

A vezetési alkalmasság kognitív tényezői: klinikai értékelés stroke-on átesett személyek és időskorúak körében

Doktori értekezés tézisfüzet

Szabó Gábor

Semmelweis Egyetem Doktori Iskola
Operatív Orvostudományi Tagozat



Témavezető: Dr. Fazekas Gábor, Ph.D., egyetemi tanár

Hivatalos bírálók:

Dr. Varjú Cecília Ph.D., egyetemi tanár

Dr. Sipos Ildikó Ph.D., egyetemi adjunktus

Komplex vizsga bizottság elnöke:

Dr. Szőke György D.Sc., az MTA doktora, egyetemi tanár

Komplex vizsga bizottság tagjai:

Dr. Lazáry Áron Ph.D., egyetemi docens

Dr. Skaliczki Gábor Ph.D., egyetemi docens

Dr. Szerb Imre Ph.D., egyetemi docens

Budapest
2026

1. Bevezetés

A gépjárművezetés a modern élet elkerülhetetlen eszközévé vált, emellett a függetlenség és a személyes kompetencia szimbólumává. A gépjárművekre való egyre fokozódó hagyatkozás miatt mind a stroke-túlélők, mind az időskorú személyek törekszenek a vezetői engedélyük megtartására, illetve megújítására. Míg neurológiai kórképekhez köthető fizikális tünetek többnyire objektívan vizsgálhatók, és a gépjármű adaptálásával gyakran ellensúlyozhatók, addig a kognitív tünetek felismerése nehezebb kihívást jelent. A vezetés összetett és részben túltanult tevékenység, amely gyors döntéshozatalt, rugalmas figyelmi váltást és percepció-s-motoros integrációt igényel, így a kognitív funkciók enyhe zavara is fokozott közlekedésbiztonsági kockázattal járhat. Nemzetközi és hazai adatok szerint az időskorú vezetők körében a baleseti kockázat mérsékelten emelkedik, míg a stroke-on átesett populációban ez a kockázat lényegesen magasabb, és erősen függ a neurológiai és kognitív tünetek jellegétől. A két csoport közös jellemzője a nagyfokú heterogenitás, ezért a vezetési alkalmasság megítélése továbbra is komplex feladat.

Az elmúlt évtizedekben jelentős előrelépések történtek a kutatási területen, azonban a téves klasszifikációk aránya továbbra is magas maradt. Noha számos kognitív teszt bizonyult alkalmasnak a vezetési képességek előrejelzésére, a szakirodalom alapján a probléma fő oka nem az eszközök hiánya, hanem az alkalmazott adatelemzési eljárások korlátai.

Ennek megfelelően jelen értekezés főkusza nem új diagnosztikai eszközök bevezetésére irányul, hanem arra, hogy fejlettebb adatelemzési módszerekkel növelje a meglévő kognitív tesztek döntéstámogató értékét. A disszertáció célja továbbá olyan prediktív modell kialakítása, amely klinikai környezetben is alkalmazható, és támogatja a vezetési alkalmasságról szóló felelős, objektív döntéshozatalt.

2. Célkitűzés

A gépjárművezetésre való alkalmasság megítélése továbbra is módszertani kihívást jelent, különösen olyan esetekben, amikor a döntést nem egyértelmű fizikai akadályozottság, hanem a kognitív teljesítmény alapján kell meghozni. Noha az utóbbi évtizedekben széles körben alkalmaztak neuropszichológiai teszteket a vezetési képesség előrejelzésére, az ezekre épülő modellek pontossága korlátozott, és a téves besorolások aránya jelentős. Kutatásunk célja az volt, hogy olyan adatelemzési keretet dolgozzunk ki, amely javítja a döntéstámogatást a vezetési alkalmasság megítélésében, miközben csökkenti a klinikailag bizonytalan esetek kockázatát.

Az értekezés két egymást kiegészítő vizsgálatra épült – egy narratív szakirodalmi áttekintésre és egy empirikus kutatásra –, melyek céljai a következők voltak:

1. Új adatelemzési módszer bemutatása

Célunk egy olyan logisztikus regressziós modell felépítése volt, amelyet leave-one-out kereszt-validációval ellenőriztünk. A modell újszerű eleme a trichotomizáció alkalmazása volt, amely egy harmadik, bizonytalan kategória bevezetésével csökkenti a téves besorolások arányát, ezáltal biztonságosabb klinikai döntéshozatalt tesz lehetővé.

2. A neglekt szindróma hatásának vizsgálata a vezetési teljesítményre

A neglekt szindróma gyakori stroke utáni tünet, amely közlekedésbiztonsági szempontból kiemelt kockázatot jelent. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, hogyan befolyásolja a neglekt a vezetési képességeket, és ez milyen mértékben jelenik meg közúti tesztvezetés eredményeiben.

3. A hagyományos neglekt tesztek prediktív értékének értékelése

További célkitűzés volt annak elemzése, hogy a neglekt szindróma diagnózisa (mely a Vonalfélezés és a Bells-teszt eredményein alapult) milyen mértékben függ össze a tesztvezetésen nyújtott teljesítménnyel. Ennek célja annak tisztázása volt, hogy a klasszikus papír-ceruza tesztek mennyiben alkalmasak a vezetésre való alkalmasság megítélésére.

4. A Starry Night Test alkalmazhatóságának vizsgálata

A Starry Night Test egy dinamikus, számítógépes figyelemi vizsgálat, amely érzékenyen képes detektálni a neglekt enyhébb formáit. Célunk annak megállapítása volt, hogy ez a teszt hozzáadott értéket képvisel-e a prediktív modellben, és ezáltal támogatja-e a vezetési alkalmasságról szóló döntéshozatalt.

5. Szakmai ajánlások megfogalmazása a hazai gyakorlat számára

Mivel Magyarországon nincs egységes protokoll a vezetéshez kapcsolódó kognitív alkalmasság megítélésére, célunk volt a releváns nemzetközi eredmények összegzése, valamint klinikai és döntéshozói szinten alkalmazható ajánlások megfogalmazása.

6. A módszertani megközelítés szélesebb körű alkalmazhatóságának vizsgálata

Célunk volt annak vizsgálata, hogy a stroke-betegeken tesztelt módszertan más populációkra, például időskorú vezetőkre is adaptálható-e. Külön figyelmet fordítottunk egy rövid, trichotomizált kognitív szűrőeszköz elsővonalbeli alkalmazhatóságára háziorvosi szinten, a részletesebb vizsgálatokra történő irányítás előtt.

3. Módszerek

3.1. Narratív áttekintés

A szakirodalmi áttekintés célja az volt, hogy bemutassa az időskori vezetés neuropszichológiai vonatkozásait és a vezetési alkalmasság kognitív értékelési lehetőségeit. Az adatgyűjtés 2023. novembere és 2024. márciusa között zajlott a PubMed, Scopus és Web of Science adatbázisokban, angol és magyar keresőkifejezésekkel. További hazai szakirodalmi forrásokat a MATARKA és a Google Scholar adatbázisokból egészítettünk ki.

Az áttekintés narratív jellegét indokolta, hogy a vezetési alkalmasság témakörében rendkívül heterogén módszertanú és eltérő kimeneti változókat használó kutatások érhetők el, így a szisztematikus áttekintés nem lett volna megfelelő a célkitűzésekhez. A narratív megközelítés lehetővé tette a klinikai szempontból releváns eredmények és módszertani problémák kritikai bemutatását.

A beválogatás szempontja volt, hogy a publikációk a kognitív funkciók és a vezetés kapcsolatát, idős vagy neurológiai populációk vezetési alkalmasságát, vagy a vezetési alkalmasság értékelésének módszertani kérdéseit tárgyalják.

3.2. Eredeti empirikus kutatás

A vizsgálat 2022 januárja és 2024 novembere között zajlott a Semmelweis Egyetem Rehabilitációs Klinikáján (ETT-TUKEB engedélyszám: IV/649-1/2022/EKU). A beválasztási kritériumok között szerepelt: igazolt iszkémiás vagy vérzéses stroke, legalább 6 hónap a stroke óta, valamint érvényes vezetői engedély megléte. Kizárási kritériumok: 65 év feletti életkor, súlyos afázia, epilepszia, súlyos pszichiátriai betegség, látáskárosodás, vagy fizikális alkalmatlanság a járműkezelésre. A 830 szűrt betegből 115 vett részt a vizsgálatban (átlagéletkor: 52,9 év; 77% férfi).

3.2.1. Eljárás

A kognitív státusz felmérése egységes protokoll szerint zajlott. A neglekt szindróma diagnózisa két klasszikus papírceruza teszten alapult: a Vonalfelezés teszten ($>9,5\%$ eltérés esetén jelzés értékű), illetve a Bells-teszten (≥ 3 aszimmetria pont határértékkel). Neglekt szindróma diagnózisa fennált, amennyiben a beteg a két szűrőteszt valamelyikén határértéken túl teljesített. Ezt követően a résztvevők neuropszichológiai vizsgálata zajlott, mely feldolgozási sebességet és kognitív rugalmasságot (Trail Making Test A és B), tervezési és döntési képességet (Drive Home Maze Test), gátlást és végrehajtó funkciókat (Stroop-teszt), dinamikus figyelmi teljesítményt (Starry Night Test), közlekedési szabályismeretet és kognitív problémamegoldást (Road Law and Road Craft Test hazai változata: RLRCT-H), valamint a EM-05.93 típusú kombinált vezetési szimulátor által kalkulált szenzomotoros reakcióidőt (Sensorimotor Coordination Test) mért. Utóbbi, szimulátor alapú változó végül csupán mint nem publikált eredmény került bele a disszertációba, mivel a készülék Közép-Európában használatos, angol nyelvű leírata hiányzik, illetve nemzetközi publikáció sem igazolta a validitását. Mindemellett az eszközt a napi gyakorlatban alkalmazzuk, így a gyűjtött empirikus adatok hasznos információt jelentenek a klinikumban.

A kognitív tesztek elvégzését követően, legfeljebb két héten belül, sor került az on-road vizsgálatra, amely a tesztvezetés nemzetközi standard módszere. A 40 perces útvonalat közúti forgalomban, oktatóautóval teljesítette a résztvevő, a vizsgabiztos előzetes kognitív eredmények ismerete nélkül hozott döntést az alkalmasságról (single-blind elrendezés). A vezetői alkalmasság minősítése kétkategóriás eredményt adott: „alkalmas” vagy „nem alkalmas”.

3.2.2. Adatelemzés

A statisztikai elemzések Python 3.11.5 környezetben készültek. A csoportok összehasonlítására nemparaméteres próbákat alkalmaztunk (Mann–Whitney U, χ^2). A reakcióidő-alapú tesztek teljesítményének értékelését Inverse Efficiency Score (IES) mutatóval végeztük, amely a válaszüthőt és a hibaarányt együttesen veszi figyelembe. Így elkerülhető az a torzítás, amikor valaki gyors, de pontatlan válaszokkal látszólag jobb teljesítményt ér el, vagy éppen lassú, de hibamentes válaszokkal tűnik jobbnak a valósnál.

A vezetési alkalmasság előrejelzésére logisztikus regressziós modelleket építettünk. A prediktorválasztást teljes változókombinációk empirikus összehasonlítása biztosította, a multikollinearitás csökkentésére korrelációelemzéssel szűrtük ki a magas átfedést mutató változókat ($r \geq 0,80$ esetén nem kerültek egy modellbe).

A modellek általánosíthatóságát leave-one-out cross-validation (LOOCV) eljárással vizsgáltuk: minden résztvevő esetében a modell a teljes minta egy fő kivételével épült fel, majd ezen a külön hagyott személy teszteredményein teszteltük a predikciót. A teljesítményt ROC-AUC, szenzitivitás, specificitás és pontosság mutatókkal értékeltük.

A prediktorok hatásának klinikai értelmezését SHAP-elemzés segítette, amely az egyes változók egyéni és átlagos hozzájárulását jeleníti meg. A modellben trichotom osztályozást alkalmaztunk: az „alkalmas” és „nem alkalmas” kategóriák mellett egy „bizonytalan” kimenetet vezettünk be, amely olyan eseteket sorol külön csoportba, ahol a predikció nagyobb hibakockázatú, és további vizsgálatot indokol.

4. Eredmények

4.1. Narratív összefoglaló eredményei

A szakirodalom alapján az időskorú személyek nem alkotnak homogén csoportot. Míg az idősködés fiziológiás ütemét mutató személyek vezetésre alkalmasnak tekintendők, addig az enyhe kognitív zavarral élők (Mild Cognitive Impairment) csak szoros évenkénti ellenőrzés mellett vezethetnek. Habár a demenciával élők magas arányban vezetnek gépjárművet, az ők esetükben már a betegség korai szakaszaiban is ellenjavallt a vezetés.

A közlekedési biztonság növelése érdekében számos ország köti időszakos, életkorfüggő orvosi felülvizsgálatokhoz a vezetői engedély meghosszabbításását – ebbe a körbe tartozik Magyarország is. A szakirodalom megdöbbenő következtetése szerint azonban ezek a programok nem váltják be a hozzájuk fűzött reményeket, számos esetben kontraprodiktívnak is bizonyulnak. Az eredménytelenség hátterében meghúzódó okok egyike a helytelen klinikai kérdésfeltevés.

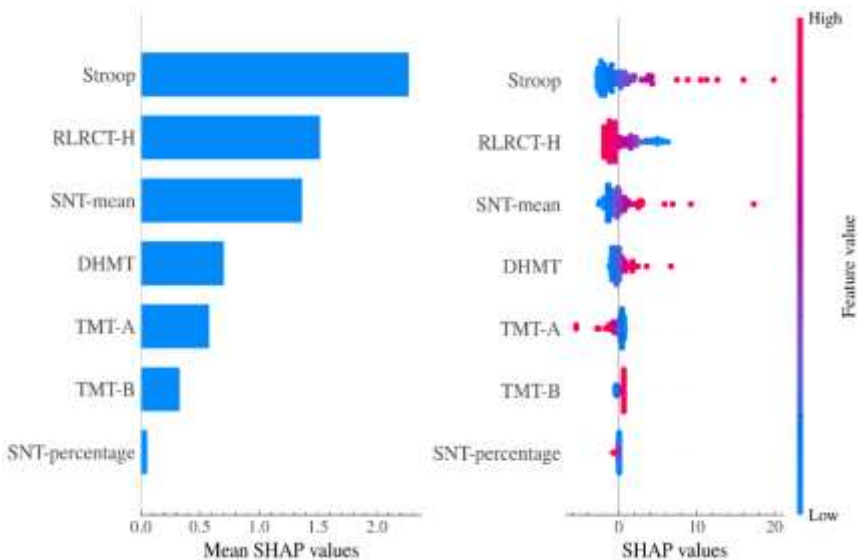
Számos nemzeti programban szerepel az időskori kognitív hanyatlás mérésére sztenderdizált Mini-Mental Teszt (Mini-Mental State Examination) vagy a szintén gyakran erre a célra használt Órateszt. Ezek a vizsgálóeljárások azonban nem vezetés specifikus kognitív funkciókat vizsgálnak, az ajánlott határértékek sem vezetés-specifikusak, ami a téves klasszifikációk arányát jelentősen növeli. A helyes klinikai kérdésfeltevés tehát nem az, hogy a vizsgált személy egészséges-e, hanem hogy képes-e a biztonságos gépjárművezetésre.

Szakirodalmi összefoglalónk eredményei arra utalnak, hogy a gépjárművezetésre való alkalmasságot minden esetben egyénileg szükséges megállapítani. Az erre a célra használt kognitív tesztek és azok határértékeit előzetesen, empirikus módon kell kiválasztani.

4.2. Empirikus kutatás eredményei

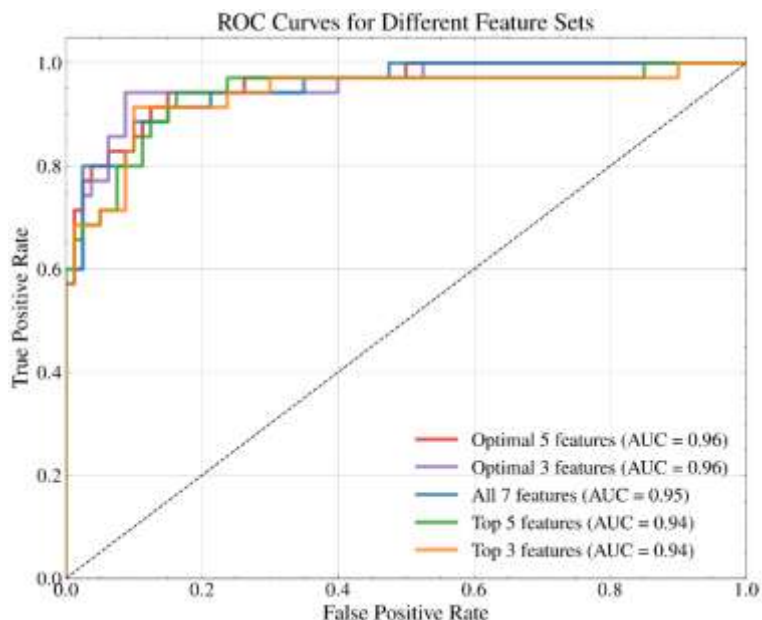
A vizsgálatba bevont 115 stroke-beteg közül 70% (n=80) teljesítette sikeresen a standardizált tesztvezetést. A sikeres és sikertelen vizsgát tett csoport között szignifikáns különbség mutatkozott életkorban és az utolsó vezetéstől eltelt időben, míg a nem vagy a lézió oldala nem befolyásolta szignifikánsan az eredményt. A neglekt szindróma klinikai jelenléte rontotta a teljesítményt ($p=0,007$), ugyanakkor a neglektes betegek magas aránya, 45% sikeresen teljesítette a tesztvezetést.

A tesztelt logisztikus regressziós modellek közül a legjobb prediktív teljesítményt a Stroop-teszt, a közlekedési szabályismeretet mérő RLRCT-H és a Starry Night Test (SNT) reakcióidő-átlaga adta (lásd: 1. ábra).



1. ábra: A bal oldali grafikon az egyes változók átlagos hatását mutatja, a jobb oldali pedig az egyéni értékek hozzájárulását. A piros pontok magas, a kék pontok alacsony értékeket jelölnek; a jobbra eső pontok a „vezetésre alkalmatlan”, a balra esők a „vezetésre alkalmas” irányba hatnak.

A végső modell diszkriminációs képessége magas volt (ROC-AUC = 0,95; lásd: 2. ábra).



2. ábra: Az egyes változók és különböző prediktorkombinációkra épülő logisztikus regressziós modellek prediktív teljesítménye. A ROC-AUC érték a modell megkülönböztető képességét jelzi a vezetésre alkalmas és alkalmatlan betegek között; minél magasabb az érték, annál jobb a teljesítmény.

A modell az esetek 15%-át sorolta a bizonytalan kategóriába. A validált, trichotomizált modell szenzitivitása 0,88, specificitása 0,98, pontossága 0,95 volt. A SNT az oldalkülönbségek helyett elsősorban a globális reakcióidőn keresztül járult hozzá a predikcióhoz, érzékenyen jelezve a kompenzáció mellett fennmaradó általános figyelmi lassulást.

5. Következtetések

5.1. Új adatelemzési módszer bemutatása

A kutatás egyik legfontosabb eredménye a trichotomizációt és keresztvalidációt kombináló, új logisztikus regressziós modell kidolgozása volt. Ezzel a módszerrel sikerült a vezetésre való alkalmasság megítélését objektív adatelemzési keretbe helyezni, és csökkenteni a téves besorolások arányát. A modell lényegi újítása, hogy nem kényszeríti a klinikust bináris („alkalmas”–„nem alkalmas”) döntésre olyan esetekben, ahol a kognitív teljesítmény határérték körüli. A harmadik, „bizonytalan” kategória bevezetése biztonságosabb döntéshozatalt eredményez, miközben az egyértelmű esetekben a modell megtartotja magas diszkriminációs képességét.

A leave-one-out keresztvalidáció alkalmazása különösen fontos módszertani feltétel, mivel realisabb képet ad a modell általánosíthatóságáról, és csökkenti a túlillesztés (overfitting) kockázatát. Az eredmények alapján a modell keresztvalidált teljesítménye magas, és összhangban áll a nemzetközi szakirodalomban közölt hasonló vizsgálatok eredményeivel. A modell pszichometriai mutatói megerősítették, hogy a trichotomizációs megközelítés klinikailag releváns módon növeli a vezetési alkalmasság megítélésének megbízhatóságát.

A vizsgálat azt is kimutatta, hogy a modell akkor működik a legmegbízhatóbban, ha a bemeneti kognitív változók egymással nem korrelálnak erősen, és különböző funkcionális területeket fednek le (feldolgozási sebesség, végrehajtó funkció, figyelmi megosztás, szabályismeret stb.). Ez a megközelítés növeli a modell stabilitását és segíti a klinikai interpretációt.

Összességében a bemutatott módszertan nemcsak statisztikai szempontból jelent előrelépést, hanem gyakorlati döntéstámogató rendszerként is alkalmazható, amely a kognitív tesztek eredményei alapján képes biztonságosabb döntéshozatalt biztosítani a stroke utáni vezetési alkalmasság értékelésében.

5.2. A neglekt szindróma hatásának vizsgálata a vezetési teljesítményre

A vizsgálat kimutatta, hogy a neglekt szindróma jelenléte a stroke utáni vezetési teljesítmény egyik legjelentősebb kognitív kockázati tényezője. A neglektes betegek körében az on-road teszten elbukók aránya szignifikánsan magasabb volt, ugyanakkor a résztvevők közel fele a tünetek ellenére is sikeresen teljesítette a forgalmi vizsgát. Ez arra utal, hogy a neglekt diagnózisa és a vezetési teljesítmény között statisztikailag is kimutatható kapcsolat áll fenn, ugyanakkor ez a kapcsolat nem definitív, mivel egyes betegek képesek lehetnek a tünetek részleges ellensúlyozására. Ennek stabilitása azonban nem ismert, ezért további, nagyobb mintán, utánkövetéses formában végzett vizsgálatok szükségesek a hosszú távú közlekedésbiztonság megítéléséhez.

A vizsgálatban a neglekt vizuális aspektusát mértük, elsősorban egocentrikus térbeli viszonyok mentén. Az eredmények nem teszik lehetővé a neglekt más modalitásainak vagy altípusainak értékelését, ezért ezek vezetésre gyakorolt hatásáról nem vonható le következtetés.

Összességében a vizsgálat megerősíti, hogy a neglekt fennállása lényeges kockázati tényező a vezetés megítélésében, ugyanakkor a jelen adatok nem elegendők annak meghatározására, hogy a neglekt szindróma önmagában kizáró oknak tekinthető-e. A jövőbeli kutatásoknak célzottan kell vizsgálniuk, milyen mértékben képesek a neglektes betegek stabilan kompenzálni figyelmi hiányosságait, és ez milyen feltételek mellett járhat biztonságos vezetési viselkedéssel.

5.3. A hagyományos neglekt tesztek prediktív értékének értékelése

A vizsgálat rávilágított arra, hogy a klasszikus papírceruza alapú neglekt vizsgáló eszközök (Vonalfelezés, Bells-teszt) korlátozottan képesek előre jelezni a valós közlekedési

teljesítményt. Bár ezek a módszerek jól azonosítják a neglect súlyos eseteit, nem elég érzékenyek a maradványtünetekre vagy a kompenzált, enyhe formákra. A tesztvezetés során sikeresen teljesítő, de a hagyományos, papír-ceruza alapú klinikai szűrés során neglectesnek minősülő betegek esetei ezt jól illusztrálják.

Az eredmények megerősítik, hogy a hagyományos tesztek statikus jellegük miatt nem tükrözik a valós forgalmi helyzetek dinamikáját, ahol a figyelmi és motoros folyamatok idői tényezője kulcsszerepet játszik. Emellett a standard tesztek gyakran lehetővé teszik a tanult kompenzációs stratégiák alkalmazását, ami a kontrollált vizsgálati környezetben elfedi a valódi funkcionális problémát.

A tapasztalatok alapján a klinikai döntéshozatalban a klasszikus tesztek továbbra is hasznos szűrőeszközök lehetnek, de eredményüket óvatosan kell értelmezni, és szükség esetén kiegészíteni dinamikus, reakcióidő-alapú vagy számítógépes vizsgálatokkal.

5.4. A Starry Night Test alkalmazhatóságának vizsgálata

A Starry Night Test (SNT) alkalmazása jelentősen növelte a modell prediktív erejét. Az elemzés azt mutatta, hogy az SNT nem csupán a bal–jobb oldali reakcióidő-különbségek mérésével járul hozzá a diagnosztikához, hanem globálisan is érzékeny a feldolgozási sebesség lassulására és a figyelmi fluktuációkra. Az SNT-átlag reakcióidő önálló prediktorként is kiemelkedő jelentőségű volt, és a Stroop- és RLRCT-H-teszttel együtt szerepelt a legjobb teljesítményt nyújtó modellben.

Az eredmények azt is mutatják, hogy az SNT dinamikus, több száz próbából álló, randomizált struktúrája csökkenti a kompenzációs viselkedés hatását, és érzékenyebben jelzi a rejtett figyelmi deficiteket, mint a hagyományos tesztek.

A Starry Night Test nemcsak diagnosztikai, hanem prediktív szempontból is értékes eszköznek bizonyult, amely segíthet a valós vezetési teljesítmény megbízhatóbb

előrejelzésében. A teszt nemzetközi adaptálása és hazai standardizálása további kutatások fontos iránya lehet.

5.5. Szakmai ajánlások megfogalmazása a hazai gyakorlat számára

A kutatás kiemelt célja volt a nemzetközi eredmények hazai kontextusba helyezése és gyakorlati ajánlások megfogalmazása. A jelenlegi magyar gyakorlatban nincs egységes, validált protokoll a vezetésre való kognitív alkalmasság megítélésére. Eredményeink alapján több irányelv is megfogalmazható:

1. A vezetésre való alkalmasság megítélése ne kizárólag egyetlen teszteredményen alapuljon, hanem több kognitív terület (figyelem, végrehajtó funkció, döntéshozás, szabályismeret) együttes értékelésén.
2. Az értékelésben alkalmazott modellek használnak trichotom kategorizálást, amely lehetővé teszi a bizonytalan esetek biztonságos kezelését és csökkenti a téves döntések kockázatát.
3. A vizsgálati eredmények értelmezésénél kerülni kell az egyes módszerek túlértékelését: a klinikai tesztek és a tesztvezetés eredményei egymást kiegészítve, nem pedig egymás helyett szolgálhatnak döntési alapként. A neglekttes betegek esete jól példázza, hogy a forgalmi vizsga eredménye önmagában félrevezető lehet, ha a kognitív tüneteket nem vesszük figyelembe.
4. A közúti tesztvezetések hazai bevezetése javasolt, a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően. A pszichometriai adatok integrálásával hatékonyabbá és biztonságosabbá tehető a döntéshozatal, valamint csökkenthető a felesleges tesztvezetések száma.

Az ajánlások segíthetik egy országos szintű, egységes értékelési rendszer kialakítását, amely tudományosan megalapozott, ugyanakkor rugalmasan alkalmazható a klinikai gyakorlatban.

5.6. A módszertani megközelítés szélesebb körű alkalmazhatóságának vizsgálata

A vizsgálatban kidolgozott módszertan elsősorban a stroke utáni vezetési alkalmasság értékelésére alapult, azonban az alkalmazott adatelemzési elv más klinikai döntési helyzetekre is adaptálható. Bár az időskorú, enyhe kognitív zavarban (MCI) szenvedő vagy traumás agysérülést átélt személyek eltérő kognitív profilokkal és időbeli lefutással jellemezhetők, a bizonytalanság csökkentését célzó statisztikai megközelítés hasonló módon alkalmazható lehet. Az egyes populációkhoz mindemellett külön prediktorválasztásra, eltérő normatív határértékekre és validációs eljárásokra lenne szükség.

A módszer adaptálása más döntési helyzetekre (pl. munkaképesség, funkcionális függetlenség) is lehetséges, mivel a trichotomizáció általános előnye, a bizonytalan esetek elkülönített kezelése, több területen is hasznosítható megközelítést kínál.

Összességében a disszertáció eredményei azt mutatják, hogy a kognitív tesztek újszerű adatelemzése jelentősen növelheti a neuropszichológiai vizsgálat prediktív értékét. A módszer a klinikai gyakorlatban nemcsak a stroke utáni vezetés megítélésében, hanem más komplex döntési helyzetekben is a bizonytalanság tudatos kezelésének hatékony eszköze lehet.

6. Összefoglalás

A gépjárművezetés a mindennapi önállóság és társadalmi integráció alapvető eszköze, ugyanakkor stroke-on átesett és időskorú személyek esetében fokozott kockázattal jár, elsősorban a kognitív funkciók sérülése miatt. Míg a fizikális alkalmasság objektíven vizsgálható, addig a kognitív teljesítmény értékelése továbbra is módszertani kihívást jelent. A vizsgálat célja az volt, hogy fejlettebb adatelemzési eljárások segítségével növelje a neuropszichológiai tesztek megbízhatóságát a vezetési alkalmasság előrejelzésében.

A kutatás a Semmelweis Egyetem Rehabilitációs Klinikáján zajlott 115 stroke-beteg részvételével. A résztvevők egységes neuropszichológiai vizsgálaton estek át, amely a feldolgozási sebességet, a végrehajtó funkciókat, a figyelmi rugalmasságot és a döntéshozatali képességeket mérte. A vizsgálatokat két héten belül valós közúti vizsga követte, amely a vezetési alkalmasság arany standardjának tekinthető. A betegek 70%-a bizonyult alkalmasnak a vezetésre.

A kutatás egyik fő eredménye a trichotomizált logisztikus regressziós modell kidolgozása volt, amely a hagyományos dichotóm („alkalmas” – „nem alkalmas”) döntés helyett bevezetett egy harmadik, „bizonytalan” kategóriát is. Ez a megközelítés csökkentette a téves döntések arányát, és biztonságosabb klinikai értelmezést tett lehetővé. A modell keresztvalidált teljesítménye 0,95-ös ROC-AUC értéket mutatott, a szenzitivitás 0,88, a specificitás 0,98 volt, az esetek 15%-a került a bizonytalan csoportba.

A vezetési teljesítmény előrejelzésében több kognitív terület együttes szerepe igazolódott. A legerősebb prediktorok a Stroop-teszt, a RLRCT-H és a Starry Night Test átlagreakcióideje voltak, amelyek a gátlási kontrollt, szabályismeretet és gyors figyelmi feldolgozást mérik – ezek a

folyamatok a valós közlekedési helyzetekben is kulcsfontosságúak.

A neglekt szindróma jelenléte szignifikánsan rontotta a tesztvezetésen nyújtott teljesítményt, ugyanakkor a tünetek fennállása mellett is több beteg sikeresen teljesítette a forgalmi vizsgát. Ez arra utal, hogy a klinikai neglekt diagnózis és a vezetési teljesítmény között statisztikailag kimutatható, de nem determinisztikus kapcsolat áll fenn, amely további, utánkövetéses vizsgálatokat indokol. A klasszikus papír-ceruza tesztek (Vonalfelezés, Bells-teszt) prediktív ereje korlátozott volt, míg a dinamikus, reakcióidő-alapú Starry Night Test érzékenyen detektálta a maradványtüneteket és hozzájárult a modell prediktív erejéhez.

A kutatás gyakorlati következtetései szerint a vezetési alkalmasság megítélése nem épülhet egyetlen teszteredményre vagy merev határértékekre. A többváltozós, trichotomizált megközelítés pontosabb és biztonságosabb döntéshozatalt tesz lehetővé, és jól integrálható a klinikai gyakorlatba. Az eredmények egy egységes, többdimenziós értékelési rendszer kialakítását indokolják, amely a pszichometriai vizsgálatokat és a valós vezetési teljesítményt egyaránt figyelembe veszi.

A bemutatott módszertan alapelvei más döntéstámogató helyzetekben is alkalmazhatók, ahol a bizonytalan esetek kezelése kulcsfontosságú. Az értekezés így hozzájárul a vezetési alkalmasság objektív, neuropszichológiai alapú értékeléséhez, és olyan statisztikailag validált módszert kínál, amely támogatja a felelős döntéshozatalt és a közlekedésbiztonságot.

7. Saját publikációk jegyzéke

7.1. Az értekezés témájában megjelent eredeti közlemények

- Szabó G, Pintér J, Molontay R, Fazekas G. Driving after stroke: A trichotomous logistic regression model to support decision making in uncertain cases. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2025;34(11):108439. **IF: 1.8**
- Szabó G, Biró I, Udvardi V, Fazekas G. Az idős korú gépjárművezetők kognitív alkalmasságának megítélése: kihívások és megoldási lehetőségek. *Ideggyógyászati szemle*. 2025;78(7–8):229–38. **IF: 0.6**

7.2. Egyéb, nem az értekezés témájában megjelent, eredeti közlemények

- Tavaszi I, Szabó G, Erdősi P, Shenker B, Fazekas G. Application of computerised interactive devices for stroke patients with hemispatial neglect. *Ideggyógyászati szemle*. 2025;78(3–4):107–21. **IF: 0.6**
- Udvardi V, Szabo G, Takacs J, Fazekas G. The effectiveness of mindfulness-based cognitive therapy during poststroke rehabilitation: a randomized controlled trial. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2024. szeptember;47(3):169–75. **IF: 1.3**
- Udvardi V, Szabó G, Fazekas G. A tudatos jelenlét alapú beavatkozások hatásai a stroke utáni rehabilitációban. *Ideggyógyászati szemle*. 2023;76(1–2):11–7. **IF: 0.9**
- Tavaszi I, Nagy AS, Szabo G, Fazekas G. Neglect syndrome in post-stroke conditions: assessment and treatment (scoping review). *International Journal of Rehabilitation Research*. 2021;44(1):3–14. **IF: 1.832**

ΣIF: 7.032