

## A pulzáló EMF stimuláció gerontokineziológiai alkalmazása és a passzív testedzés jelentősége időskorban

The application of pulsed EMF stimulation in gerontokinesiology and the role of passive exercises in the elderly

Prof. Dr. Nyakas Csaba, emeritus<sup>1,2</sup>, Téglás Tímea, PhD hallgató<sup>2</sup>,  
Dr. Dörnyei Gabriella, főiskolai tanár<sup>1</sup>, Prof. Dr. Bretz Károly, h.c.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Morfológiai és Fiziológiai Tanszék, Egészségtudományi Kar, Semmelweis Egyetem, Budapest

<sup>2</sup> Molekuláris Edzésélettani Kutató Központ, Testnevelési Egyetem, Budapest

<sup>3</sup> Kineziológia Tanszék, Testnevelési Egyetem, Budapest

### Összefoglalás

Az elektromágneses tér (EMF) ingerlés az élő szervezet minden szintjén, beleértve még az atomokat is, bioenergetikai változásokat generál, melyek számos jótékony hatást váltanak ki. Alkalmazásuk az egészség megőrzésében és a gyógyításban folyamatosan fejlődik, de még további kutató munkát is igényel. Az idősödés élettudománya a gerontológiában kapcsolható a mozgástudományhoz, mely a gerontokineziológia sajátosságait vizsgálja. Ha a mozgás oldaláról közelítjük meg az egészséges idősödés és az elvárható életminőség biztosítását, csökkenteni vagy mérsékelni szükséges az idősödéssel járó mozgás leépülést. Ennek passzív testedzés formái is léteznek, melyek közül az egyik az EMF expozícióra épülő testedzés. Az EMF kezelések célja lehet az idősödéssel együtt járó izomatrófia, a gyakori esések és következményes törések, a kogníció-tudat-érzelmi világ leépülése, és végső soron az önellátás jelentős romlásának részleges vagy teljes prevenciója. A jelen közlemény, általános szempontok mellett, példaként az esések megelőzése irányába tesz lépéseket az EMF kezelésnek a térd extenziós erőkétféltre gyakorolt hatásának mérésével idős egyéneken. Egyszeri 10 perces kezelés mind az EMF stimulált láb, mind a kontroll, nem stimulált lábon növelte a térd extenziós erő nagyságát, tehát a kezelés hatása nemcsak lokális, de generalizált is. A kezelés hatáserevése fordítottan korrelált a BMI nagyságával, ami a kezelés technikai részleteinek fontosságát és további felderítését vetítette előre.

### Summary

Electromagnetic field (EMF) stimulation exerts an impact at all levels of the living organism, including

even atoms, generates bioenergy changes that trigger a number of beneficial biological effects and can be implemented as a passive exercise. Their use in health care and healing is constantly evolving, but still requires more research and development regarding the details of its mechanism of action. By approaching from the side of the gerontokinesiology to ensure healthy aging and the expected quality of life, it is necessary to reduce or moderate the aging-related movement decline. EMF treatments can target for aging-associated sarcopenia, frequent falls and fractures, cognitive decline, deterioration in self-maintenance, in order to ensure partial or complete prevention and rehabilitation. As an example, this paper deals with the prevention approaching falls by measuring the effect of EMF stimulation on the force of knee-extensor muscles in elderly individuals. One-time 10-minute treatment, at both of the EMF stimulated leg and the control one, increased the knee-extensor force, so the effect of treatment is not only local but also exerts generalized effects on muscles of the leg. The strength of the treatment was inversely correlated with the magnitude of BMI, suggesting the importance to consider the technical details of the treatment.

### Bevezetés

Az élet előrehaladott szakaszában mind az aktív, mind a passzív testedzés jelentős terápiás beavatkozás a fizikai és mentális teljesítmény fenntartására. A prevenció célok mellett természetesen a rehabilitációs és rehabilitációs szempontok is irányadóak, különös tekintettel az idősödés során kifejlődő patológiai változásokra, melyek a mozgás szervek és az idegrendszer összefonódó kapcsos-

latait is érinti [1]. A jelen közlemény célja azon törekvések rövid összefoglalása, melyek a mozgás oldaláról közelítik meg az egészséges idősödés és az elvárható életminőség biztosítását, és távlatokat jeleznek az adekvát kutatások kiszélesítéséhez. Ezek között kiemelhető, hogy csökkenteni vagy mérsékelni szükséges az idősődéssel járó mozgás leépülést, mint amilyenek pl. az izomatrófia (sarcopenia) progressziója, az elesés és törések következményes veszélye, az inaktivitással asszociálható csökkenő kognitív teljesítmény, és a mindennapi tevékenység ellátásának (az önellátásnak) jelentős romlása, hogy csak pár kiemelt a gerontokineziológiai megközelítést is igénylő egészség-megőrző és -javító feladatot említsünk.

Az aktív testedzés formái már terjednek és ismertek, de ennek gyakran gátat szabnak az idősek mozgásszervi korlátai, mely ilyenformán igényli a passzív típusú testedzést is. A mozgáskorlátozottság természetesen nemcsak az idősekkel fordulhat elő, hanem valamennyi életkorban, így pl. a sportban is jelentős egészségügyi probléma lehet a sérülések után. A passzív testedzés olyan biofizikai folyamatokra építhető, mint pl. az elektromágneses tér (EMF - electromagnetic field) ingerlés, vagy a mechanikus vibráció, de elektromágneses sugárzásra épül a gyógyító lézer vagy a fényterápia is és még tovább sorolhatóak a bionikai és biofizikai technológiai lehetőségek, melyek fejlődése része a műszeres-eszközös kezeléseknak. A fizikai típusú

külső ingerek celluláris és szervi hatásainak megismerése alapját képezi a passzív testedzés biológiai és élettani hatásainak feltárására, és ebben fontos szerepet játszanak a transzlációs állatkísérletek is. A humán vizsgálatokat tehát kiegészítik az állatkísérletek, pl. az idős rágcsálókön végzett kísérletek [2]. A transzlációs kísérleti megközelítés teszi lehetővé a passzív testedzés típusok celluláris és molekuláris hatásmechanizmusának feltárását [2-4], míg a humán vizsgálatok a közvetlen gyakorlati alkalmazhatóságra mutatnak rá elsősorban.

A jelen közleményben az EMF stimulációs kezelés, mint passzív testedzés, alkalmazására hozunk humán vizsgálati példát, mely segítheti az elesések megelőzését idős korban a térd extenzor izmok erősítése révén. Az EMF stimulációs kezeléseket széles körben alkalmazottak a humán gyógyászatban a csontváz-izomrendszeri rendellenességek gyógyításától az autoimmun betegségekig, mint pl. a sclerosis multiplex kezeléséig [5], mely az idegrendszerre és az izomzatra kiterjedő betegség, tehát közel áll a neuromusculáris terápiához.

#### Módszerek

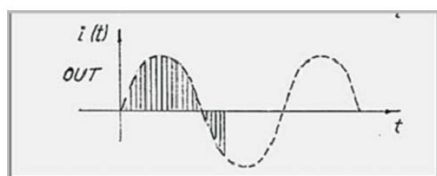
A vizsgálatok orvosi felügyelet és az idősothton saját gyógytornászának jelenlétében történt 33 személy részvételével (22 nő és 11 férfi) az egyik budapesti idősothtonban. A résztvevők részletes tájékoztatást kaptak a vizsgálatok menetéről és valamennyien önkéntes írásos beleegyezést adtak

Változók	N	Átlag	Min	Max	SD
életkor (év)	33	80.9	68	94	6.36
testsúly (kg)	33	70.9	40	104	14.9
testmagasság (cm)	33	162	148	182	9.39
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	33	26.5	18.3	34.6	4.82
BP szisztolés (Hgmm)	33	135.5	122	181	13.6
BP diasztolés (Hgmm)	33	78.2	65	95	8.50
Pulzusszám (min)	32	77,2	60	117	11,8
Hb O <sub>2</sub> (%)	32	95,2	85	99	2,94
<b>Erőmérés a végtagokon</b>					
domináns kéz szorító erő (N)	24	259	112	542	96,3
n. domináns kéz szorító erő (N)	24	238	114	354	67,5
domináns láb térd extenzor erő (N)	27	163	86	273	60,3
n. domináns láb térd extenzor erő (N)	27	156	61	272	54,1

Rövidítések: BMI: testtömeg index, BP: vérnyomás, HB O<sub>2</sub>: oxigenált hemoglobin, N: erő Newtonban kifejezve

1. táblázat: Tájékoztató alap egészségügyi adatok a vizsgált idősothtoni populációról

vizsgálatokhoz. A vizsgált személyek között előrehaladott mozgásszervi és neurológiai betegek nem voltak. Az általános egészségi állapotra utaló vizsgálatok (alap vizsgálatok, lásd 1. táblázat) az életkornak megfelelő, krónikus betegségek nélküli, lényegében egészséges vizsgálati csoportot definiáltak. Az 'alap vizsgálatok' elvégzése után került sor az EMF stimuláció a térdízület izmokra kifejtett hatásvizsgálatára. Az EMF kezelésre a Santerra Sanza System (Piding, Germany) készüléket használtuk, ami már több mint egy évtizede elérhető a magyar piacon és széles körben alkalmazzák különböző megbetegedések kezelésében. A comb izmait ingereltük a Sanza készülék Helmholz adapterével, melynek két 10 cm-es átmérőjű elektród tányérja oldalról fogta össze az izmokat a comb közepén. A készülék vezérlő áramköre vivő frekvenciát generál, ami négyszögimpulzus és a frekvencia értéke az EMG spektrumában van (200 Hz), míg a bipoláris un. burkoló frekvencia az EEG spektrum különböző frekvenciáit állítja elő (1. ábra). A jelen vizsgálatban a 20 Hz  $\beta$  frekvenciájú stimuláció került előtérbe, ami a sejtek anyagcseréjének fokozását idézi elő az agyban és általában az idegszövetben. Nagy valószínűséggel mind az izom, mind az agy sejtjeinek működése fokozódott az EMF ingerlés által, tehát kifejezetten egy neuromusculáris kezelési típusról van szó.



1. ábra

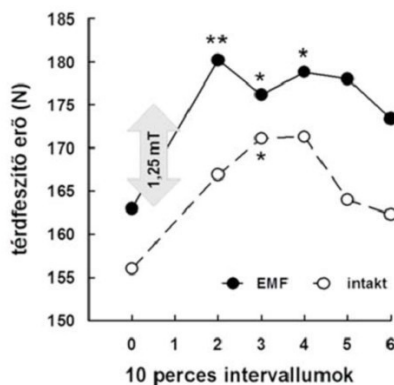
A jelen ábrán bemutatott és a kísérletben alkalmazott EMF kimenő jel paraméterei: a szinuszos alakú burkoló görbe megfelel az EEG spektrumnak, a jelen vizsgálatban ez 20 Hz volt. A nagyobb frekvenciájú (200 Hz) négyszögimpulzus (a szinuszos görbe alatt) viszont az EMG tartományba tartozik. Az ábra szabadalmi leírásból származik [6] és mintegy példaként szemlélteti a bionikai megközelítés egzaktágának lehetőségét is. Rövidítések: out – kimeneti jel,  $i(t)$  – intenzitás (tesla),  $t$  – idő

A térdízület izmok erejét mértük izometrikusan Dyna 18 kétsatornás erőmérővel az EMF stimuláció előtt 2 alkalommal (nyugalmi értékek, melyeket átlagoltunk a számításokhoz), majd a 10 perces 1,25 mT erősségű EMF stimulációt követően 5 alkalom-

mal 10 percenként (posztstimulációs időperiódusok). A Dyna készülékkel mértük a kezek szorító erejét is az általános erőnléti állapot szemléltetése céljából. Az izomerőt Newtonban (N) adtuk meg. A kapott adatok statisztikai analizisét a Statistika 13.2 programmal végeztük el.

### Eredmények

Az idősothon lakóira jellemző egészségügyi alap adatokat az 1. táblázat foglalja össze. Megemlíthető, hogy az adatok idősothonokként változnak, és így jellemzőek az adott kollektívára, ami szociális szempontból is irányadó lehet a további vizsgálatokhoz. Az alapadatok szerint lehetőség adódik a kísérletbe történő beválasztási vagy kizárási döntés alkalmazására is. A táblázatban található adatok arra utalnak, hogy a vizsgált csoport egészsége meglehetősen kiegyensúlyozott volt; megjegyezhető, hogy a lakók túlnyomó többsége rendelkezett felsőfokú képzettséggel is. Az idős korcsoportokban az egyéni variabilitás kifejezett, így a korrelációs számítások előnyösen alkalmazhatók az egyéni egészségi állapot jellemzésére. A jelen munkában a BMI-t használtuk fel az EMF kezelés hatékonyságának elemzésében példaként az egyéni variabilitás jellemzésére.



2. ábra

A térdízület izmok izometrikus erőfejlesztése, Newtonban (N) mérve, növekszik elektromágneses tér (EMF) ingerlés hatására idős egyéneken ( $n=24$ ). Az EMF ingerlést a domináns láb (döntő többségében a jobb láb) combizomzata kapta (EMF: 1,25 mT, 10 perc; lásd kettős nyíl), míg a szubdomináns láb nem kapott közvetlen stimulációt (intakt csoport az ábrán). A 0' perces kiindulási időpontban a két kontroll alap mérés átlaga szerepel. \* $p<0,05$ ; \*\* $p<0,01$  vs. 0' perces alap érték.

Az EMF ingerlést többek között a térd extenzor izmok erőfejlesztésének vizsgálatára használtuk, mely kísérlet itt bemutatásra került. A 2. ábra demonstrálja, hogy az EMF ingerlés fokozta a térdfeszítő izmok erejét mind az ingerelt, mind a nem ingerelt lábon. Tehát, bár a perifériás EMF stimuláció csak az egyik lábat érintette, az egész szervezet, valószínűleg komplex agyi integráló mechanizmus révén, fokozta az izomerőt a másik lábban is. Az izomerő növekedés 40 perc után csökkent, de nem érte el a kiindulási értéket egyik lábon sem. Az izomerő növekedés az ingerelt lábon valamivel kifejezettebb volt, mivel az erőgörbék alatti terület 30%-al nagyobb volt ezen a végtagon, mint a kontroll végtagon:  $62,8 \pm 9,91$  N vs.  $43,9 \pm 12,8$  N;  $t=1,99$ ;  $p<0,05$ ; tehát a különbség statisztikailag is megerősíthető.

Az EMF ingerlésre adott válaszok nagysága egyenként jelentősen eltért, ami jellemző az időskori korcsoportokra általánosságban is. A comb keresztmetszet változik a BMI-vel, így korreláció számítás végeztünk a BMI és az EMF térdfeszítő erőhatás értéke között, ami szignifikáns negatív korrelációt eredményezett:  $r=-0,539$ ;  $p=0,007$ , ami azt mutatta, hogy minél nagyobb a BMI annál kisebb az erőhatás. Ez az összefüggés felhívja a figyelmet az alkalmazott fizikai beavatkozások mennyiségi definiálásának fontosságára is, pl. a testrészek méretkülönbségeinek jelentős eltérései miatt, ami az elektromágneses térerő nagyságát befolyásolja.

### Megbeszélés

Az izomtömeg és az izomerő és így a mozgásképeség csökken időskorban [7, 8, többek között], melynek alapján, ha a mértéke eléri egy kritikus szintet a gyógyításnak és a társadalmi komplex prevenciónak illik beavatkozni nemcsak a rehabilitáció, de a prehabilitáció szintjén is, mely nyilvánvalóan fedésben van a prevencióval. Ez a feladat szoros interface az egészségmegőrzés és az orvosi kezelés között. A musculoskeletáris leépülés fokozza az osteoporosist is [7], ami tovább növeli a csonttörések kockázatát. Az elesések és főleg a törések megelőzésére európai hálózat is létrejött [8], mely kapcsolatban áll az MGGT-vel. Ehhez a témához, az elesések megelőzéséhez, kapcsolódik az Idősgyógyászat egyik korábbi cikke is Székács és Martony összefoglalásában [9].

A jelen vizsgálat bemutatása tehát az elesések és törések gerontokineziológiai aspektusait helyezi a figyelem középpontjába és támogatja azt a törekvést, hogy a passzív testedzés, pl. EMF stimulációs technikával, segítheti a prevenció törekvéseit. Tekintettel arra, hogy az egyszeri kezelés csak rövid idejű változást hoz létre, természetesen a krónikus

kezelés hatása áll a terápia középpontjában, mely technika és kezelés kidolgozásra vár.

Az eredmények rámutatnak arra is, hogy a BMI, illetve a testméret szerepet játszik az EMF kezelés hatékonyságában. Az EMF térerősséget adekvát képlet segítségével lehet meghatározni (lásd a 3. ábrát). Az ábra értelmezéséhez megemlíthető, hogy a mágneses térerősség (H) nagysága függ az áramerősségtől (I), a mágneses térerőt generáló tekercs sugartól (R) és a stimulált szövet az R tekercstől mért távolságától, ami a Z érték. Ezen paraméterek közül csak a Z változik attól függően, hogy milyen széles a besugárzott testrész, márpedig a BMI növekedésével a comb átmérője nő, tehát a Z érték is nő. Mivel a Z a nevezőben van és két lépésben is hatványozódik (lásd a kitevőket) a mágneses térerősség (H) hatványozottan csökken a Z érték növekedésével. Így az EMF kezelés hatékonysága egyénekre vonatkozó egységesítéséhez további eljárások kidolgozása szükséges.

$$H = \frac{I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + Z^2)^{3/2}}$$

3. ábra

A mágneses térerősség nagysága (H) számos változótól függ. Az I és az R értékek állandóak, csak a Z érték változik a comb vastagságának változásával. A nevezőben lévő Z érték, a stimulált szövet vastagsága, a BMI nagyságával nő, mivel a Z érték a stimuláló tekercs és az ingerelt terület távolságát jelenti. A Z érték a hatványaival együtt jelentősen csökkenti a mágneses térerősséget, a H értéket. Rövidítések: H-mágneses térerősség, I-áram (itt a jelentése vezetékáram x menetszám), R-tekercs sugara, Z-a stimulált szövet (izom, stb.) távolsága az R tekercstől.

Ebben a konkrét esetben az is felmerül, hogy a zsírszövet/izom szövet arány befolyásolja-e az EMF kezelés hatékonyságát? Testösszetétel mérés igényei is felmerülhet az értékeléshez. Továbbá a vizsgálatok során el lehet jutni a szöveti anyagcsere jelentőségéhez is, melyre a transzlációs állatkísérletek adhatnak először választ, és így ez a kérdés további kutatásokat igényel. Itt megemlíthető, hogy az EMF stimuláció csökkenti a diabeteses tüneteket is, tehát az anyagcserét is befolyásolja. Az elektromágneses tér (EMF) ingerlés az élő szervezet minden szintjén, beleértve még az atomokat is, bioenergetikai változásokat generál, melyek számos jótékony hatást váltanak ki a szervezetben.

Ezek a hatások kiterjednek a csontváz-izom rendszerre, az idegrendszerre beleértve az alvást is, az immun folyamatokra, fájdalomra, stb. A pulzáló EMF stimuláció befolyásolja a membrán polarizációt, szubmolekuláris szinten aktiválja az atomokat, növeli a vér oxigén telítettségét és így a szövetek O<sub>2</sub> ellátását, elősegíti a sejt regenerációt, stabilizálja az organikus rendszerek komponenseit a sejtek anyagcseréjében [12, 13]. Az eredmények azt is érzékeltetik, hogy az eszközös, bionikai jellegű kezelési módszerek fiziológiai és terápiás hatásának értékelése igényli az élettani és klinikopatológiai hatásmechanizmusok feltárását.

E kutatási irányban kiemelendő a gerontológiára jellemző fokozott individuális variabilitás figyelembe vétele is. Az elektromagnetikai Maxwell egyenletek segítségével értelmezhetők a fizikai és biokémiai folyamatok és a kölcsönhatásuk a biológiai rendszerekben [14], melyek figyelembe vétele is támogatja az említett kutatási törekvéseket.

#### Nyilatkozatok

Tudományos támogatások: (1) Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) K116511, (2) Nemzeti Bionika Program\_ED\_17-1-2017-0009

#### Irodalom

1. Nyakas Cs. (2016) Gerontokineziológia és az egészséges öregedés. Magyar Sporttudományi Füzetek – XIV: Sokszínű Sporttudomány, Magyar Sporttudományi Szemle különszám, 2016; 9-23 old.
2. Téglás T, Dörnyei G, Bretz K, Nyakas C. Whole-body pulsed EMF stimulation improves cognitive and psychomotor activity in senescent rats. *Behav Brain Res.* 2018; 349:163-168. doi: 10.1016/j.bbr.2018.04.036.
3. Heesterbeek M, Jentsch M, Roemers P, et al. Whole body vibration improves cognition in healthy young adults. *J Neurol Transl Neurosci* 2014; 9(6): e100506.
4. Keijser JN, van Heuvelen MJG, Nyakas C, et al. Whole body vibration improves attention and motor performance in mice depending on the duration of the whole-body vibration session. *Afr J Tradit Complement Altern Med.* 2017; 14(4):128-134. doi: 10.21010/ajtcam.v14i4.15.
5. Sandyk R. Immediate recovery of cognitive functions and resolution of fatigue by treatment with weak electromagnetic fields in a patient with multiple sclerosis. *Int J Neurosci.* 1997; 90(1-2):59-74.
6. Bretz K, Huber A. Aktive Brückenschaltung für bipolare Stromerregung um periodische Magnetfelder zu erzeugen. Patent Nr. 10 2007 040 063. Deutsches Patent- und Markenamt. München, 2012.
7. Molnár A, Székács B. Izomtömeg, izomerő, mozgásképesség időskori fiziológiás és patológias (szarkopenia) mérvű hanyatlása, a védelem lehetőségei. *Idősgyógyászat* 2017; 2(3):91-95.
8. Curtis E, Litwic A, Cooper C, et al. Determinants of muscle and bone aging. *J Cell Physiol.* 2015; 230(11):2618-25. doi: 10.1002/jcp.25001.
9. Sinaki M. Musculoskeletal challenges of osteoporosis. *Aging (Milano)* 1998; 10(3):249-262.
10. Blain H, Carriere I, Sourial N, et al. Balance and walking speed predict subsequent 8-year mortality independently of current and intermediate events in well-functioning women aged 75 years and older. *J Nutr Health Aging.* 2010; 14(7):595-600.
11. Székács B, Martony Zs. Elesés idős korban. *Epidemiológia, kóreltani háttér és kockázat, ellátás és prevenció.* *Idősgyógyászat* 2017; 2(1):14-19.
12. Stemme O. *Physiologie der Magnetfeldbehandlung: Grundlagen, Wirkungsweise, Anwendungen.* Otto Stemme Verlag, München, 1992.
13. Ebner E. *Pusierende Magnetfeld-Resonanz-Therapie: Maturwissenschaftlich-technische Grundlagen und klinische Nutzung.* Shaker Verlag, Hamburg, 2014.
14. Rehn J, Moessner R. Maxwell electromagnetism as an emergent phenomenon in condensed matter. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2016; 374(2075). doi: 10.1098/rsta.2016.0093.