

SZEMMOZGÁSOK ELEMZÉSE TRADICIONÁLIS ÉS ÚJSZERŰ VIZUÁLIS TESZTKÖRNYEZETBEN: A HÁTTÉRKÉP DISZTRAKTOR HATÁSA A SZAKKÁDIKUS PARAMÉTEREKRE

SOMOSKEÖY SZABOLCS^{1*} – KOVÁCS ILDIKÓ^{2*} – MEZEI MÁRTON¹ –
HOFFMANN ILDIKÓ³ – TÓTH LÁSZLÓ⁴ – GOSZTOLYA GÁBOR⁴ –
IMRE NÓRA² – BALOGH RÉKA² – PÁKÁSKI MAGDOLNA² –
KÁLMÁN JÁNOS² – FEHÉR ANDRÁS¹

¹iCollWare Kft.

²Szegedi Tudományegyetem KK Pszichiátriai Klinika

³Szegedi Tudományegyetem BTK Magyar Nyelvi és Irodalmi Intézet
Magyar Nyelvészeti Tanszék

⁴Szegedi Tudományegyetem TTIK Informatikai Intézet

* egyenlő arányban járultak hozzá a kéziratához

E-mail: szabolcs.somoskeoy@icollware.com

Benyújtva: 2020. február 5. – Elfogadva: 2020. augusztus 5.

Háttér és célkitűzések: A szakkádikus szemmozgási paraméterek biomarkerként történő önálló használata egyes degeneratív neuropszichiátriai kórképek felismerésében egyelőre kérdéses. Jelen vizsgálatunk célkitűzése egy olyan szakkádikus szemmozgásvizsgálati protokoll megvalósítása, amely a nemzetközi klinikai kutatásoknak megfelelően kialakított vizsgálati paraméterekkel jellemezhető. Továbbá egészséges vizsgált személyek szakkádparamétereinek a nemzetközileg publikált adatokkal való összehasonlítása, illetve a Boston Sütülopás feladatban használt kép vizuális tesztkörnyezetbe történő beépítésének disztraktor-hatásvizsgálata a szakkádikus paraméterekre.

Módszer: Vizsgálatainkat egészséges önkéntes alanyokon végeztük Tobii Pro X3-120 berendezéssel, két eltérő vizuális környezetet tartalmazó, egyéb tekintetben teljesen megegyező felépítésű, proszakkád és antiszakkád tesztek gap és overlap feladataiban. Az egyik csoport vizuális tesztkörnyezete standard szürke háttérből és fekete stimulusokból állt (STD tesztcsoport), a másiké a Boston Afázia Teszt Sütülopás képleírési feladatban használt képet és zöld-piros színű stimulusokat tartalmazott (BSL tesztcsoport).

Eredmények: A proszakkád és antiszakkád overlap latencia mindkét csoportban nagyobb volt, mint a gap feladatban. A vizsgálati alanyok életkora közepes erősségű módon korrelált az STD csoport proszakkád gap latenciájával, illetve a BSL csoport proszakkád overlap latencia, antiszakkád gap/overlap latencia és overlap időtartam értékével. A csoportok közötti életkori eltérés statisztikai kontrollja mellett nem találtunk különbséget a proszakkád és antiszakkád latencia, illetve csúcsebesség tekintetében. A szakkád időtartamok szignifikánsan rövidebbek voltak a BSL csoportban. Az iránytévesztési ráta a proszakkád tesztben megegyezett; az antiszakkád gap időtartam, az overlap időtartam, illetve a gap iránytévesztési ráta szignifikáns csoportkülönbséget mutatott.

Következtetések: A nemzetközi sztenderdeknek megfelelő újszerű vizsgálati protokoll alkalmasnak látszik hagyományos neuropszichológiai tesztekkel és kutatócsoportunk közelmúltban kidolgozott automatikus beszédfelismerő algoritmusokat alkalmazó tesztjeivel kombinálva egészséges és demencia szindrómával élő személyek multimodális klinikai vizsgálatában történő felhasználásra.

Kulcsszavak: szakkádikus szemmozgások, reflexív szakkád, antiszakkád, Boston Sütülopás kép, disztraktor

BEVEZETÉS

A szakkád mindkét szem ugrásszerű, egyidejű gyors tandem mozgása, amely a tekintet egyik tárgyról a másikra történő fixációja közben, a két fixációs pont közötti elmozdulással megegyező irányban lép fel. A szakkád a vizuális keresés, pásztázás egyik jellegzetes eszköze. A szemek szakkádikus mozgása közben eddigi ismereteink alapján nem történik információfelvétel (Antoniades és mtsai, 2013). A szakkádikus szemmozgások a központi idegrendszer kontrollja alatt álló alapvető jelenségek, amelyek zavara a komplex központi idegrendszeri vezérlés valamilyen szintű érintettségére vezethető vissza. Emiatt elemzésük számos neuropszichiátriai betegségben, pl. demencia szindrómák esetében, a klinikai kutatások középpontjában áll. Az utóbbi évek technikai fejlődésének köszönhetően mára széles körben elérhetővé váltak a noninvazív, magas mintavételi jelfrekvenciájú, szemmozgáskövető kamerákra és a hozzájuk kapcsolt szemmozgásrögzítő és -elemző számítógépes alkalmazásokra alapuló megoldások. Ennek köszönhetően ugrásszerűen bővült a szakkádikus szemmozgások központi idegrendszeri szabályozásával és klinikai állapotokban játszott szerepével kapcsolatos információk mennyisége (Antoniades és mtsai, 2013).

A szakkádikus szemmozgások klasszifikáció szempontjából négyféle kategóriába sorolhatók: vizuálisan vezérelt szakkádok, antiszakkádok, memóriavezérelt, illetve prediktív szakkádok (Antoniades és mtsai, 2013; Leigh és Zee, 2006). A vizuális vezérlésű szakkádok során a szemmozgás egy vizuális inger irányában történik. A vizuális vezérlésű szakkádok jellemzőit (amplitúdó, latencia, csúcsebesség, időtartam) gyakran használják viszonyítási alapként az egyéb kategóriájú szakkádok értékeléséhez is. Ebbe a kategóriába tartoznak a reflexív vagy más néven proszakkádok és a pásztázó szakkádok, amelyek között az alapvető különbség, hogy míg az előbbit külső, a látótér periferiáján felbukkanó vagy eltűnő vizuális inger váltja ki, az utóbbit az egyén azon belső törekvése, amely révén a vizuális környezetét méri fel. Az *antiszakkád* a vizuális ingerrel ellentétes irányú szakkádikus szemmozgást jelent. Mivel a reflexív szakkád – elnevezésével ellentétben – akaratlagosan befolyásolható és elnyomható, a sikeres antiszakkád kivitelezése abból áll, hogy a periférikus vizuális ingerre adott proszakkád gátlása révén, akaratlagosan az ellentétes irányban indított szakkád kerül kivitelezésre (Hallett, 1978). A gátlás és az ezt követő kivitelezés okozza az antiszakkádokra jellemző nagyobb latenciaértéket (Fischer és Weber, 1992; Coe és Munoz, 2017).

A *memóriavezérelt szakkád* egy emlékezetben lévő inger irányában történik vizuális stimulus nélkül. A *prediktív szakkádok* sorozata egy tekintettel fixált és követett mozgó célpont időben és/vagy térben megjósolható elmozdulására irányul.

Az elmúlt évtizedekben kiemelt érdeklődés övezte a szakkádparaméterek változását különböző kórképekben. Számos közlemény számolt be a kognitív zavarral járó betegségekben reflexív szakkádok latenciaértékének növekedéséről és az antiszakkád-hibaráta emelkedéséről (Munoz és Everling, 2004; Peltsch, Hemraj, Garcia és Munoz, 2014; Yang, Wang, Su, Xiao és Kapoula, 2013). Ezzel ellentétben, kimondottan kevés, specifikusan egy-egy betegségre jellemző, biomarkerként használható anomáliát írtak le, amely segítségével egyértelműen azonosítani lehet a szóban forgó betegséget (Warr és Walker, 2012; Javid, Brenton, Guo és Cordeiro, 2016). A vizuális vezérlésű refle-

xív szakkádok és antiszakkádok kórképspecifikus elemzése elősegítheti a differenciáldiagnózist a hagyományos kognitív pszichológiai tesztek és egyéb klinikai vizsgálatok alkalmazása mellett. Továbbá a neurolingvisztikában és a nyelvpatólogiában gyakran használatosak képleírási feladatok, amelyek a diskurzusban bekövetkező olyan változások feltérképezésére és követésére hivatottak, melyek afázia vagy demencia hatására jelennek meg. Ezen képleírások közül a kutatásban a legnépszerűbb a Boston Afázia Teszt Cookie Theft (Sütilopás) feladata (Goodglass és Kaplan, 1983; Giles, Patterson, és Hodges, 1996; Forbes-McKay és Venneri, 2005).

A kéziratban bemutatásra kerülő jelen vizsgálat egy olyan komplex klinikai kutatás első részét képezi, amelynek célja a szemmozgások, ill. egyes nyelvi paraméterek eltéréseinek potenciális biomarkerként történő vizsgálata demenciákban. Az előtanulmányként szolgáló jelen vizsgálat a klinikai kutatáson belül alkalmazni tervezett, olyan szemmozgásvizsgálati protokoll létrehozását és egészséges önkénteseken történő validálását célozza, amely a nemzetközi irodalomban található ajánlásoknak megfelelő általános megfontolások szerint kerül kialakításra, és a klinikai kutatásokban leggyakrabban használt vizsgálati paraméterekkel jellemezhető. Vizsgálatunk másik fontos célja volt, hogy a létrehozott szemmozgásvizsgálati protokollt egészséges önkéntes alanyokon, valós gyakorlati körülmények között teszteljük, és a proszakkádok és antiszakkádok így kapott paramétereinek értékeit a nemzetközileg publikált adatokkal összehasonlítsuk. Fix értékű szakkádamplitúdó mellett a szakkádaparaméterek közül a latenciát, az időtartamot, a csúcsebességet és az iránytévesztési rátát vizsgáltuk (Bahill, Clark és Stark, 1975).

A szakkádikus szemmozgásvizsgálatokban elterjedten alkalmazott, egyszerű szürke-fekete vizuális tesztkörnyezet mellett a kialakításra került vizsgálati protokollunk alternatív változatában a Boston Afázia Teszt Cookie Theft (Sütilopás) feladatában található vonalas rajzot a tesztkörnyezet háttérképeként alkalmaztuk, színes vizuális ingerekkel kiegészítve. Ennek elsődleges oka és célja az volt, hogy a tervezett komplex klinikai vizsgálat részét képező beszédelemzési tesztekben alkalmazott képleírási feladatokkal összeegyeztethető vizuális környezetben is kerüljön kidolgozásra egy szemmozgásvizsgáló protokoll. Az alternatív szemmozgásvizsgáló tesztkörnyezetben a Boston Sütilopás kép adaptált verziójának használata mellett döntöttünk, hogy ezáltal vizsgálati eredményeink nemzetközi összehasonlíthatóságát biztosítsuk, és a szakterület standard vizsgálmódszeréhez is megfelelően igazodjunk, valamint saját eddigi klinikai kutatásaink során alkalmazott, Boston Afázia Tesztre alapuló képleírási feladatok eredményeivel is kompatibilisek legyünk (Gosztolya és mtsai, 2019).

A kétféle vizuális környezetben végrehajtott szakkádikus szemmozgásvizsgálatok eredményeit egymással is összevetettük, és hipotézisünk az volt, hogy a jelentésteli disztraktor háttéringerrel ellátott tesztkörnyezet hatással lesz a szakkádaparaméterekre pro- és antiszakkád feladatban is: ezen csoport nagyobb mértékű iránytévesztéssel, több szakkádhibával, nagyobb latenciával és csúcsebességgel jellemezhető, mint a hagyományos szürke-fekete vizuális tesztkörnyezetben vizsgált csoport.

MÓDSZEREK

Vizsgálati minta

A vizsgálatokat egészséges önkéntes alanyokon végeztük. A vizsgálati alanyokat két csoportban vizsgáltuk: az *1. számú csoport* ($N = 24$) 10 nő és 14 férfi tagból állt, akik életkora 35 és 62 év között változott ($M = 45,00$; $SD = 7,38$; $Mdn = 43,00$ év). A *2. számú csoport* ($N = 22$) 50 és 71 év között változó életkorú 7 nőből és 15 férfiből állt ($M = 60,23$; $SD = 6,98$; $Mdn = 60,50$ év). A csoportokba történő besorolásnál nem alkalmaztunk randomizálást.

A vizsgálatból történő kizárási indokot jelentett az önkéntes jelentkezők anamnézisében szereplő agyvérzés, szembetegség, glaukóma, súlyos mértékű miópia ($D > 10,0$; korrekcióval kezelt is), meglévő neurodegeneratív és pszichiátriai betegségek, a demenciák összes típusa, Alzheimer-kór és Parkinson-kór. Az összesen 50 jelentkező közül 1-1 fő korábbi agyvérzés, nagyfokú miópia, illetve glaukóma miatt nem került beválogatásra. A fennmaradó egy fő teszteredménye az antiszakkád tesztben mutatott értékelési küszöbkritérium alatti teljesítmény miatt nem szerepelt az elemzésekben.

Kutatásetikai és adatkezelési eljárásrend

A vizsgálati alanyok a vizsgáló orvostól személyes szóbeli tájékoztatást kaptak a vizsgálati eljárásról, az elvégzendő tesztekéről és a vizsgálat menetéről. A jelentkezők a vizsgálatokba történő, írásbeli informált beleegyezésüket adták. A vizsgálati protokoll a Szege-di Tudományegyetem Szent-Györgyi Albert Klinikai Központ Humán Orvosbiológiai Intézményi és Regionális Kutatásetikai Bizottság jóváhagyásával került alkalmazásra (engedélyszám: 239/2017-SZTE).

A vizsgálat során az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról szóló 2011. évi CXII. törvény, az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok kezeléséről és védelméről szóló 1997. évi XLVII. törvény rendelkezéseit alkalmaztuk. A beteg adatainak kezelése megfelelt az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 rendelete (GDPR) szabályainak. A vizsgálati eredmények nyilvántartása, tárolása és feldolgozása az illető személyes adataitól mentesen, teljes anonimizálást követően történt.

Szemmozgásvizsgáló berendezés

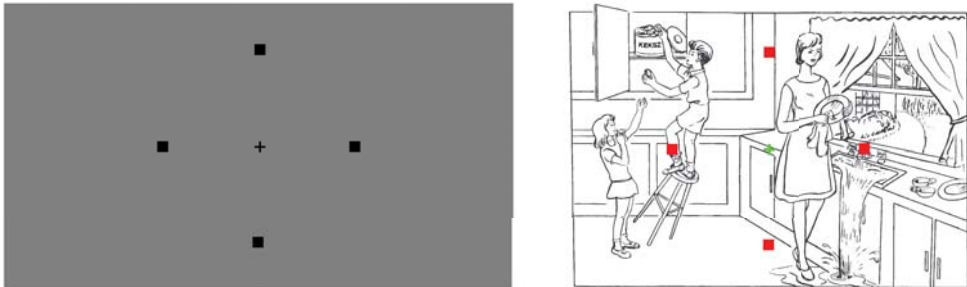
A vizsgálatokat Tobii Pro X3-120 berendezéssel (Tobii Pro, Tobii AB, Stockholm, Svédország), 120 Hz mintavételi frekvencia mellett végeztük, a gyártó ajánlásainak betartása mellett, 27" 1920 × 1080 képpont felbontású LCD-monitor használatával. A szemmozgások követésével és rögzítésével járó számítógép-műveleteket a gyártó által biztosított külső adatfeldolgozó egység végezte (Tobii Pro External Processing Unit, Tobii Pro, Tobii AB, Stockholm, Svédország). A szemmozgások rögzítéséhez és a szakkádikus szemmozgások paramétereinek kinyeréséhez Tobii Pro Lab alkalmazást (Tobii Pro, Tobii

AB, Stockhom, Svédország, verziószám: 1.123) használtunk. A szemmozgások mindkét szemes rögzítéséhez az alkalmazás alapértelmezett tekintéskövetési szűrőjét alkalmaztuk (Tobii Velocity-Threshold Identification [I-VT] Gaze Filter), annak alapértelmezett beállításai mellett: gap fill-in: off; szemválasztás: átlagos; zajszűrés: Moving Median; sebességkalkulátor: 20 ms időablak; I-VT fixációs osztályozó: 30 ms határérték (Salvucci és Goldberg, 2000; Komogortsev, Gobert, Jayarathna, Koh és Gowda, 2010), fixációk közötti maximális idő: 75 ms; maximum eltérés: 0,5 fok; minimum fixáció: 60 ms.

Szemmozgásvizsgálati tesztek

A vizsgálati alanyok a tesztek a Tobii Pro X3-120 kamerától 65 cm távolságban elhelyezett széken, kényelmes ülőhelyzetben, elsötétített vizsgálóhelyiségben végezték. A vizsgálatokat fej támasz alkalmazása nélkül végeztük, az alanyok feje nem került rögzítésre. A pupillák sötétadaptációjához 3 perces időtartamot biztosítottunk az alanyok számára a teszt megkezdése előtt. Minden egyes teszt első lépéseként a vizsgálati alanyok a Tobii Pro Lab alkalmazás beépített 9 pontos kalibrációját hajtották végre, majd ezután, a szóbeli és a képernyőn látható instrukciókat követően, egy feladatonként 5-5 lépésből álló gyakorlásra volt lehetőségük a teszt megkezdése előtt.

A szemmozgásokat két eltérő vizuális felépítésű testváltozatban vizsgáltuk. A két változat közötti alapvető különbséget a tesztben használt háttérgrafika és a megjelenő vizuális ingerek színe jelentette. A centrális fixációs inger és a célingerek mérete, kiterítése, az ingerek időzítése, a tesztfelépítés és a vizsgálatok egyéb paraméterei a két tesztben teljesen megegyezők voltak. A két változat teljes vizuális tartalmát az 1. ábra mutatja be.



1. ábra. A Standard [STD] és Boston Sütilopás [BSL] háttérrel alkalmazó teszt teljes vizuális tartalma

Megjegyzés: bal oldali kép – STD környezet: 1920 × 1080 képpont méretű, 50%-os szürke árnyalatú homogén háttér, 1° méret, fekete színű centrális fixációs kereszt és fekete színű célinger négyzetek 10° eltéréssel; *jobb oldali kép* – BSL környezet: 1920 × 1080 képpont méretű, fehér homogén háttéren fekete vonalas rajz digitálisan javított minőségű, magyar nyelvre adaptált („Cookie jar” = „Keksz”) változata, 1° méretű, zöld színű centrális fixációs kereszt és piros színű célinger négyzetek 10° eltéréssel

Standard teszt (STD)

Az első, hagyományos tesztben a képernyő háttere homogén 50%-os szürkeárnyalattú volt, megfelelő kontrasztot biztosítva a feladat végrehajtásához (Peltsch és mtsai, 2014). A tesztben alkalmazott centrális fixáció ingere a képernyő középpontjában megjelenő, 1° méretű, fekete színű kereszt, a szakkádok kiváltásához használt ingerek ugyancsak 1° méretű, fekete négyzetek voltak, amelyek a centrális fixációs kereszthez viszonyítva 10°-os periférikus eltérítésben, alatta, felette, jobbra vagy balra jelentek meg pszeudorandom sorrendben. Az STD típusú teszteket az 1. számú vizsgálati csoport végezte, amire emiatt STD csoportként hivatkozunk a szövegben.

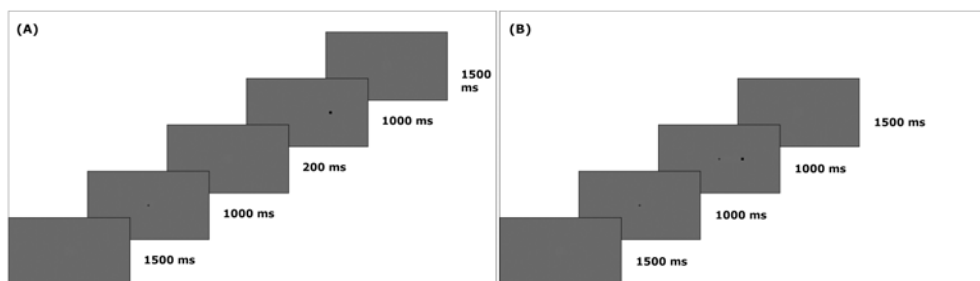
Boston Sütilopás teszt (BSL)

Ebben a tesztben a képernyő hátterét a neurolingvisztikában és a nyelvpatólogiában gyakran alkalmazott képleírás feladatok egyik legnépszerűbb változatában, a Boston Sütilopás (Boston Cookie Theft) feladatban (Goodglass és Kaplan, 1983) alkalmazott, fekete-fehér grafika 1920 × 1080 képpontos képernyőfelbontásra és magyar nyelvre adaptált, digitális verziója alkotta. A centrális fixáció ingere a kép középpontjában megjelenő 1° méretű, zöld színű kereszt, a szakkádok kiváltásához használt ingerek ugyancsak 1° méretű, piros négyzetek voltak, amelyek a centrális fixációs kereszthez viszonyítva 10° eltérítésben, alatta, felette, jobbra vagy balra jelentek meg pszeudorandom sorrendben. A BSL típusú teszteket a 2. számú vizsgálati csoport végezte, amelyre a továbbiakban BSL csoportként hivatkozunk a szövegben.

Gap és overlap típusú feladatok

Vizsgálatainkban a szakkádikus szemmozgásvizsgálatokban régóta elterjedten használt gap és overlap feladatokat egyaránt alkalmaztuk (Saslow, 1967). A két feladat felépítését a 2. ábra mutatja be.

A *gap* típusú feladat felépítése megegyezett a korábban megjelent közleményekben szereplő, egyik elterjedten alkalmazottal (Reuter-Lorenz, Hughes és Fendrich,



2. ábra. A tesztben alkalmazott gap és overlap feladat szekvenciális felépítése

Megjegyzés: bal oldali kép – balról jobbra haladva, a gap feladat egy ciklusának sematikus sorrendje; jobb oldali kép – balról jobbra haladva, az overlap feladat egy ciklusának sematikus sorrendje

1991). Egy feladatciklus a háttéren megjelenő, 1000 ms időtartamig látható centrális fixációs ingerrel kezdődött, majd 200 ms-ig csak a háttérteret ábrázoló lépést követően megjelenő, 1000 ms időtartamig tartó szakkádikus célingerrel folytatódott, amelynek eltűnését egy 1500 ms időtartamú újabb, csak háttérteret ábrázoló lépés követte. Ezután az előző négy lépésből álló, új ciklus kezdődött. Egy gap típusú feladatblokk 20 egyforma ciklusból épült fel.

Az *overlap* típusú feladatblokk szintén a háttéren megjelenő, 1000 ms időtartamig látható centrális fixációs ingerrel kezdődött, amelyet azonban a centrális fixációs inger eltűnése nélkül megjelenő, 1000 ms ideig látható szakkádikus stimulus követett. Tehát a szakkádikus stimulus a centrális fixációs ingerrel együttesen, időbeli átfedésben volt látható, majd mindkettő eltűnését követően, a ciklus 1500 ms hosszúságú, csak a háttérteret ábrázoló lépéssel ért véget. Ezután az előző három lépésből álló, új ciklus kezdődött. Egy *overlap* típusú feladatblokk szintén 20 azonos felépítésű ciklusból állt.

Proszakkádikus szemmozgásvizsgálatok

A reflexív vagy más néven proszakkádok vizsgálatához alkalmazott gap és *overlap* típusú feladatokban a vizsgálati alanyoknak szóló utasítás abból állt, hogy a centrális fixációs ingerhez képest bármelyik irányban megjelenő stimulusra – annak megjelenését követően – gyorsan pillantsanak rá, majd a stimulus eltűnését követően újra a centrális fixációs jelre fókuszáljanak (Antoniades és mtsai, 2013).

A szakkádikus stimulus megjelenési időpontjához viszonyítva csak a 80 ms alsó (Fischer és Weber, 1997) és 540 ms felső határértékek (Klein, Raschke és Brandenbusch, 2003) közötti latenciát mutató szakkádokat fogadtuk el az ingerhez kapcsolódó, érvényes reflexív szakkádként. A proszakkád validitásának és a feladat iránytévesztési arányának meghatározásánál csak a stimulus pozíciójával megegyező irányban, szimmetrikusan elhelyezkedő, 90 fokos körszelet határain belül detektált szakkádokat tartottuk helyes irányban kivitelezettnek, az 1. táblázat adatai és a 3. ábra példája szerint.

A ciklus alatt rögzítésre került, 100 °/s csúcsebességértéknél lassabb szakkádokat, függetlenül a latenciaidejük értékétől és helyes irányuktól, nem vettük figyelembe reflexív szakkádként (Liu, Zhao, Ren, Wang és Zheng, 2018). Azon vizsgálati alany eredményei nem kerültek bele a végső statisztikai elemzésekbe, aki feladatonként nem produkált minimum 10-10 érvényes (50%) szakkádtípust.

1. táblázat. Helyes szakkádirány meghatározása a pro- és antiszakkád vizsgálatokban

célinger pozíció	helyes proszakkád iránya	helyes antiszakkád iránya
alul	225–315°	45–135°
felül	45–135°	225–315°
balra	135–225°	315–360° vagy 0–45°
jobbra	315–360° vagy 0–45°	225–315°

Megjegyzés: A célinger pozíciójától függően kapott helyes szakkád iránya fokban megadva a centrális fixációs inger pozíciójából mint középpontból számított, fokban megadott határértékek között kell legyen.



3. ábra. A Boston Sütilopás [BSL] képet háttérként alkalmazó tesztekben detektált helyes szakkádirány elbírálásának sematikus ábrázolása

Megjegyzés: bal oldali kép – proszakkád vizsgálati példa: bal oldali célinger esetén helyes irányúnak elfogadott szakkád a háromszögalakú területen belül található; *jobb oldali kép* – antiszakkád vizsgálati példa: felső célinger esetén helyes irányúnak elfogadott szakkád a háromszögalakú területen belülről esik

Antiszakkádikus szemmozgásvizsgálatok

Az antiszakkádok vizsgálatához alkalmazott gap és overlap típusú feladatokban a vizsgálati alanyoknak szóló utasítás abból állt, hogy a centrális fixációs ingerhez képest bármelyik irányban megjelenő stimulus pozíciójával ellentétes irányba tekintsenek az inger megjelenését követően, majd a stimulus eltűnését követően újra a centrális fixációs jelre fókuszáljanak (Antoniades és mtsai, 2013).

A szakkádikus stimulus megjelenéséhez viszonyított latencia 80 ms alsó és 540 ms felső határértéke, a proszakkádokéhoz hasonlóan változatlan volt az ingerhez kapcsolódó érvényesség elbírálásában. Az antiszakkád validitásának és a feladat iránytévesztési arányának meghatározásánál csak a megjelenő stimulus pozíciójával *ellentétes* irányban elhelyezkedő 90 fokos körszelet határain belül detektált szakkádokat fogadtuk el helyes irányban kivitelezett antiszakkádként, szintén az 1. táblázat adatai és a 3. ábra példája szerint. A proszakkádok eseténél alkalmazott szabály itt is érvényes volt: a ciklus alatt rögzítésre került, 100 °/s csúcsebességértéknél lassabb szakkádokat, függetlenül a latenciaidejük értékétől és helyes irányuktól, szintén nem vettük figyelembe. Azon vizsgálati alany eredményei szintén nem kerültek bele a végső statisztikai elemzésekbe, aki feladatonként nem produkált minimum 10-10 érvényes (50%) szakkádtípust.

Ingerbemutatók elrendezése

Minden vizsgálati alany esetében a vizsgálat egy proszakkádikus tesztből és egy azt követő antiszakkádikus tesztből állt. Mindkét teszt során a 20 ciklusból álló gap feladatot a szintén 20 ciklusos overlap feladat követte, szünet nélkül. A pro- és antiszakkádikus teszt között 1 perces szünet volt. A vizsgálati alanyok minden elvégzendő feladatsor előtt szóbeli és a képernyőn olvasható instrukciókat kaptak. A Boston Sütilopás teszt-környezetben a proszakkádikus teszt elindítása előtt minden vizsgálati alany részére 60 másodperces időtartamot biztosítottunk a BSL háttérkép néma áttekintésére.

Adatfeldolgozás és statisztikai analízis

A rögzített szemmozgásrekordok adatait a Tobii Pro Lab alkalmazás segítségével exportáltuk, és Microsoft Excel 2016 MSO (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Amerikai Egyesült Államok, verziószám: 16.0.12730.20144), illetve Microsoft Visual Basic (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Amerikai Egyesült Államok, verziószám: 7.1.1097) programmal dolgoztuk fel. A statisztikai elemzésekhez az adatok előfeldolgozása is Microsoft Excel alkalmazásban történt. A Tobii Pro Lab alkalmazás beépített gyári algoritmus segítségével automatikusan detektálja és jelöli a rögzített állományban előforduló szakkádokat. A rögzítésre került szemmozgásrekordok tartalmazzák az egyes jelölésre került szakkádok kezdetének és végének, valamint az alkalmazott stimulusoknak az időbélyegzőjét, mely alapján a szakkád latenciája és időtartama egyszerűen meghatározható. A szoftver által kiexportált Saccade Metrics állomány ezenfelül tartalmazza a kérdéses szakkád irányát és csúcsebességét. A szakkád irányának értéke alapján meghatározható volt a szakkád iránnyal való helyessége.

Meghatároztuk minden vizsgálati alany érvényes szakkádjaira vonatkozóan a latencia, időtartam és csúcsebesség egyedi és egyénre jellemző átlagértékét a gap és overlap feladatban, valamint a két vizsgálati csoportban (STD/BSL) kapott átlagértékeket. Ugyancsak meghatároztuk a helytelen irányban kivitelezett pro- és antiszakkádok arányát az összes érvényes szakkád százalékos arányában kifejezve (iránytévesztési ráta), egyénenként és csoportonként.

Az eredmények statisztikai elemzése JASP statisztikai elemzőszoftver segítségével történt (JASP Team, 2020, verziószám: 0.12.2, Windows 64-bit). Az STD/BSL tesztek gap/overlap és proszakkád/antiszakkád feladataiban kapott változók értékeinek normál eloszlását Shapiro–Wilk-teszt segítségével ellenőriztük. A mintáinkban található, nem normál eloszlást mutató szemmozgás-paraméterekre tekintettel a vizsgálati csoportokon belüli gap-overlap és proszakkád-antiszakkád paraméterek összehasonlításához Wilcoxon-féle előjeles rangpróbát, az összes paraméter csoportok közötti összehasonlításához Mann–Whitney U-tesztet végeztünk. A szemmozgás-paraméterek vizsgálati csoportok közötti összehasonlítására az életkort mint kovariánst alkalmazó egyszempontos kovarianciaanalízist (ANCOVA) is kiviteleztünk. A szakkádikus paramétereknek az alanyok életkorával való összefüggését Kendall-féle rangkorrelációs vizsgálattal ítéltük meg. Az alkalmazott összes teszt statisztikai szabadságfoka egységes volt ($\alpha = 0,05$).

Az eredmények közlésében a leíró statisztikai paraméterek, és a normalitásvizsgálatot követően a csoporton belüli gap és overlap eredmények bemutatása, ezt követően a vizsgálati csoporton belüli szakkád és antiszakkád paraméterek összevetése, végül a csoportok közötti szakkádparaméter-különbségek ismertetése történik, tekintetbe véve a csoportok közötti életkori különbségek szerepét (és annak kontrollálását).

EREDMÉNYEK

Leíró statisztika és normalitásvizsgálat

A vizsgálati csoportokban produkált proszakkád és antiszakkád paraméterek jellemzőinek összefoglalását a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A vizsgálati csoportok proszakkád és antiszakkád paramétereinek leíró statisztikája és normalitásvizsgálata

STD csoport (N = 24)	Proszakkád paraméterek								
	M	Mdn	SD	variancia	ferdeség	csúcsosság	W	p	eloszlás
életkor* (év)	45	43,0	7,54	56,783	0,971	0,183	0,895	0,017	nem normál
nem*** (férfi, nő)	1,417	1,000	0,504	0,254	0,361	-2,048	0,629	<0,001	nem normál
gáplatencia (ms)	153,27	147,83	26,69	712,568	0,58	-0,507	0,946	0,220	normál
overlappatencia (ms)	186,39	182,93	28,05	786,689	0,281	-0,315	0,962	0,476	normál
gápidőtartam (ms)	46,67	47,07	6,10	37,255	-0,126	-0,437	0,959	0,409	normál
overlappidőtartam (ms)	46,53	46,37	6,96	48,467	-0,021	-1,097	0,958	0,393	normál
gápcúcssebesség (°/s)	342,74	346,56	42,58	1 813,365	-0,39	-0,7	0,955	0,401	normál
overlappcúcssebesség (°/s)	330,82	337,43	39,51	1 561,371	-0,346	-0,611	0,945	0,205	normál
gápiránytévészési ráta*** (%)	8,61	6,28	12,28	150,753	2,034	4,672	0,728	<0,001	nem normál
overlappiránytévészési ráta*** (%)	6,06	0,00	7,90	62,407	1,101	0,181	0,773	<0,001	nem normál
BSL csoport (N = 22)	M	Mdn	SD	variancia	ferdeség	csúcsosság	W	p	eloszlás
életkor (év)	60,23	60,5	6,98	48,755	0,257	-0,546	0,956	0,416	normál
nem*** (férfi, nő)	1,273	1,000	0,456	0,208	1,097	-0,887	0,562	<0,001	nem normál
gáplatencia (ms)	159,43	153,85	27,33	746,853	0,347	-0,074	0,980	0,913	normál
overlappatencia (ms)	179,53	169,76	31,14	969,966	0,537	-0,362	0,952	0,342	normál
gápidőtartam (ms)	41,24	42,33	6,14	37,643	0,145	-0,749	0,959	0,474	normál
overlappidőtartam (ms)	39,15	38,27	7,73	59,75	0,116	-0,563	0,958	0,440	normál
gápcúcssebesség (°/s)	320,44	319,51	29,12	848,11	0,079	-0,377	0,982	0,953	normál
overlappcúcssebesség (°/s)	316,50	313,46	25,32	641,218	0,936	1,72	0,948	0,462	normál
gápiránytévészési ráta** (%)	6,94	6,67	7,86	61,737	0,761	-0,422	0,833	0,002	nem normál
overlappiránytévészési ráta*** (%)	7,96	0,00	10,59	112,075	1,536	2,745	0,764	<0,001	nem normál

Antiszakkád paraméterek

STD csoport (N = 24)	M	Mdn	SD	variancia	ferdeség	csúcsosság	W	p	eloszlás
gap latencia (ms)	222,51	215,09	30,452	927,325	0,404	-0,652	0,960	0,436	normál
overlap latencia* (ms)	248,96	255,11	20,507	420,553	-0,999	0,958	0,907	0,031	nem normál
gap időtartam (ms)	59,97	59,50	11,440	130,874	0,332	-0,440	0,976	0,822	normál
overlap időtartam (ms)	57,81	58,05	9,876	97,538	-0,002	-0,059	0,976	0,803	normál
gap csúcssebesség (°/s)	288,84	285,14	48,451	2347,532	-0,059	0,146	0,980	0,899	normál
overlap csúcssebesség (°/s)	276,22	281,07	56,408	3181,890	0,001	-1,005	0,960	0,443	normál
gap iránytévesztési ráta*** (%)	7,47	0,00	9,402	88,396	0,967	-0,075	0,782	<0,001	nem normál
overlap iránytévesztési ráta*** (%)	6,07	0,00	7,613	57,955	0,804	-0,895	0,764	<0,001	nem normál

BSL csoport (N = 22)	M	Mdn	SD	variancia	ferdeség	csúcsosság	W	p	eloszlás
gap latencia (ms)	223,81	230,31	66,082	4366,848	-0,081	-0,883	0,969	0,752	normál
overlap latencia (ms)	240,13	260,65	64,366	4142,956	-0,369	-1,159	0,928	0,160	normál
gap időtartam (ms)	40,94	39,38	10,616	112,691	0,225	-0,815	0,956	0,500	normál
overlap időtartam (ms)	41,54	41,19	11,966	143,189	0,521	0,168	0,956	0,501	normál
gap csúcssebesség (°/s)	270,22	255,96	58,732	3449,459	0,311	-1,353	0,922	0,157	normál
overlap csúcssebesség (°/s)	268,44	269,85	42,828	1834,228	-0,213	0,338	0,965	0,751	normál
gap iránytévesztési ráta* (%)	21,71	14,29	20,720	429,321	1,099	0,882	0,893	0,037	nem normál
overlap iránytévesztési ráta*** (%)	13,54	12,50	14,150	200,233	1,204	1,187	0,861	0,001	nem normál

Megjegyzés: M: átlag; Mdn: medián; SD: szórás; W: Shapiro–Wilk-teszt eredménye; p: Shapiro–Wilk-teszt szignifikanciaértéke; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

A Shapiro–Wilk-teszt eredményei alapján megállapítható, hogy az STD csoportban nem normál eloszlást mutatott az életkor [$W(24) = 0,895$; $p = 0,017$] és a nem [$W(24) = 0,629$; $p < 0,001$]. A proszakkád paraméterek közül az STD csoportban a gap iránytévesztési ráta [$W(24) = 0,7282$; $p \leq 0,001$] és overlap iránytévesztési ráta [$W(24) = 0,773$; $p < 0,001$] mutatott nem normál eloszlást. A BSL csoportban szintén nem normál eloszlást követett a vizsgálati alanyok neme [$W(22) = 0,562$; $p < 0,001$], valamint a gap iránytévesztési ráta [$W(22) = 0,833$; $p = 0,002$] és az overlap iránytévesztési ráta [$W(22) = 0,764$; $p < 0,001$]. Az antiszakkád feladatok tekintetében az STD csoportban az overlap latencia [$W(24) = 0,907$; $p = 0,031$], a gap iránytévesztési ráta [$W(24) = 0,782$; $p < 0,001$] és overlap iránytévesztési ráta [$W(24) = 0,764$; $p < 0,001$] mutatott nem normál eloszlást. A BSL csoportban ugyancsak nem normál eloszlást követett az

antiszakkád gap iránytévesztési ráta [$W(22) = 0,893$; $p = 0,037$] és az overlap iránytévesztési ráta [$W(22) = 0,861$; $p < 0,001$]. A normalitásvizsgálat eredményei és a vizsgálati minták jellemzői alapján a további statisztikai elemzések során nem paraméteres próbákat alkalmaztunk.

Vizsgálati csoporton belüli gap és overlap eredmények összehasonlítása

A proszakkád paraméterek tekintetében az elvégzett Wilcoxon-féle előjeles rangpróba eredményei alapján megállapítást nyert, hogy a *saját vizsgálati csoporton belül* mért proszakkád időtartam-, csúcsebesség- és iránytévesztési ráta értékekben kimutatható gap/overlap különbségek mértéke statisztikailag nem volt szignifikáns. Az STD csoportban a proszakkád latencia az overlap feladatban nagyobb volt ($Mdn = 182,93$), mint a gap feladatban ($Mdn = 147,83$), és a különbség statisztikailag szignifikáns mértékű volt ($Z = -5,295$; $p < 0,001$; $r = 0,872$). Hasonlóképpen, a BSL csoportban a proszakkád latencia az overlap feladatban nagyobb volt ($Mdn = 169,76$), mint a gap feladatban ($Mdn = 153,85$), és a különbség statisztikailag szignifikáns mértékű volt ($Z = -3,063$; $p = 0,002$; $r = 0,623$).

Az antiszakkád paraméterek esetében a Wilcoxon-féle előjeles rangpróba eredményei azt mutatták, hogy a *saját vizsgálati csoporton belül* mért antiszakkád időtartam, csúcsebesség és iránytévesztési ráta értékekben a gap/overlap különbségek mértéke statisztikailag nem volt szignifikáns. Az STD csoportban az antiszakkád overlap latencia nagyobb volt ($Mdn = 255,11$), mint a gap feladatban ($Mdn = 215,09$), és a különbség statisztikailag szignifikáns mértékű volt ($Z = -3,586$; $p < 0,001$; $r = 0,732$). A BSL csoportban az antiszakkád overlap latenciaértéke szintén nagyobb volt ($Mdn = 260,65$), mint a gap feladatban ($Mdn = 230,31$), de a különbség nem ért el statisztikailag szignifikáns mértéket ($Z = -1,459$; $p = 0,145$; $r = 0,337$).

Vizsgálati csoporton belüli proszakkád és antiszakkád eredmények összehasonlítása

Az ugyanazon vizsgálati tesztkörnyezetben kapott, vizsgálati csoporton belüli proszakkádikus paraméterértékek ugyanazon csoport antiszakkádikus paraméterértékekkel történő összehasonlítása Wilcoxon-féle előjeles rangpróbával történt.

Az STD csoporton belül a kétféle szakkádikus szemmozgás latenciája, időtartama és csúcsebessége a gap és overlap feladatban egyöntetűen különböző volt, míg az iránytévesztési rátákban nem találtunk különbségeket.

A proszakkádikus gap és overlap latenciaértékek ($Mdn = 147,83$ és $Mdn = 182,93$), valamint időtartamértékek ($Mdn = 47,07$ és $Mdn = 46,37$) alacsonyabbak voltak, mint antiszakkádikus megfelelőik ($Mdn = 215,09$ és $Mdn = 255,11$, valamint $Mdn = 59,50$ és $Mdn = 58,05$), és ezek a különbségek szignifikáns mértékűek voltak ($Z = -5,295$; $p < 0,001$; $r = 0,872$; és $Z = -5,295$; $p < 0,001$; $r = 0,872$; valamint $Z = -3,586$; $p < 0,001$; $r = 0,732$; és $Z = -4,31$; $p < 0,001$; $r = 0,784$). Ezzel egyidejűleg, a proszakkádikus gap és overlap csúcsebességek ($Mdn = 346,56$ és $Mdn = 337,43$) magasabb értékűek voltak az antiszakkádikus megfelelőjükhöz képest ($Mdn = 291,29$ és $Mdn = 281,07$), és a kü-

lönbség szignifikáns mértékűnek bizonyult ($Z = 3,478$; $p < 0,001$; $r = 0,692$; és $Z = 4,358$; $p < 0,001$; $r = 0,79$).

A BSL csoporton belül a kétféle szakkádikus szemmozgás gap és overlap feladatban mért latenciája és csúcssebessége egyaránt eltérő volt, míg az időtartamokban nem mutattunk ki szignifikáns eltéréseket. Az iránytevesztési gyakoriságokban talált különbség a gap feladatban statisztikailag szignifikáns mértékűnek mutatkozott.

A proszakkádikus gap és overlap latenciaértékek ($Mdn = 151,18$ és $Mdn = 169,76$) alacsonyabbak voltak, mint antiszakkádikus megfelelőik ($Mdn = 228,80$ és $Mdn = 258,08$), és a különbségek szignifikáns mértékűek voltak ($Z = -3,956$; $p < 0,001$; $r = 0,821$; és $Z = -3,592$; $p < 0,001$; $r = 0,77$). A proszakkádikus gap és overlap csúcssebességértékek ($Mdn = 319,51$ és $Mdn = 314,99$) magasabbak voltak, mint antiszakkádikus megfelelőik ($Mdn = 250,47$ és $Mdn = 266,01$), és a különbségek szignifikáns mértékűek voltak ($Z = 2,543$; $p = 0,011$; $r = 0,614$; és $Z = 3,137$; $p = 0,002$; $r = 0,795$). A gap feladatban detektált proszakkádikus iránytevesztési gyakoriság értéke ($Mdn = 6,67$) alacsonyabb volt, mint az antiszakkádikus megfelelője ($Mdn = 14,29$), és a különbség szignifikáns mértékű volt ($Z = -2,202$; $p = 0,028$; $r = 0,534$).

Vizsgálati csoportok közötti különbségek a szakkádikus paraméterekben

A proszakkád, illetve antiszakkád tesztekben a vizsgálati csoportok szerinti, Mann-Whitney U-próbával történő összehasonlítás eredményeit a 3. táblázat mutatja be.

A proszakkád paraméterek közül statisztikailag szignifikáns eltérés mutatkozott a gap időtartam ($U = 140$; $p = 0,007$; $r = 0,400$) és az overlap időtartam ($U = 123$; $p = 0,002$; $r = 0,456$) értékeiben. A proszakkád latencia, csúcssebesség, illetve az iránytevesztési ráta paraméterekben nem volt szignifikáns eltérés a csoportok mediánértékei között.

Az antiszakkád paraméterek közül statisztikailag szignifikáns eltérés volt a gap időtartam ($U = 50$; $p < 0,001$; $r = 0,662$), az overlap időtartam ($U = 72$; $p < 0,001$; $r = 0,580$), illetve a gap iránytevesztési ráta ($U = 125,5$; $p = 0,010$; $r = 0,393$) értékeiben. Az antiszakkád latencia, csúcssebesség, illetve az overlap iránytevesztési ráta paraméterekben nem találtunk szignifikáns eltérést a csoportok között.

3. táblázat. A vizsgálati csoportok közötti eltérések összehasonlító vizsgálatának eredményei

Tesztalany jellemzők	Mann-Whitney U-próba		
	U	r	p
életkor***	41	0,722	< 0,001
nem	302	0,144	0,318

Proszakkád paraméterek	U	r	p
gap latencia	223	0,131	0,373
overlap latencia	224	0,128	0,385
gap időtartam**	140	0,400	0,007
overlap időtartam**	123	0,456	0,002
gap csúcssebesség	142	0,301	0,051
overlap csúcssebesség	135	0,247	0,119
gap iránytevesztési ráta	251	0,002	0,990
overlap iránytevesztési ráta	231,5	0,074	0,621

Antiszakkád paraméterek	<i>U</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
<i>gap latencia</i>	223	0,017	0,912
<i>overlap latencia</i>	209	0,069	0,651
<i>gap időtartam***</i>	50	0,662	< 0,001
<i>overlap időtartam***</i>	72	0,580	< 0,001
<i>gap csúcssebesség</i>	161	0,176	0,261
<i>overlap csúcssebesség</i>	174	0,076	0,629
<i>gap iránytévesztési ráta**</i>	125,5	0,393	0,010
<i>overlap iránytévesztési ráta</i>	157	0,275	0,071

Megjegyzés: ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Az életkor és a szakkádikus paraméterek összefüggése

A proszakkád változók Kendall-féle rangkorrelációs vizsgálat 4. táblázatban bemutatott eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgálati alanyok életkorának növekedésével a szakkádlatencia változása az STD csoport gap feladatában gyenge, pozitív irányú és statisztikailag szignifikáns ($r = 0,348$; $p = 0,025$) volt, míg a BSL csoport overlap feladatában közepes erősségű, pozitív irányú és statisztikailag szignifikáns ($r = 0,445$; $p = 0,022$) összefüggést mutatott. A proszakkád időtartamok, csúcssebességek és iránytévesztési ráták egyik vizsgálati csoportban sem mutattak statisztikailag szignifikáns összefüggéseket az életkorral.

4. táblázat. Az életkor és a szakkádikus paraméterértékek összefüggésének korrelációs vizsgálata a vizsgálati csoportokban

Proszakkád paraméterek	STD csoport (N = 24)		BSL csoport (N = 22)	
	τ_b	<i>p</i>	τ_b	<i>p</i>
<i>gap latencia</i>	0,348	0,025	0,329	0,091
<i>overlap latencia*</i>	0,225	0,149	0,445	0,022
<i>gap időtartam</i>	-0,203	0,193	-0,135	0,487
<i>overlap időtartam</i>	0,110	0,479	0,155	0,427
<i>gap csúcssebesség</i>	-0,110	0,479	-0,019	0,921
<i>overlap csúcssebesség</i>	-0,075	0,631	-0,058	0,766
<i>gap iránytévesztési ráta</i>	-0,158	0,340	-0,291	0,154
<i>overlap iránytévesztési ráta</i>	-0,168	0,320	0,000	1,000

Antiszakkád paraméterek	STD csoport (N = 24)		BSL csoport (N = 22)	
	τ_b	<i>p</i>	τ_b	<i>p</i>
<i>gap latencia**</i>	0,189	0,204	0,545	0,007
<i>overlap latencia**</i>	-0,070	0,636	0,590	0,004
<i>gap időtartam</i>	0,100	0,501	0,189	0,351
<i>overlap időtartam**</i>	0,129	0,384	0,522	0,010
<i>gap csúcssebesség</i>	-0,174	0,242	0,011	0,956
<i>overlap csúcssebesség</i>	-0,026	0,862	0,100	0,621
<i>gap iránytévesztési ráta</i>	0,035	0,827	0,057	0,782
<i>overlap iránytévesztési ráta</i>	0,079	0,623	-0,137	0,506

Megjegyzés: τ_b : Kendall's tau-b, Kendall-féle rangkorrelációs együttható; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Az antiszakkád változók Kendall-féle rangkorrelációs vizsgálati eredménye alapján megállapítható, hogy az STD csoportban egyik szakkádparaméterre nézve sem állt fenn statisztikailag szignifikáns összefüggés a vizsgálati alanyok életkorával. A BSL csoportban a szakkádlátencia a gap feladatban ($r = 0,545$; $p = 0,007$) és az overlap feladatban ($r = 0,590$; $p = 0,004$) is közepes erősségű, pozitív irányú és statisztikailag szignifikáns összefüggést mutatott. Az antiszakkád időtartamok közül az overlap feladatban kapott, szintén ugyanilyen jellegű szignifikáns összefüggésről árulkodott ($r = 0,522$; $p = 0,010$), míg a gap időtartam nem mutatott szignifikáns összefüggést ($r = 0,190$; $p = 0,351$). Az antiszakkád csúcsebességek és iránytévesztési ráták egyik vizsgálati csoportban sem mutattak statisztikailag szignifikáns összefüggést az életkorral.

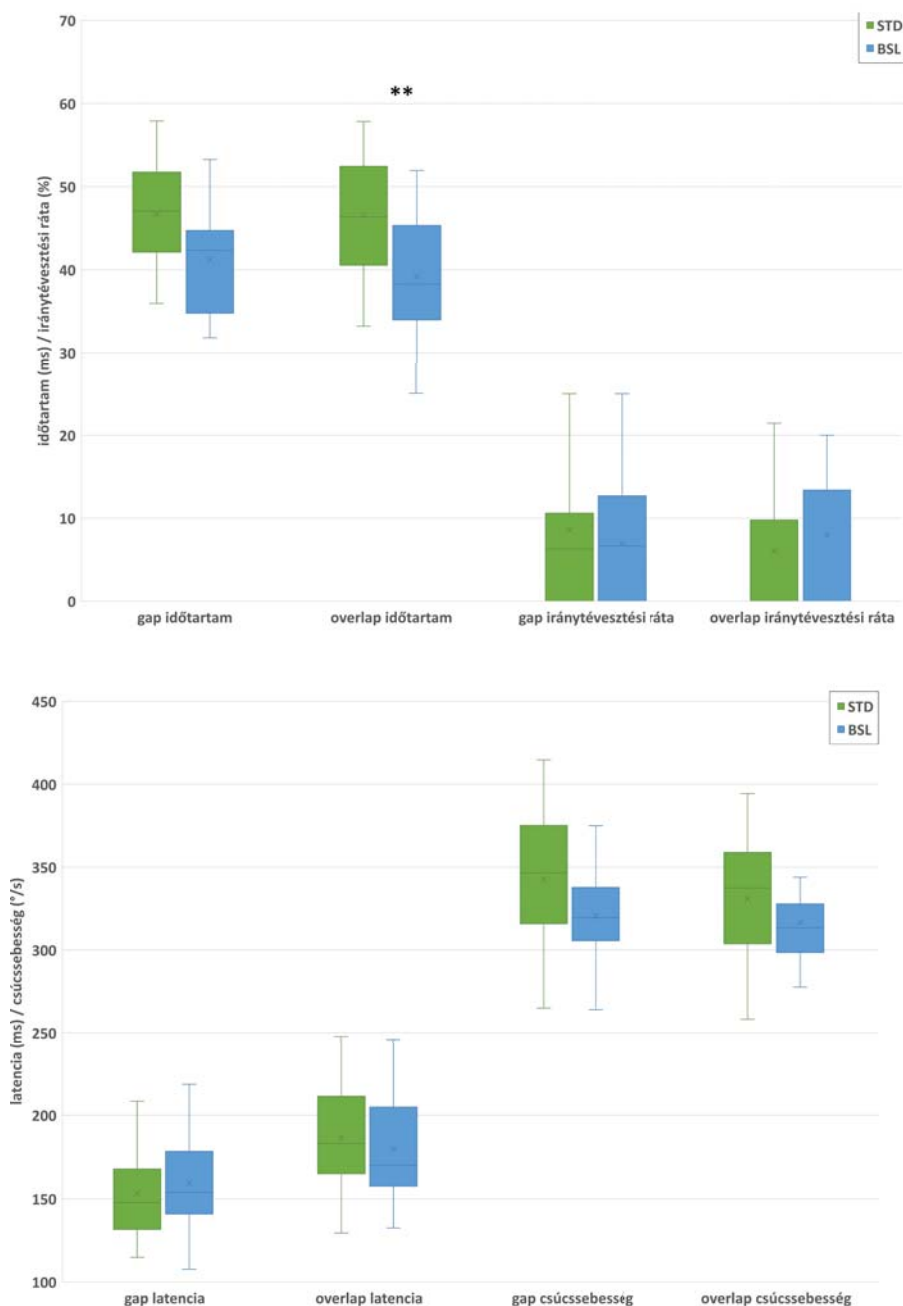
Az életkor szerepe a vizsgálati csoportok közötti szakkádparaméter-különbségekben

Alapvető, nem szakkádparamétereket érintő csoportkülönbséget mutattunk ki a vizsgálati alanyok életkorában, nevezetesen a BSL csoport életkora magasabb volt ($Mdn = 60,5$), mint az STD csoporté ($Mdn = 43,0$), és a különbség statisztikailag szignifikáns mértékű volt ($U = 41$; $p < 0,001$; $r = 0,722$). A két csoport eltérő férfi/nő arányára tekintettel (STD: 14/10; BSL: 16/6), a kategorikus változó diszkrét numerikus változóvá alakítását követően (férfi = 1, nő = 2) vizsgáltuk a két csoport eltérését a nemek tekintetében. A nemi csoportátlagok alapján a két csoport között a különbség statisztikailag nem volt szignifikáns ($U = 302$; $p = 0,318$; $r = 0,144$).

Tekintve, hogy a vizsgálati alanyok életkorában kimutatott lényeges csoportkülönbség befolyásolhatta a szakkádparaméterekben megfigyelt szignifikáns különbségeket, a két csoport közötti különbségek további vizsgálata során arra törekedtünk, hogy a szignifikáns mértékű szakkádparaméter-eltérésekben az életkori eltérés esetleges szerepét egyszempontos kovarianciaanalízissel (ANCOVA) tisztázzuk. A szakkádparaméterek vizsgálati csoportok közötti összehasonlító elemzéseinek összefoglaló eredményét a proszakkádok vonatkozásában a 4. ábra, az antiszakkádokra vonatkozóan az 5. ábra mutatja be.

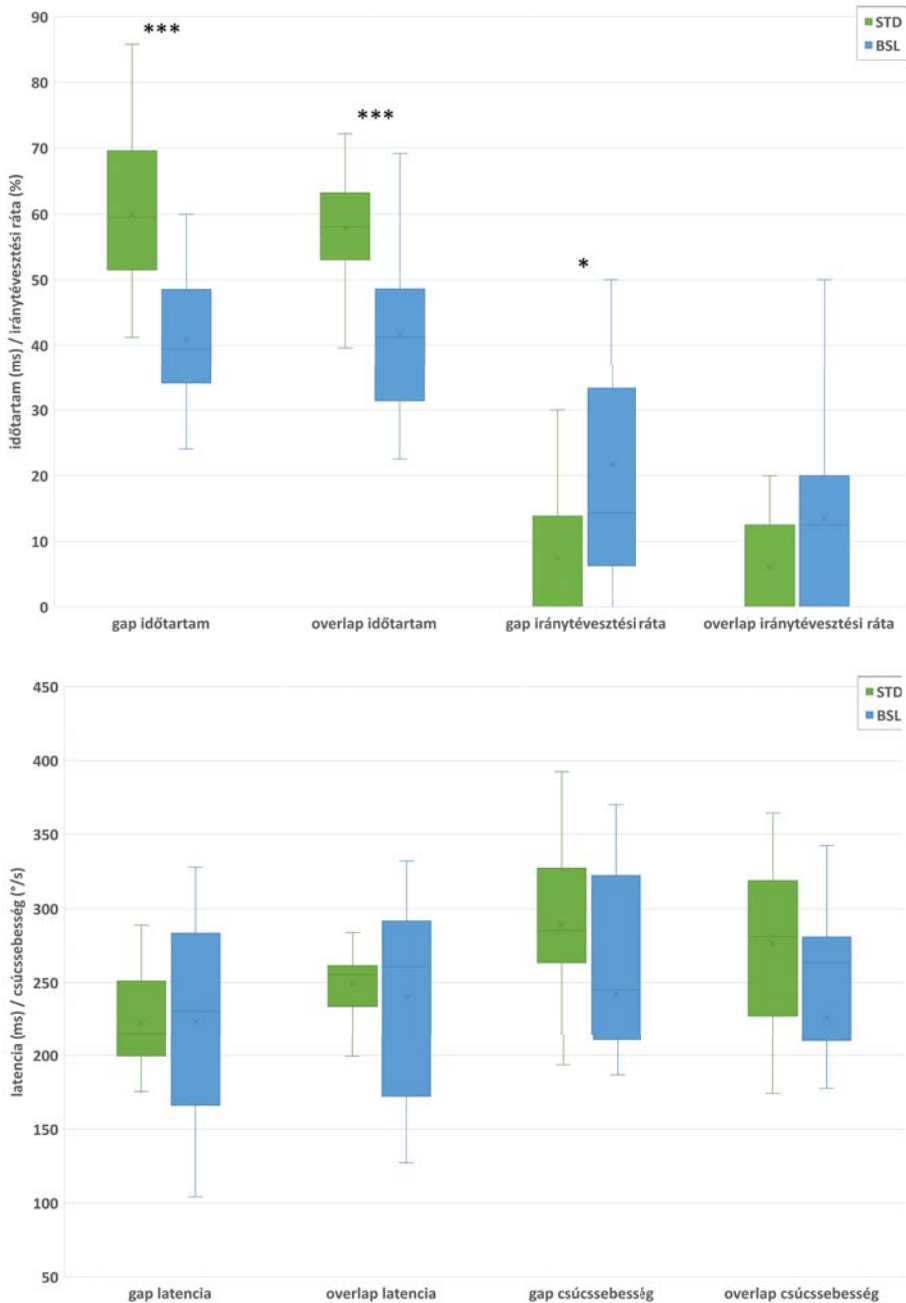
Az életkor mint kovariáns változó kontrolljával végzett kovarianciaanalízis eredménye szerint a vizsgálati csoport típusa statisztikailag szignifikáns hatással volt a proszakkád paraméterek közül az *overlap időtartam*- [$F(1, 43) = 11,209$; $p = 0,002$] értékekre nézve. Nem igazolódott statisztikailag szignifikáns csoporttípushatás a többi proszakkád paraméterértékekre nézve – *gap időtartam*: $F(1, 43) = 0,341$; $p = 0,562$; *gap iránytévesztési ráta*: $F(1, 43) = 0,533$; $p = 0,469$; *overlap iránytévesztési ráta*: $F(1, 43) = 0,296$; $p = 0,589$.

Az antiszakkád paraméterek közül az életkor mint kovariáns statisztikai kontrolljával kivitelezett kovarianciaanalízis eredménye szerint a vizsgálati csoport típusa szignifikáns hatással bírt a *gap időtartam* [$F(1, 43) = 20,837$; $p < 0,001$], az *overlap időtartam* [$F(1, 43) = 24,328$; $p < 0,001$], illetve a *gap iránytévesztési ráta* [$F(1, 43) = 6,443$; $p = 0,015$] értékekre nézve. Ugyanilyen hatás nem volt kimutatható az *overlap iránytévesztési ráta* értékeire vonatkozóan [$F(1, 43) = 1,473$; $p = 0,232$].



4. ábra. Proszakad paraméterek vizsgálati csoportok közötti különbségei

*Megjegyzés: balról jobbra: gap/overlap időtartam, gap/overlap irányítévesztési ráta, gap/overlap latencia, gap/overlap csúcsebesség értékek az STD (zöld) és BSL (kék) csoportban; boxplot diagramok a változók átlag, medián, kvartilis és szórás értékeinek feltüntetésével; a csoportok közötti szignifikáns különbséget jelöltük: $**p \leq 0,01$.*



5. ábra. Antiszakkád paraméterek vizsgálati csoportok közötti különbségei

Megjegyzés: balról jobbra: gap/overlap időtartam, gap/overlap irányítvesztési ráta, gap/overlap latencia, gap/overlap csúcsebesség értékek az STD (zöld) és BSL (kék) csoportban; boxplot diagrammok a változók átlag, medián, kvartilis és szórás értékeinek feltüntetésével; a csoportok közötti szignifikáns különbségeket jelöltük: * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$.

MEGBESZÉLÉS

Jelen vizsgálatunk, amely egy komplex, a szakkádikus szemmozgáselemzés és automatikus beszédanalízis módszereit kombináló klinikai vizsgálat részét képezi, és annak szemmozgásprotokollja előtesztelését célozta, eredményes volt a szakkádikus szemmozgások klinikai környezetben történő vizsgálatára is alkalmas vizsgálati protokoll létrehozása és egészséges alanyokon történő tesztelése szempontjából. A nemzetközi szakirodalomban található hagyományos vizsgálati protokollok jellemzőinek megfelelően létrehozott standard (STD) tesztkörnyezetben kapott szakkádparaméter-értékek jó egyezést mutattak az egészséges kontrollszemélyek esetében korábban közölt szakkádikus latencia, időtartam, csúcsebesség és iránytévesztési ráta vonatkozásában, mind a proszakkádikus, mind az antiszakkádikus tesztekben. Jelen vizsgálatban a nemzetközi irodalomban, egészséges alanyokon publikált szakkádparaméterek értékeivel nagymértékben megegyező, 150 és 200 ms közötti értékeket kaptunk a latencia, 30–50 ms az időtartam, valamint 300–350 °/s a csúcsebesség tekintetében (Forbes és Klein, 1996). Vizsgálatunkban igazolni tudtuk a gap és overlap paradigma szerint kivitelezett feladatok során a gap feladatban korábban számos közlemény által dokumentált, 20–30 ms értékkel alacsonyabb latenciaértékeket (Reuter-Lorenz, Hughes és Fendrich, 1991; Fendrich, Hughes és Reuter-Lorenz, 1991), míg a szakkád időtartam és csúcsebesség, valamint iránytévesztési ráta értékekben csupán nem számottevő különbséget detektáltunk. Ezek az overlap/gap különbségek illeszkednek a nemzetközi szakirodalomba, jó egyezést mutatnak a mások által korábban publikált eredményekkel (Saslow, 1967; Forbes és Klein, 1996).

A vizsgálatunk hagyományos STD tesztkörnyezetében kapott eredményekben ugyancsak kimutatható volt 60-70 ms antiszakkád latencianövekedés a proszakkádokéhoz viszonyítva. Saját STD csoportunkban a reflexív szakkádok 6,06–8,61% közötti iránytévesztési rátát mutattak, ezzel igazolva önkéntes vizsgálati alanyaink többségének megfelelő teljesítményét a tesztek során; az antiszakkád iránytévesztési rátában viszont jelentős emelkedést nem detektáltunk. Számos korábban megjelent közlemény számolt be az antiszakkád latencia és iránytévesztési ráta értékének emelkedéséről a reflexív szakkádokéhoz viszonyítva (Amador, Schlag-Rey és Schlag, 1998; Everling és Fischer, 1998; Munoz és Everling, 2004; Edelman, Valenzuela és Barton, 2006). A latencia növekedését a vizuális ingerre adott reflexív szakkád akaratlagos gátlásához és az ellenkező irányban indított antiszakkád generálásához szükséges idővel magyarázzák (Coe és Munoz, 2017). A reflexív szakkád akaratlagos gátlásának vezérlésében előforduló hibák antiszakkád iránytévesztések képében jelennek meg, melyek értéke egészséges alanyokban 5–20% közötti átlagértéket mutat, és jelentősen emelkedik az antiszakkád tesztben (Fischer, Gezeck és Hartnegg, 2000; Boudet és mtsai, 2005), még az ugyancsak emelkedő tendenciát mutató prediktív szakkádok (Bronstein és Kennard, 1987) kiszűrését követően is.

Jelen vizsgálatban a kétféle vizuális tesztkörnyezetben vizsgált csoport eltérő átlagéletkora miatt elvégzett korrelációs analízis eredménye szerint a fiatalabb STD csoport életkorértéke mindössze a proszakkád gap latenciaértékével mutatott szignifikáns, közepes erősségű, pozitív irányú összefüggést. Az idősebb átlagéletkorú, módosított vizuális környezetben történt ingerbemutatók során (BSL csoport) az életkor változója

ugyanilyen összefüggésben volt az antiszakkád gap latencia, a proszakkád és antiszakkád overlap latencia, valamint az overlap időtartam értékével. Ezek az eredmények szinkronban állnak a mások által korábban publikált megfigyeléssel, amely szerint a reflexív szakkádok reakcióideje enyhe emelkedést mutat az életkor előrehaladtával (Munoz, Broughton és Goldring, 1998), ami egyformán igaznak bizonyult a reflexív és az antiszakkádok tekintetében is (Hopf és mtsai, 2018; Eenshuistra, Ridderinkhof és Van der Molen, 2004). A szakkád csúcsebességekre nézve nem találtunk szignifikáns összefüggést az életkorral, és ezek az eredmények egybecsengenek a nemzetközi irodalomban található adatokkal (Warabi, Kase és Kato, 1984; Fischer, Biscaldi és Gezeck, 1997; Munoz, Broughton és Goldring, 1998; Eenshuistra, Ridderinkhof és Van der Molen, 2004; Peltsch és mtsai, 2011; Hopf és mtsai, 2018).

A vizsgálatban alkalmazott kétféle vizuális tesztkörnyezetben kapott proszakkád és antiszakkád paraméterek egymással történő összehasonlítása alapján szignifikáns különbségeket detektáltunk a proszakkádok és antiszakkádok hosszát, illetve az antiszakkád iránytévesztési rátákat illetően. Továbbá a vizsgálatban alkalmazott kétféle vizuális tesztkörnyezetben a vizsgálati csoportok között szignifikáns különbséget mutató szakkádparaméterek összehasonlítását az életkor statisztikai kontrollja mellett megismételve, változatlanul szignifikáns különbséget találtunk a proszakkád overlap időtartam, az antiszakkád gap és overlap időtartam, valamint az antiszakkád iránytévesztési ráta vonatkozásában. Ez az eredmény arra enged következtetni, hogy a két vizsgálati csoport által produkált szignifikáns különbségek háttérében nem a csoportok eltérő életkori sajátossága, hanem feltételezhetően a két eltérő vizuális tesztkörnyezet hatása – nevezetesen, az alkalmazott ingerek színességének vagy a BSL háttérképnek tulajdonítható hatás – játszhat szerepet. Ez a hatás különösen markánsan mutatkozott meg az antiszakkád időtartamok jelentős, 17–20 ms csökkenésében és az antiszakkád iránytévesztési hibaráta kimutatott 7–12%-os emelkedésében. A koherensnek és statisztikailag megbízhatónak tekinthető ezen eredményeink limitációjaként szeretnénk feltüntetni, hogy bár a normalitásvizsgálat nem teljesült minden vizsgált változó esetében, az életkor statisztikai kontrollja mellett kivitelezett elemzéseinkhez egyszempontos kovarianciaanalízist (ANCOVA) alkalmaztunk. Ennek háttérében az ANCOVA próba nem normalitásra mutatott ismert robusztussága, illetve a kapott eredmények magasfokú megbízhatósága állt (alacsony p-értékek).

Az általunk alkalmazott kétféle vizuális tesztkörnyezet a háttérképben és a megjelent vizuális ingerek színes/szürkeárnyalatos mivoltában eltérő volt. Korábbi vizsgálatokban kimutatásra került, hogy a szakkádparaméterek latenciáértékében szignifikáns növekedést eredményez az alkalmazott ingerek színessége (Satgunam és Fogt, 2005). A saját kétféle vizuális tesztkörnyezetünkben a szakkádlatenciákban elhanyagolható, nem szignifikáns mértékű eltéréseket találtunk a végrehajtott vizsgálatainkban, ezért a megfigyelt többi szakkádikus különbségért feltételezhetően nem az eltérő színű ingerek voltak felelősek, hanem a különböző vizuális tesztkörnyezeti háttér.

A szakkádikus szemmozgásvizsgálatokban alkalmazott, térbeli disztraktor paradigma alapján kivitelezett vizsgálatokban a proximális és távoli disztraktorok szakkádparaméterekre gyakorolt hatásával kapcsolatban számos korábbi közlemény jelent meg (Van der Stigchel, Mulckhuysen és Theeuwes, 2009; Findlay és Blythe, 2009; McSorley, McCloy és Lyne, 2012; Buonocore és McIntosh, 2012; Heeman, Van de

Stigchel és Theeuwes, 2017). Ezek a térbeli disztraktorok a szakkádikus ingerrel egyidejűleg, csak rövid ideig megjelenített, figyelemelterelő célú extra ingereket jelentik, amelyek a tesztkörnyezet háttérétől teljesen függetlenül fejtik ki hatásukat, és általában a szakkádok latenciáját és pontosságát változtatják meg. Azonban egy, az itt bemutatott vizsgálatunkhoz hasonló, a vizsgálati tesztkörnyezet háttérének a szakkádikus paraméterek értékeire gyakorolt hatását részletesen vizsgáló tanulmányban (White, Stritzke és Gegenfurtner, 2008) bizonyítást nyert, hogy az egyszínű, sötét háttéren megjelenített fehér szakkádikus ingereket alkalmazó hagyományos tesztkörnyezethez képest, a strukturált grafikát vagy főleg természetes külső színtereket ábrázoló háttér alkalmazó tesztkörnyezetben a szakkád latenciaértékek szignifikánsan rövidülnek. Ez a feltételezett hatás jelen vizsgálatunkban nem jelentkezett, tekintve, hogy az összes vizsgált szakkádparaméter közül éppen a latenciák mutatták a legkisebb, elhanyagolható nagyságú és nem szignifikáns különbséget a kétféle vizuális tesztkörnyezetben. White és munkatársai (2008) az általuk megfigyelt latenciarövidülés mechanizmusát abban látták, hogy a strukturált háttér az általa preaktivált agyi szakkádikus hálózat segítségével biztosítja a természetes környezetben nehezebben felismerhető, potenciálisan kritikus ingerekre adott gyors válaszreakciót. A saját vizsgálatunkban kimutatott szakkádidőtartam és iránytévesztési ráta különbségeinek lehetséges magyarázata feltételezhetően másban keresendő: a Boston Sütőlopás háttérkép látványa, illetve egyes részletei által feltételezhető, hogy növelheti a vizsgálat során fellépő kognitív terhelést, és ez magasabb szakkádikus hibarátahoz és csökkent szakkádhosszhoz vezethet.

A szakkádparaméterek érzékeny méréséhez az elterjedten használt, álltámaszt alkalmazó és fejmozgást kizáró, erősen mesterséges laboratóriumi körülményeket jelentő módszertan helyett az általunk használt kisméretű, hordozható Tobii Pro X3-120 berendezésre alapuló kétféle vizuális környezetet biztosító vizsgálati protokoll a mindennapi klinikai gyakorlatban is egyszerűen, gyorsan és könnyen alkalmazható, a páciensek és a vizsgálószemélyzet szempontjából is természetesebb és barátságosabb vizsgálórendszert jelenthet, ami nagyban hozzájárulhat a módszer szélesebb körben történő klinikai alkalmazásához és elterjedéséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatokhoz használt szemmozgásvizsgáló berendezések és szoftver, valamint a közreműködők finanszírozása részben a „Telemedicina alapú ellátási formák fenntartható megvalósítását támogató keretrendszer kialakítása és tesztelése” című GINOP-2.2.1-15-2017-00073 projekt keretében történt.

IRODALOM

- Amador, N., Schlag-Rey, M., & Schlag, J. (1998). Primate antisaccades. I. Behavioral characteristics. *Journal of Neurophysiology*, 80(4), 1775–1786.
- Antoniades, C., Ettinger, U., Gaymard, B., Gilchrist, I., Kristjánsson, A., Kennard, C., John Leigh, R., Noorani, I., Pouget, P., Smyrnis, N., Tarnowski, A., Zee, D. S., & Carpenter, R. H. (2013). An internationally standardised antisaccade protocol. *Vision Research*, 84, 1–5.
- Bahill, A. T., Clark, M. R., & Stark, L. (1975). The main sequence: A tool for studying human eye movements. *Mathematical Biosciences*, 24(3–4), 191.
- Boudet, C., Bocca, M. L., Chabot, B., Delamillieure, P., Brazo, P., Denise, P., & Dollfus, S. (2005). Are eye movement abnormalities indicators of genetic vulnerability to schizophrenia? *European psychiatry: the journal of the Association of European Psychiatrists*, 20(4), 339–345.
- Bronstein, A. M., & Kennard, C. (1987). Predictive eye saccades are different from visually triggered saccades. *Vision Research*, 27(4), 517–520.
- Buonocore, A., & McIntosh, R. D. (2012). Modulation of saccadic inhibition by distractor size and location. *Vision Research*, 69, 32–41.
- Coe, B. C., & Munoz, D. P. (2017). Mechanisms of saccade suppression revealed in the anti-saccade task. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 372(1718), 20160192.
- Edelman, J. A., Valenzuela, N., & Barton, J. J. (2006). Antisaccade velocity, but not latency, results from a lack of saccade visual guidance. *Vision Research*, 46(8–9), 1411–1421.
- Eenshuistra, R. M., Ridderinkhof, K. R., & Van der Molen, M. W. (2004). Age-related changes in antisaccade task performance: inhibitory control or working-memory engagement? *Brain and Cognition*, 56(2), 177–188.
- Everling, S., & Fischer, B. (1998) The antisaccade: a review of basic research and clinical studies. *Neuropsychologia*, 36(9), 885–899.
- Fendrich, R., Hughes, H. C., & Reuter-Lorenz, P. A. (1991). Fixation-point offsets reduce the latency of saccades to acoustic targets. *Perception & Psychophysics*, 50(4), 383–387.
- Findlay, J. M., & Blythe, H. I. (2009). Saccade target selection: Do distractors affect saccade accuracy? *Vision Research*, 49(10), 1267–1274.
- Fischer, B., Biscaldi, M., & Gezeck, S. (1997). On the development of voluntary and reflexive components in human saccade generation. *Brain Research*, 754(1–2), 285–297.
- Fischer, B., Gezeck, S., & Hartnegg, K. (2000). On the production and correction of involuntary prosaccades in a gap antisaccade task. *Vision Research*, 40(16), 2211–2217.
- Fischer, B., & Weber, H. (1992). Characteristics of „anti” saccades in man. *Experimental Brain Research*, 89(2), 415–424.
- Fischer, B., & Weber, H. (1997). Effects of stimulus conditions on the performance of antisaccades in man. *Experimental Brain Research*, 116(2), 191–200.
- Forbes, K., & Klein, R. M. (1996). The magnitude of the fixation offset effect with endogenously and exogenously controlled saccades. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(4), 344–352.
- Forbes-McKay, K. E., & Venneri, A. (2005). Detecting subtle spontaneous language decline in early Alzheimer’s disease with a picture description task. *Neurological Sciences*, 26(4), 243–254.
- Giles, E., Patterson, K., Hodges, J. R. (1996). Performance on the Boston Cookie Theft picture description task in patients with early dementia of the Alzheimer’s type: missing information. *Aphasiology*, 10(4), 395–408.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1983). *The assessment of aphasia and related disorders*. 2nd Ed. Philadelphia, PA: Lea and Febiger.

- Gosztolya, G., Vincze, V., Tóth, L., Pákási, M., Kálmán, J., & Hoffmann, I. (2019). Identifying mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease based on spontaneous speech using ASR and linguistic features. *Computer Speech & Language*, *53*, 181–197.
- Hallett, P. (1978). Primary and secondary saccades to goals defined by instructions. *Vision Research*, *18*(10), 1279–1296.
- Heeman, J., Van der Stigchel, S., & Theeuwes, J. (2017). The influence of distractors on express saccades. *Journal of Vision*, *17*(1), 35.
- Hopf, S., Liesenfeld, M., Schmidtman, I., Ashayer, S., & Pitz, S. (2018). Age dependent normative data of vertical and horizontal reflexive saccades. *PLoS One*, *13*(9), e0204008.
- Hutton, S. B., & Ettinger, U. (2006). The antisaccade task as a research tool in psychopathology: A critical review. *Psychophysiology*, *43*, 302–313.
- Javaid, F. Z., Brenton, J., Guo, L., & Cordeiro, M. F. (2016). Visual and ocular manifestations of Alzheimer's disease and their use as biomarkers for diagnosis and progression. *Frontiers in Neurology*, *7*, 55.
- Klein, C. H., Raschke, A., & Brandenbusch, A. (2003). Development of pro- and antisaccades in children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) and healthy controls. *Psychophysiology*, *40*, 17–28.
- Komogortsev, O. V., Gobert, D. V., Jayarathna, S., Koh, D. H., & Gowda, S. (2010). Standardization of automated analyses of oculomotor fixation and saccadic behaviors. *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, *57*(11), 10.1109/TBME.2010.2057429.
- Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2006). *The neurology of eye movements*. New York: Oxford University Press.
- Liu, B., Zhao, Q., Ren, Y., Wang, Q., & Zheng, X. (2018). An elaborate algorithm for automatic processing of eye movement data and identifying fixations in eye-tracking experiments. *Advances in Mechanical Engineering*, *10*(5), 168781401877367.
- McSorley, E., McCloy, R., & Lyne, C. (2012). The spatial impact of visual distractors on saccade latency. *Vision Research*, *60*(1), 61–72.
- Munoz, D. P., Broughton, J., & Goldring, J. (1998). Age-related performance of human subjects on saccadic eye movement tasks. *Experimental Brain Research*, *121*, 391–400.
- Munoz, D. P., & Everling, S. (2004). Look away: the anti-saccade task and the voluntary control of eye movement. *Nature Reviews. Neuroscience*, *5*(3), 218–228.
- Peltsch, A., Hemraj, A., Garcia, A., & Munoz, D. P. (2014). Saccade deficits in amnesic mild cognitive impairment resemble mild Alzheimer's disease. *The European Journal of Neuroscience*, *39*(11), 2000–2013.
- Peltsch, A., Hemraj, A., Garcia, A., & Munoz, D. P. (2011). Age-related trends in saccade characteristics among the elderly. *Neurobiology of Aging*, *32*, 669–679.
- Reuter-Lorenz, P. A., Hughes, H. C., & Fendrich, R. (1991). The reduction of saccadic latency by prior offset of the fixation point: an analysis of the gap effect. *Perception & Psychophysics*, *49*(2), 167–175.
- Salvucci, D. D., & Goldberg, J. H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. *Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium (ETRA 2000)*, 71–78.
- Saslow, M. G. (1967). Effects of components of displacement-step stimuli upon latency for saccadic eye movement. *Journal of the Optical Society of America*, *57*(8), 1024–1029.
- Satgunam, P., & Fogt, N. (2005). Saccadic latencies for achromatic and chromatic targets. *Vision Research*, *45*(27), 3356–3364.
- Van der Stigchel, S., Mulckhuysen, M., & Theeuwes, J. (2009). Eye cannot see it: the interference of subliminal distractors on saccade metrics. *Vision Research*, *49*(16), 2104–2109.
- Warabi, T., Kase, M., & Kato, T. (1984). Effect of aging on the accuracy of visually guided saccadic eye movement. *Annals of Neurology*, *16*(4), 449–454.

- Warr, L., & Walker, Z. (2012). Identification of biomarkers in Lewy-body disorders. *The quarterly journal of nuclear medicine and molecular imaging*, 56(1), 39–54.
- White, B. J., Stritzke, M., & Gegenfurtner, K. R. (2008). Saccadic facilitation in natural backgrounds. *Current Biology: CB*, 18(2), 124–128.
- Yang, Q., Wang, T., Su, N., Xiao, S., & Kapoula, Z. (2013). Specific saccade deficits in patients with Alzheimer's disease at mild to moderate stage and in patients with amnesic mild cognitive impairment. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 35(4), 1287–1298.

EYE MOVEMENT ANALYSIS IN A TRADITIONAL AND A NOVEL TEST
ENVIRONMENT: DISTRACTOR EFFECT ON SACCADIC PARAMETERS
BY THE VISUAL BACKGROUND

SOMOSKEÖY, SZABOLCS – KOVÁCS, ILDIKÓ – MEZEI, MÁRTON – HOFFMANN, ILDIKÓ –
TÓTH, LÁSZLÓ – GOSZTOLYA, GÁBOR – IMRE, NÓRA – BALOGH, RÉKA –
PÁKÁSKI, MAGDOLNA – KÁLMÁN, JÁNOS – FEHÉR, ANDRÁS

Background and aims: *The use of saccadic parameters as specific biomarkers in the diagnosis of degenerative neuropsychiatric disorders is still problematic. The aim of the current study was to 1) establish a protocol for saccadic eye movement measurements that is concordant with international clinical investigations; 2) compare saccadic parameters of healthy subjects with internationally published data, and 3) integrate the picture from Boston Cookie Theft test into the visual test environment and evaluate its distractor effects on saccadic parameters.*

Methods: *Healthy volunteers were assessed with Tobii Pro X3-120 eye tracker in two distinct visual settings, but otherwise identical test environment evaluating prosaccades and antisaccades in gap and overlap conditions. One group was assessed in a visual test environment based on a traditional uniform grey background with black stimuli (STD test group), while the visual test environment of the other group contained the Cookie Theft picture of the Boston Diagnostic Aphasia Examination with green and red stimuli (BSL group).*

Results: *Prosaccade and antisaccade latencies were significantly longer in the overlap condition both in the BSL and STD groups. After controlling for age, the STD and BSL group did not differ in terms of prosaccade latency, antisaccade latency or peak velocity; only saccade durations were shorter in the BSL group. Saccadic direction error rate in the prosaccade task was identical in both groups, while the antisaccade gap duration, overlap duration and gap direction error rates showed significant group differences.*

The present, newly developed protocol conforms to international standards, and may be useful for multi-modal clinical studies assessing healthy subjects and people suffering from dementia, combined with traditional neuropsychological tasks and the speech recognition task recently developed by our research group.

Keywords: *saccadic eye movement, reflexive saccade, anti-saccade, Boston Cookie Theft picture, distractor*