



**MAGYAR TESTNEVELÉSI
ÉS SPORTTUDOMÁNYI
EGYETEM**

BUDAPEST

Sport- és Egészségtudományi Intézet

Kineziológia Tanszék

**FELADATKOMPLEXITÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ
LATERALITÁS-SPECIFIKUS BIOMARKEREK
DETEKTÁLÁSA A KOGNITÍV HANYATLÁS
MONITOROZÁSÁNAK CÉLJÁBÓL – KUTATÁSI TERV**

Témavezető:

Négyesi János

Társkutatók:

Barabás Csaba

Enyedi Kinga

**Dr. Horváth András
Attila**

Készítette:

Szenczi Johanna

Humánkineziológia szak

MSc

2025.

Budapest

Országos Tudományos Diákköri Konferencia

1. Bevezetés

Előregedő társadalmunk egyik legnagyobb kihívása, hogy bár az élettartam folyamatosan növekszik, az egészséges élettartam nem követi ezt a változást. Az idős korosztály, amely gyakran nem önellátó, és számos esetben állandó felügyeletet igényel, hatalmas teherként nehezedik a családokra és az államra egyaránt. Az időskori megbetegedések, például a demencia, gyakran vezetnek ahhoz, hogy az érintettek képtelenné válnak önálló életvitelük fenntartására. A demencia világszerte több mint 55 millió embert érintett 2019-ben az Egészségügyi Világszervezet (WHO) adatai szerint („Dementia”, WHO, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>). A kognitív funkciók természetes romlása az öregedéssel párhuzamosan, bár nem minden esetben patológiás, gyakran súlyosabb, degeneratív elváltozásokhoz vezethet. Jelenlegi tudásunk szerint a kognitív degenerációs folyamatok nem visszafordíthatók, de a korai beavatkozások segíthetnek a betegség lefolyásának lassításában és enyhítésében. Ehhez elengedhetetlen a betegség korai felismerése és diagnosztizálása. Kutatásunk célja olyan lateralitás-specifikus biomarkerek azonosítása, amelyek a feladat-komplexitás függvényében segíthetik a diagnosztizálást, előre jelezhetik a kognitív hanyatlás mértékét. kutatásunk egyik kiemelt aspektusa, hogy figyelembe veszi az agy két féltékéje közötti strukturális, funkcionális és élettani aszimmetriát, amely különböző neurofiziológiai folyamatokban, például a végtagok finommotoros koordinációjában is megnyilvánul (Serrien, Ivry, és Swinnen. 2006). Korábbi kutatások alapján az aszimmetria mértéke összefüggést mutat a végrehajtott feladatok komplexitásával, azaz a feladat nehézsége befolyásolja, hogy azt a domináns vagy szubdomináns kézzel tudjuk-e pontosabban és gyorsabban elvégezni (Ziemann és Hallett. 2001). A kutatás során azt is feltételezzük, hogy a kognitív hanyatlás hatására a pontosság és a reakcióidő csökkenése csak egy bizonyos komplexitási szint felett lesz mérhető, míg az idegi aktivitás és az agy különböző területei közötti koherencia már az alacsonyabb komplexitási szinteken is szignifikáns eltéréseket mutathat. Ez a különbség egészséges fiatalok, idősek és enyhe kognitív zavarral (Mild Cognitive Impairment, MCI) élő személyek között egyaránt megjelenhet. Eredményeink révén új neurofiziológiai biomarkereket azonosíthatunk, amelyek segíthetnek az egészséges idősek MCI-ra való hajlamának korai predikciójában, valamint hozzájárulhatnak a betegség lateralitás-specifikus háttérmechanizmusának jobb megértéséhez.

1.1 Az előregedő társadalom problémája

Az egészséges élettartam növekedése kulcsfontosságú, mivel az időskori megbetegedések, mint például a demencia, nem csupán az egyén életminőségére gyakorolnak negatív hatást, hanem jelentős társadalmi és gazdasági terhet is rónak a közösségre. Az ápolás nemcsak az intézményi keretek között, hanem családi környezetben is jelentős érzelmi és anyagi megterhelést jelent, különösen olyan országokban, ahol az idősgondozási rendszerek kevésbé fejlettek. A neurodegeneratív megbetegedések jelenlegi tudásunk szerint nem gyógyíthatóak, ám a korai diagnosztizálás, valamint a preventív intervenciók által lassítható a betegség lefolyása („2023 Alzheimer’s Disease Facts and Figures” 2023). A megfelelő biomarkerek azonosítása révén nemcsak a betegségek progressziója, hanem az idősgondozás hatékonysága is javítható.

1.2 A demencia és kognitív hanyatlás

A demencia nem egyetlen betegséget jelöl, hanem több olyan neurodegeneratív megbetegedést foglal magában, amelyek közös jellemzője a kognitív funkciók, például a memória, a figyelem, a problémamegoldás és a nyelvi készségek hanyatlása (Livingston és mtsai. 2020). Az Alzheimer-kór a demencia leggyakoribb típusa, de más, kevésbé ismert formái is léteznek, például a Lewy-testes demencia („2023 Alzheimer’s Disease Facts and Figures” 2023). Az MCI egy átmeneti állapotnak tekinthető, amely során a kognitív hanyatlás már jelentkezik, de az érintett személyek még nem veszítik el önállóságukat (Petersen 2004). Az MCI az öregedéssel járó természetes kognitív hanyatlás és a demencia közötti átmenet mely sok esetben Alzheimer-kórrá súlyosbodik (Gauthier és mtsai. 2006). Az agyban zajló neurodegeneratív megbetegedések nemcsak kognitív hanyatlást eredményeznek, hanem az idegi hálózatok közötti kommunikációra is negatív hatással vannak, az agyféltekék funkcionális aszimmetriájára és a finommotoros koordinációra is kihathatnak (Cabeza. 2002). A demencia hivatalos diagnosztikus kritériuma a gerincvelői folyadékból vett mintában megfigyelt kóros fehérjék felszaporodása. Ennek megállapítása egy invazív eljárás keretein belül történik mely igen költséges is, azon kívül, hogy a páciensnek kevésbé kellemes. Egy 2023-ban publikált kutatásban összehasonlítottak a többféle diagnosztikai módszert többek között az általánosan elismert gerincvelői folyadékban megfigyelt fehérje felszaporodás és EEG adatok paramétereiben megfigyelt eltérések általi diagnosztizációt. A vizsgálat eredményei azt demonstrálják, hogy az EEG adatok alapján is elkülöníthetők egymástól a különböző neurodegeneratív megbetegedések, mint például az MCI és az Alzheimer 75-80%-os pontossággal (Jiao és mtsai. 2023).

1.3 Lateralitás és aszimmetria

A lateralitás, vagyis az agyféltekék közötti specializáció, egyedülállóan befolyásolja az emberi mozgást és kogníciót. Például a bal agyfélteke általában a nyelvi feldolgozásért és a logikai gondolkodásért felelős, míg a jobb agyfélteke a térbeli feldolgozásban és az érzelmi szabályozásban játszik nagyobb szerepet (Toga és Thompson. 2003). Az agyfélteki lateralitást többféle módon vizsgálták már Ezek a strukturális, funkcionális és élettani különbségek hatással vannak arra, hogy egy adott feladat elvégzésekor melyik agyfélteke dominál, és hogyan jelenik meg az aszimmetria a finommotoros teljesítményben. A kutatások alapján a bal agyfélteke főként a nyelvi feldolgozásért és a logikai, analitikus gondolkodásért felelős, míg a jobb agyfélteke szerepe elsősorban a térbeli feldolgozásban és az érzelmi szabályozásban nyilvánul meg (Davis és Dean. 2005).

1.4 Agyfélteki aszimmetria és feladatkomplexitás

Az agyfélteki aszimmetria kifejezi azt a jelenséget, hogy az egyes feladatok elvégzésekor az egyik agyfélteke dominanciáját figyelhetjük meg, míg a másik félteke kiegészítő szerepet játszik. Korábbi kutatások szerint a feladatok bonyolultsága és az aszimmetria mértéke között szoros összefüggés mutatható ki: egyszerűbb feladatok esetén az agy általában az adott feladat végrehajtásához szükséges minimális féltekét aktiválja, míg a komplexebb feladatok esetén mindkét agyfélteke közötti együttműködés fokozódik, és az agy szimmetrikusabb aktivitást mutat. Ez az aszimmetria a finommotoros koordinációban is megjelenhet, például a jobbkezesek és balkezesek közötti különbségekben, amikor a feladat végrehajtásakor a domináns kéz különböző idegi és motoros mechanizmusokat aktiválhat a feladatok bonyolultságától függően (Ziemann és Hallett. 2001). Egy 2022-ben publikált kutatásban melyben a feladatkomplexitás és a kézdominancia összefüggését vizsgálták arra az eredményre jutottak, hogy a feladatkomplexitástól és kézdominanciától függetlenül a vizsgálati személyek pontosabban és gyorsabban kiviteleztek az adott feladatot a bal kezükkel. Ez a vizsgálatban használt speciális finom motoros teszt elvégzéséhez jobb agyfélteki dominanciát feltételez (Négyesi és mtsai. 2022). Ezen kívül a kutatások arra is rávilágítottak, hogy a kognitív hanyatlás különböző szintjei, például enyhe kognitív zavar (MCI) vagy demencia esetén, az agyfélteki aszimmetriában változások figyelhetők meg az egészséges vizsgálati személyekkel szemben (Fu és mtsai. 2021).

A kutatásunk célja annak feltárása, hogy a feladatok komplexitása hogyan befolyásolja a kognitív hanyatlás jeleit az agyféltekék aktivitásában. Azt feltételezzük, hogy a kognitív hanyatlás egy bizonyos komplexitási szint felett mérhetővé válik a reakcióidő és a feladat pontosságának csökkenése, míg az idegi aktivitás és az agy különböző területei közötti koherencia alacsonyabb komplexitású feladatok során is szignifikáns eltéréseket mutathat (Cabeza. 2002). A kutatás eredményei hozzájárulhatnak a kognitív hanyatlás korai detektálásához, valamint segíthetnek új biomarkerek azonosításában, amelyek alapot adhatnak a későbbi diagnosztikai és rehabilitációs beavatkozásokhoz.

1.5 Biomarkerek és kognitív hanyatlás

A biomarkerek szerepe a neurológiai kutatásokban egyre hangsúlyosabbá válik, mivel ezek az objektív mérőszámok képesek előre jelezni a betegségek progresszióját. Az EEG-vel mért idegi aktivitás, agyterületek közötti koherencia, valamint a finommotoros reakcióidő és pontosság olyan potenciális biomarkerek, amelyek érzékenyek lehetnek a kognitív hanyatlás legkorábbi jeleire is. A lateralitás-specifikus biomarkerek, amelyek az aszimmetria és a feladatkomplexitás interakcióján alapulnak, különösen ígéretesek, mivel képesek lehetnek megmutatni azokat a finom eltéréseket, amelyek az enyhe kognitív zavar vagy az Alzheimer-kór korai stádiumára utalnak. Ezáltal lehetőség nyílna a kognitív hanyatlás mértékének pontosabb predikciójára és a célzott beavatkozások kidolgozására.

2. Célkitűzés

Vizsgálatunk célkitűzése, hogy olyan latrealitás specifikus neurofiziológiai biomarkereket definiáljunk melyek a feladatkomplexitás függvényében segíthetik az egészséges idősök MCI-ra való hajlamának predikcióját, illetve a betegség lefolyásáról is pontosabb képet kaphatunk általuk. Ez magában foglalja a két agyfélteke közötti aszimmetria finom eltéréseinek feltárását, különös tekintettel az idegi aktivitás mintázatára, az agyterületek közötti koherenciára, valamint a finommotoros teljesítményre. A cél, hogy olyan biomarkerek azonosítása révén, amelyek már az enyhébb kognitív hanyatlás fázisában szignifikáns térnek el, olyan eszközöket és prediktív modelleket fejlesszünk ki melyek hozzájárulnak a pontosabb diagnosztizáláshoz. Eredményeink hosszú távon nemcsak a kognitív hanyatlás korai felismeréséhez, hanem a prevenciós és terápiás eljárások célzottabb alkalmazásához is hozzájárulhatnak, elősegítve ezzel az egészséges időskor fenntartását.

3. Anyagok és módszerek

3.1 Vizsgálati személyek

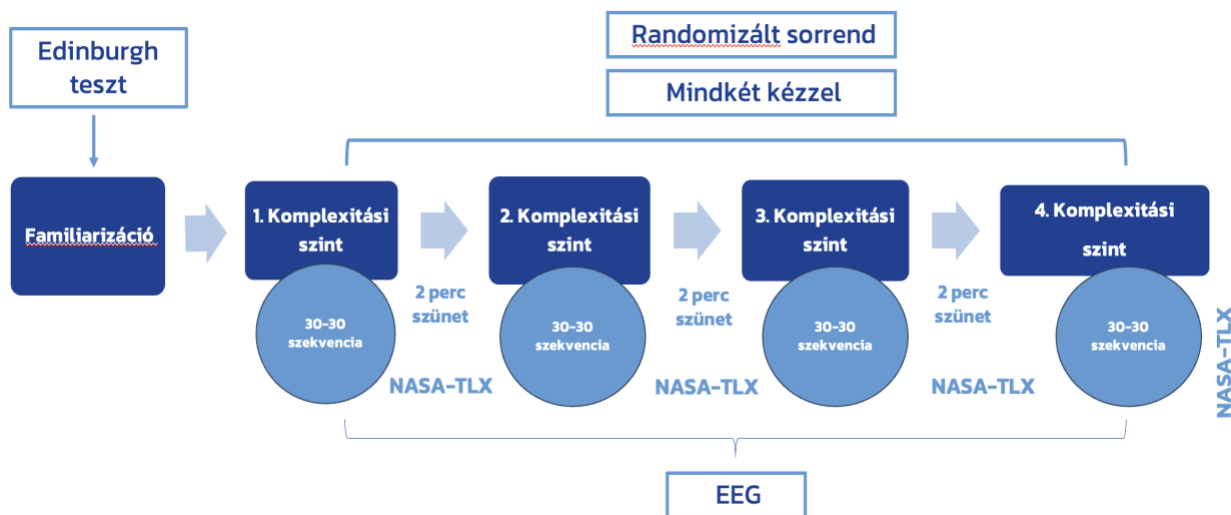
Vizsgálatunkba három csoportot vonunk be: 15 egészséges fiatal, 15 egészséges idős és 15 enyhe kognitív zavarban (Mild Cognitive Impairment, MCI) szenvedő páciens vesz részt. A fiatal csoportba 18 és 45 év közötti személyeket sorolunk, míg az egészséges idős csoportba 55 év feletti résztvevők tartoznak. Az MCI csoportot szintén 55 év feletti résztvevők alkotják, akik hivatalos diagnózissal rendelkeznek a megfelelő neuropszichológiai tesztek és agyi képalkotó eljárások alapján. A beválasztási kritériumok mellett kizárási feltételek is érvényesek, így a vizsgálatban nem vehetnek részt neurológiai vagy felső végtagi ortopédiai rendellenességgel rendelkező személyek. További kizárási kritérium a gyógyszer-, alkohol- és drogfogyasztás, krónikus betegségek, valamint alvászavar fennállása. A vizsgálati személyeket arra kérjük, hogy a vizsgálat napján ne fogyasszanak kávé vagy koffeintartalmú teát, valamint az azt megelőző napon kerüljék az alkoholfogyasztást. A vizsgálat előtt minden résztvevő részletes tájékoztatást kap a kutatás menetéről, céljáról és a mérésekről. A tájékoztatás után a résztvevők aláírják a beleegyező nyilatkozatot.

	EGÉSZSÉGI ÁLLAPOT	ÉLETKOR	VIZSGÁLATI SZEMÉLYEK SZÁMA
1. CSOPORT	EGÉSZSÉGES	18 ÉS 40 ÉV KÖZÖTTI	15 FŐ
2. CSOPORT	EGÉSZSÉGES	55 ÉV FÖLÖTT	15 FŐ
3. CSOPORT	MCI	55 ÉV FÖLÖTT	15 FŐ

1. Táblázat: A tervezett kutatás vizsgálati csoportjai

3.2. Vizsgálati protokoll

A vizsgálatot a Neurokognitív Kutatási Központ laboratóriumában végezzük. A résztvevők feladata, hogy egy monitoron megjelenő számszekvenciákat minél gyorsabban és pontosabban gépeljenek be. A feladat során a reakcióidőt, a mozgások végrehajtásának sebességét és pontosságát egy saját fejlesztésű szoftver segítségével mérjük. A számszekvenciák négy blokkba osztva jelennek meg, melyek a feladat komplexitási szintje alapján különböznek egymástól. Minden blokk 30 szekvenciát tartalmaz, és a résztvevők mind a domináns, mind a szubdomináns kezükkel elvégzik a feladatokat. A blokkok és a kézhasználat sorrendje randomizált, hogy minimalizáljuk a tanulási hatást. A vizsgálat egy familiarizációs szakasszal kezdődik, amely során a résztvevők mindkét kézzel, minden komplexitási szinten 2-2 próbát végezhetnek. Ez segít megismerkedniük a feladattal, mielőtt a tényleges mérés elkezdődik. Az egyes blokkok között 2 perces szünetet biztosítunk, amely idő alatt a résztvevők kitöltik a NASA-TLX kérdőívet, mellyel a szubjektív kognitív terhelést fogjuk mérni. A vizsgálat megkezdése előtt a vizsgálati személyek által kitöltött Edinburgh handedness inventory vagyis a kézdominancia vizsgálatára vonatkozó Edinburgh teszt eredményei fognak információt szolgáltatni az adott vizsgálati személy kézdominanciájáról. Edinburgh teszt a feladatok végrehajtása közben a résztvevők agyi aktivitását egy 64 csatornás mobil EEG készülékkel monitorozzuk, amely lehetővé teszi az idegi aktivitás valós idejű követését és a lateralitás-specifikus eltérések azonosítását.



2. ábra: A vizsgálati protokoll sematikus ábrázolása

4. Várható Eredmények, Megbeszélés

A vizsgálatok elvégzése után a mért változók közötti összefüggések elemzése következik. Vagyis a saját fejlesztésű szoftver által detektált reakció idő, mozgás kivitelezéséhez szükséges idő, illetve a pontosság, továbbá a 64 csatornás mobil EEG készülék által monitorozott agyi aktivitás. Hipotézisünk szerint az alacsonyabb komplexitási szinteken a három csoport, vagyis az egészséges fiatal, egészséges idős és MCI-os csoport között a mozgás kivitelezéséhez szükséges időben, a reakció időben, és a pontosságban nem fogunk szignifikáns különbséget tapasztalni. Továbbá az alacsonyabb komplexitási szinteken az agyi aktivitásban sem figyelhetünk majd meg jelentős eltérést. A komplexitási szint növekedésével feltételezéseink szerint a mozgás kivitelezéséhez szükséges időben, a reakció időben és a pontosságban még szintén nem fogunk szignifikáns különbséget tapasztalni. Ám az agyi aktivitásban már megjelenhet eltérés. Az egészséges idősök és az MCI-os pácienseknek magasabb agyi aktivitásra lehet szüksége ugyanolyan teljesítmény kivitelezéséhez. Az egyre magasabb komplexitási szinteken már a mozgás kivitelezéséhez szükséges időben, a reakció időben és a pontosságban is jelentős eltérést várunk a csoportok között. Az agyi aktivitásban megfigyelhető eltérés további növekedését. Az MCI korai szakaszában megfigyelhető az agy kompenzációs aktivitása, vagyis magasabb agyi aktivitással tud azonos teljesítményt nyújtani, mint egy egészséges idős. A betegség későbbi szakaszában a kognitív funkciók drasztikus során miatt már nem lesz képes az agy kompenzálni a neurodegenerációt ezáltal a páciens más nem lesz képes az egészséges idősökkel azonos teljesítményt nyújtani (Merlo, Spampinato, és Sortino. 2018).

Kutatásunkban lateralitás-specifikus biomarkereket keresünk, így a domináns és a szubdomináns kézzel kivitelezett feladatvégrehajtás során mért változók összehasonlítása is fontos részét képezi az adatelemzésünknek. Az alacsony komplexitási szinten még nem várunk különbséget a mozgás kivitelezéséhez szükséges időben, és a reakció időben a domináns és a szubdomináns kézzel kivitelezett feladatvégrehajtás során. A magasabb komplexitási szinteken már szignifikáns különbséget várunk a domináns és szubdomináns kézzel kivitelezett feladatvégrehajtás során mért reakció időben és mozgás kivitelezéséhez szükséges időben.

Az agyi aktivitás szempontjából is különbséget várunk a domináns és a szubdomináns kézzel kivitelezett feladatvégrehajtás során, a különböző komplexitási szinteken. Bár az erre vonatkozó korábbi kutatások elenyészőek. Előfordulhat, hogy a magasabb komplexitási

szinteken nagyobb mértékű eltérés lesz megfigyelhető a domináns és a szubdomináns kézzel kivitelezett feladat végrehajtás során az agyi aktivitásban.

5. Összefoglalás

Társadalmunk előregedése egyik legnagyobb kihívása, hogy bár az élettartam növekszik, az egészséges életévek száma nem követi ezt a trendet. Az idősebb korosztály gyakran segítségre szorul, mivel nem képesek önállóan ellátni magukat, és sok esetben állandó felügyeletet igényelnek. Ennek a jelenségnek jelentős pénzügyi vonzatai és komoly lelki terhei vannak, amelyek különösen a családokra hárulnak. Célunk egy olyan vizsgálati protokoll kidolgozása volt melynek funkciója lateralitás-specifikus biomarkerek meghatározása melyek a feladatkomplexitás függvényében segíthetik az MCI-os páciensek Alzheimerre való hajlamának prediktálását és segíthetik a betegség patomechanizmusának pontosabb megértését. Vizsgálatunkban összesen 45 fő fog részt venni, őket 3 csoportra bontjuk. Egészséges fiatalok, egészséges idősek és MCI-os páciensek. A vizsgálat folyamán számszekvenciák minél gyorsabb és pontosabb leütése lesz a cél, domináns és szubdomináns kézzel is kivitelezve. Mindeközben a vizsgálati személyek agyi aktivitását egy mobil EEG készülékkel fogjuk monitorozni. A témában fellelhető szakirodalom alapján azt várjuk, hogy az alacsonyabb komplexitási szinteken még nem fogunk szignifikáns különbséget detektálni a csoportok reakció ideje, mozgás kivitelezéséhez szükséges ideje és a pontosságában. Az agyi aktivitásban azonban már megjelenhetnek eltérések a kompenzatorikus aktivitásnak köszönhetően. A magasabb komplexitási szinteken már a reakció időben, a mozgás kivitelezéséhez szükséges időben és az agyi aktivitásban is jelentős eltérést fogunk észlelni. Továbbá a domináns és a szubdomináns kézzel kivitelezett feladatvégrehajtás során különbséget fogunk megfigyelni a reakció időben, a mozgás kivitelezéséhez szükséges időben, a pontosságban és az agyi aktivitásban is.

Korábbi vizsgálatok eredményeire alapozott feltételezéseink szerint vizsgálati protokollunk által olyan lateralitás-specifikus biomarkereket tudunk meghatározni melyek a feladatkomplexitás függvényében segíthetik a patológiás kognitív hanyatlás diagnosztizálását és mélyebb megértését a betegség lefolyásának.

6. Irodalomjegyzék

„2023 Alzheimer’s Disease Facts and Figures”. 2023. *Alzheimer’s & Dementia: The Journal of the Alzheimer’s Association* 19 (4): 1598–1695. <https://doi.org/10.1002/alz.13016>.

Cabeza, Roberto. 2002. „Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults: The HAROLD Model”. *Psychology and Aging* 17 (1): 85–100. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.17.1.85>.

Davis, Andrew S., és Raymond S. Dean. 2005. „Lateralization of Cerebral Functions and Hemispheric Specialization: Linking Behavior, Structure, and Neuroimaging”. In *Handbook of school neuropsychology*, 120–41. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons, Inc.

„Dementia”. é. n. Elérés 2025. január 15. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>.

Fu, Zhenrong, Mingyan Zhao, Xuotong Wang, Yirong He, Yuan Tian, Yujing Yang, Ying Han, és Shuyu Li. 2021. „Altered Neuroanatomical Asymmetries of Subcortical Structures in Subjective Cognitive Decline, Amnesic Mild Cognitive Impairment, and Alzheimer’s Disease”. *Journal of Alzheimer’s Disease* 79 (3): 1121–32. <https://doi.org/10.3233/JAD-201116>.

Gauthier, Serge, Barry Reisberg, Michael Zaudig, Ronald C. Petersen, Karen Ritchie, Karl Broich, Sylvie Belleville, és mtsai. 2006. „Mild Cognitive Impairment”. *Lancet* (London, England) 367 (9518): 1262–70. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68542-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68542-5).

Jiao, Bin, Rihui Li, Hui Zhou, Kunqiang Qing, Hui Liu, Hefu Pan, Yanqin Lei, és mtsai. 2023. „Neural Biomarker Diagnosis and Prediction to Mild Cognitive Impairment and Alzheimer’s Disease Using EEG Technology”. *Alzheimer’s Research & Therapy* 15 (1): 32. <https://doi.org/10.1186/s13195-023-01181-1>.

Livingston, Gill, Jonathan Huntley, Andrew Sommerlad, David Ames, Clive Ballard, Sube Banerjee, Carol Brayne, és mtsai. 2020. „Dementia Prevention, Intervention, and Care: 2020 Report of the Lancet Commission”. *Lancet* (London, England) 396 (10248): 413–46. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30367-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30367-6).

Merlo, Sara, Simona Federica Spampinato, és Maria Angela Sortino. 2018. „Early compensatory responses against neuronal injury: A new therapeutic window of opportunity for Alzheimer’s Disease?” *CNS Neuroscience & Therapeutics* 25 (1): 5–13. <https://doi.org/10.1111/cns.13050>.

Négyesi, János, Péter Négyesi, Tibor Hortobágyi, Sai Sun, Joji Kusuyama, Rita M. Kiss, és Ryoichi Nagatomi. 2022. „Handedness Did Not Affect Motor Skill Acquisition by the Dominant Hand or Interlimb Transfer to the Non-Dominant Hand Regardless of Task Complexity Level”. *Scientific Reports* 12 (1): 18181. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21962-2>.

Petersen, R. C. 2004. „Mild Cognitive Impairment as a Diagnostic Entity”. *Journal of Internal Medicine* 256 (3): 183–94. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2004.01388.x>.

Serrien, Deborah J., Richard B. Ivry, és Stephan P. Swinnen. 2006. „Dynamics of Hemispheric Specialization and Integration in the Context of Motor Control”. *Nature Reviews. Neuroscience* 7 (2): 160–66. <https://doi.org/10.1038/nrn1849>.

Toga, Arthur W., és Paul M. Thompson. 2003. „Mapping Brain Asymmetry”. *Nature Reviews. Neuroscience* 4 (1): 37–48. <https://doi.org/10.1038/nrn1009>.

Ziemann, U., és M. Hallett. 2001. „Hemispheric Asymmetry of Ipsilateral Motor Cortex Activation during Unimanual Motor Tasks: Further Evidence for Motor Dominance”. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 112 (1): 107–13. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(00\)00502-2](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(00)00502-2).