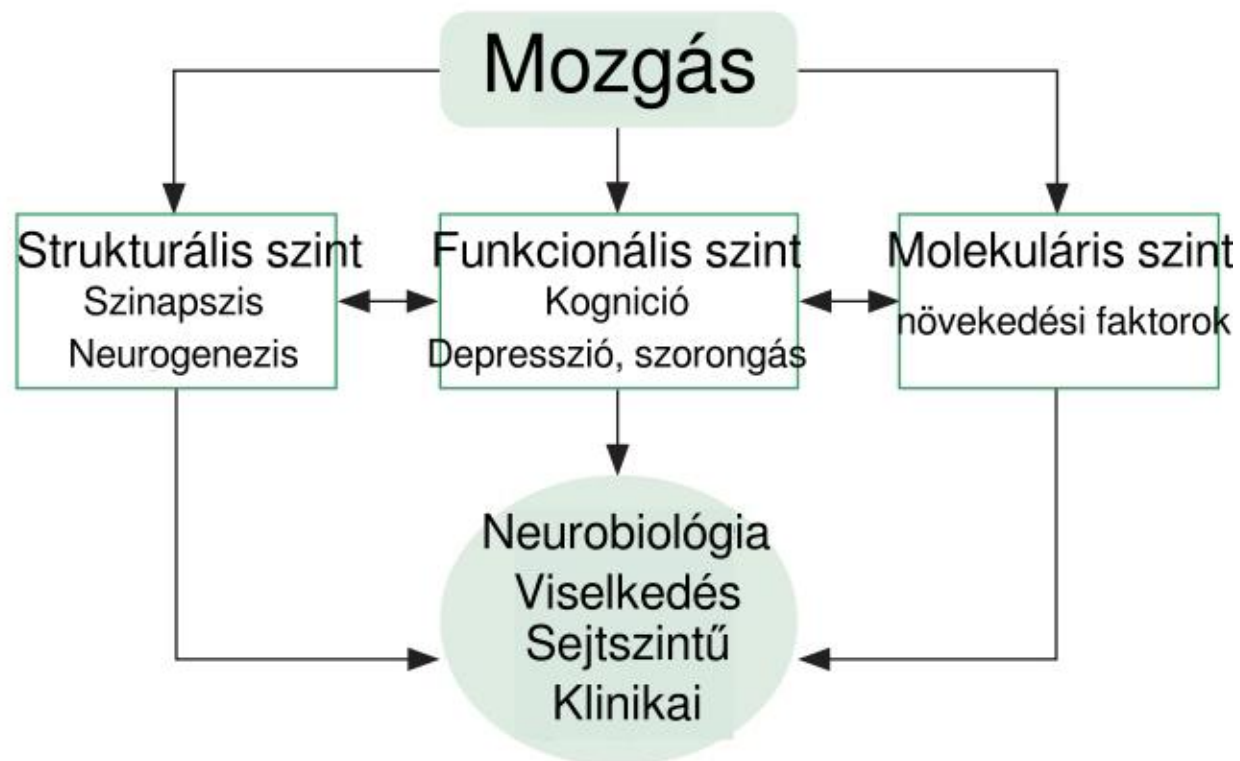
Növeli IGF-1: Insulin-szerű növekedési faktor; VEGF: Vaskuláris endotelialis növekedési faktor; BDNF: agyi neurotrofikus faktor.

Mozgás idegrendszeri hatásának 3 szintje:

Strukturális szint: szinapszisokra és neurogenesisre hat.

Funkcionális szint: javítja a kognitív képességeket. Csökkenti a szorongást és a depresszió kialakulását.

Molekuláris szint: növekedési faktorok termelését segíti elő.



## **Fizikai aktivitás hatása a microRNS készletre**

microRNS: olyan nem kódoló RNS-ek amelyek a citoplazma mRNS-eivel hibridizálódva azokat elnémítják, élettartamukat megváltoztatják.

Fizikai aktivitás hatására megváltozó microRNS családok:

MiR-200 család: posztnatális neurogenesis, neuronális differenciáció és plaszticitás regulációja, neuroprotektív hatás.

MiR-21 és miR-34a: agyi traumatikus hatások és életkor kognícióra gyakorolt hatása ellensúlyozható modulációjukkal.

## **Laktát**

Oxigénhiányos környezetben tápanyagként szolgál az idegsejtek számára. Segíti az agyi érgenezist. Idegsejtek receptorainak egy része köt laktátot (A<sub>1</sub>, GABA<sub>B</sub>, alfa<sub>2</sub> adrenerg receptor)

## **Myokinek:**

A harántcsíkolt izom ugyanúgy posztmitotikus sejtekből áll mint az idegrendszer (nem osztódó sejtek) és jellemző rá a plaszticitás, amely során a miofibrilláris proteinek,  $\text{Ca}^{2+}$  háztartás, mitokondriumok is változnak.

A myokinek citokinek vagy proteoglikánok, izomkontrakció hatására szabadulnak fel és az izomszövet átépülését szabályozzák. Az izomaktivitás alatti génkifejeződés változás egyik fontos regulátora az izomaktivitás alatti  $\text{Ca}^{2+}$  szint fluktuáció.

Keringésbe kerülve egyéb szövetekre is hatnak:

idegrendszer ( fizikai aktivitás érhálózatra neurogenezisre gyakorolt hatását ezzel magyarázhatjuk)

zsírszövet, máj, hasnyálmirigy: glükózanyagcserére, inzulintermelésre gyakorolt hatások  
csontozat

## **Memória javítása**

Aerob testmozgás hat a hippocampusra.

Azon kevés helyek egyike az idegrendszerben ahol van sejtosztódás felnőtt korban.

Fittség növekedésével együtt új sejtek keletkeznek.

Mozgás pozitívan hat a memóriára és tanulási képességre.

Hosszú távú memória kialakítására pozitívan hat a mozgás (memóriatartalom formálása közben kell mérsékelt erősségű/stressz szint alatti mozgást végezni).

## **Koncentráció**

Feladatok közötti 20 perc aerobik-stílusú mozgás segíti a koncentrációt, fókuszálást.

10 perc ügyességet – koordinációt igénylő feladat növeli a koncentrációt.

Iskola utáni délutáni sportaktivitás:

- növeli a koncentrációs képességet
- jobban tudják ignorálni a zavaró hatásokat,
- jobbak multi-tasking-ban
- könnyebben jegyezték meg a kapott instrukciókat
- könnyebben dolgozták fel a kapott információt

Kreativitás növelése:

20 perc séta “szárnyakat ad” a kreatív ötleteknek

Fizikai aktivitás hatása a gyerekek kognitív képességeire, idegrendszerére:

5-13 éves gyerekek vizsgálatánál úgy találták, hogy a fizikai aktivitás növeli azoknak az agyterületeknek a méretét, amelyek a komplex kognitív működéssel kapcsolatosak.

Annak ellenére, hogy a fizikai aktivitás szükséges az agy fejlődéséhez a jelenlegi eredmények az akadémiai előmenetellel ellentmondásos kapcsolatot találtak, legvalószínűbb, hogy az akadémiai előmenetelt nem befolyásolja.



## **Időskori kognitív leépülés késleltetése:**

Heti 1-2 óra fizikai aktivitás különösen társaságban kognitív képességek megtartásában nagyon fontos.

Olyan aktivitásoknál is kimutatható a kognitív képességekre gyakorolt hatás, amelyeknél a fittség nem változik jelentősen.

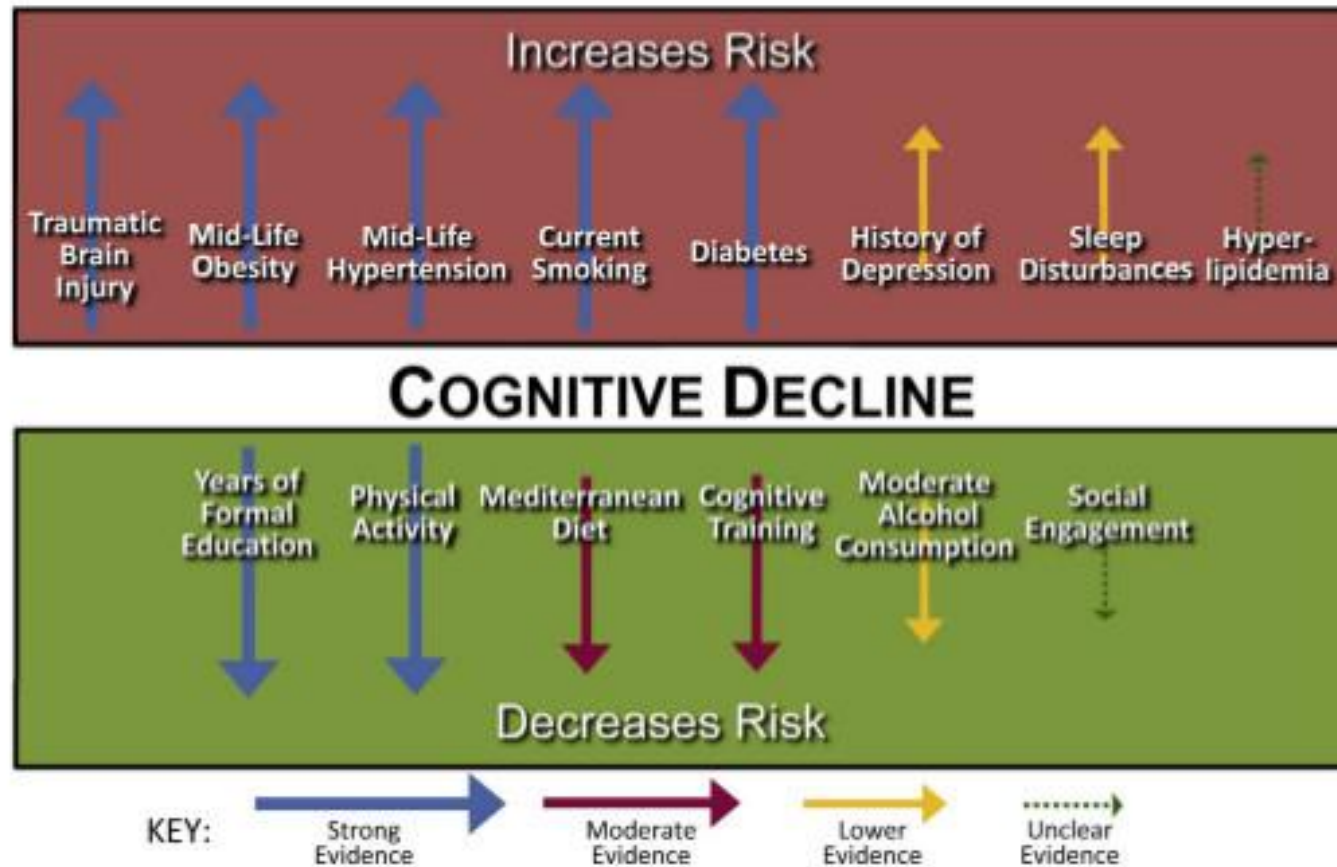


Fig. 1. Strength of evidence on risk factors for cognitive decline.

Kognitív leépülés rizikófaktorai: fejsérülések, kövérség, magas vérnyomás, cukorbetegség, dohányzás

Védőfaktorok: iskolázottság, fizikai aktivitás, mediterrán diéta, kognitív feladatok

Fizikai aktivitás és koplalás hatásai hasonlóan kedvezőek.

**Exercise**

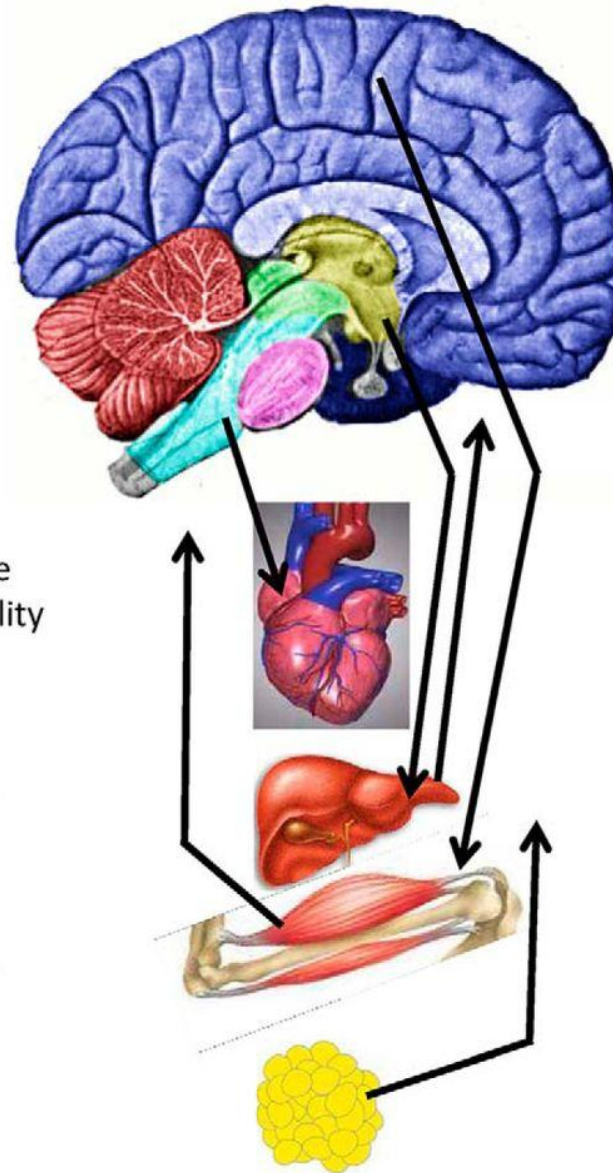
Neurogenesis  
 Synaptogenesis  
 Synaptic plasticity  
 Cognitive function  
 Motor function  
 DNA repair  
 Mitochondrial biogenesis  
 Reduced inflammation

Decreased resting heart rate  
 Increased heart rate variability  
 Decreased blood pressure

Increased insulin sensitivity  
 Ketone body production

Increased insulin sensitivity

Fatty acid mobilization  
 Reduced inflammation



**Intermittent Fasting**

Neurogenesis  
 Synaptogenesis  
 Synaptic plasticity  
 Cognitive function  
 Motor function  
 Reduced inflammation  
 Enhanced autophagy

Decreased resting heart rate  
 Increased heart rate variability  
 Decreased blood pressure

Increased insulin sensitivity  
 Ketone body production

Increased insulin sensitivity

Fatty acid mobilization  
 Reduced inflammation

Praag et al. Journal of Neuroscience 2014, 34:15139-15149; DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2814-14.2014>