

Mikó F. László

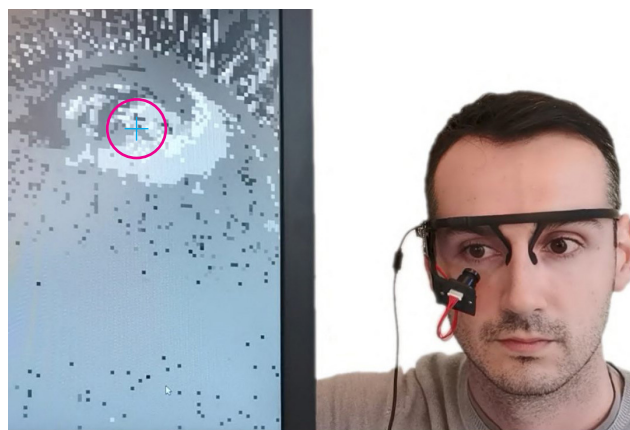
## Az Eye Tracking technológia a diagnosztikában

*„Nem a szemünkkel látunk, hanem az agyunkkal.”*

**A technológia és a tudomány fejlődése az elmúlt évtizedben lehetővé tette, a korábban csak bizonytalan mérésekre hagyatkozó diagnosztikai eszközök fejlesztését. A gyermekekkel kapcsolatos diagnosztikai eljárások azonban, fokozott óvatosságot mutatnak. Bár számos tudományos kutatás eredményeképpen kialakultak korszerű diagnosztikai módszerek, melyek a kor technológiai fejlődésével szinkronban vannak, ezek a legtöbb esetben megmaradtak a kutatások szintjén. A hagyományos pszichometriai módszerek mellett kiállók azt hangoztatják, hogy a gyermekek kognitív fejlődésével, és az ezzel kapcsolatos rész-képesség lemaradásokkal kapcsolatban az „ember” vizsgáló szerepe fontosabb, mint a „gépé”. Ugyanakkor, manapság szinte mindenki használ korszerű, elektronikai „kütyüket”, okostelefont, informatikai megoldásokat, mobil alkalmazásokat. Miért ne használnának a diagnosztikák ezen a területen modern, kifejezetten erre a célra fejlesztett speciális eszközöket? Természetesen az óvatosság érthető, és ha a médiakörnyezetet nézzük, indokolt is: „Angol tudósok megfejtették az ADHD kialakulásának okát...” „Spanyol kutatók rájöttek: az autizmus gyógyítható...” című, és ehhez hasonló cikkeket évente olvashatunk. Vannak azonban olyan tudományosan bizonyított eljárások, és vizsgálati módszerek, melyek már kiállták az idő próbáját, a tudományos kutatások körében hosszú évek óta alkalmazzák őket, de nem kerültek át a gyakorlatba. Ezek az eszközök a diagnosztikához sem jutottak el, végsőfokon a gyermekek, vagy az érintett felnőttek számára sem jelentenek megoldást.**

Ilyen eszköz a gyermekkor különböző rész-képesség lemaradásainak vizsgálatai esetén az Eye Tracker, mely az Eye Tracking technológia alapján a szem akaratlagos, és akaratlan mozgásainak megfigyelő eszköze. Az eszköz maga könnyen előállítható, egyetemista körökben „húszdolláros” eszközként ismert. Nem kell hozzá más, mint egy jó felbontású webkamera, egy fejpánt, vagy e célra átalakított szemüvegkeret. Szükség van még egy számítógépre és egy különálló monitorra, az ingeranyagok bemutatásához. Természetesen, szükség van egy szoftverre is. Egy célszoftverre, mely a kamera által közvetített hatalmas adatmennyiségből, statisztikai elemző módszerekkel képes kiválasztani, az adott terület feltérképezéséhez szükséges hasznos információkat. Első lépésként a fajpánton lévő kamerát összehangoljuk az ingerközlő monitorral (kalibráció), majd következik a vizsgálat, majd pedig az elemzés. Ezt az elemző feladatot tanuló algoritmusok végzik. Ennyi tehát az, amit az Eye Tracking technológiáról feltétlenül tudnunk kell.

De miért is fontos, hogy vizsgálni tudjuk a szem mozgásának irányát, és ezeknek a roppant sűrű és finom mozgásoknak a minőségét?



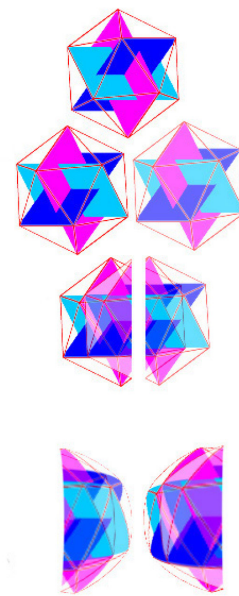
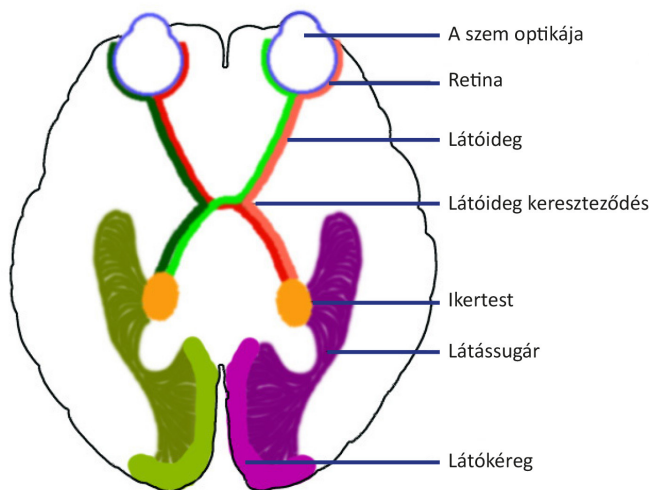
Amióta ez a technológia létezik (korszerű formájában körülbelül húsz éve, de az eljárás folyamatosan fejlődik), egyre fontosabb szerephez jutott a tudományos vizsgálatok körében. Hogy miért, arra cikkünkben visszatérünk. Hogy megértsük az Eye Tracking technológia alkalmazásának fontosságát, először tekintsük át röviden, milyen a fejlődés folyamata az óvodáskortól a középiskoláskorig.

Az emberi idegrendszer felnőttkorig fejlődik. A születés után, a mozgásteljesítmények, az érzékszervek észlelési funkciói tovább fejlődnek. Ehhez az érzési folyamathoz csatlakozik idővel a nyelvfejlődés. Az óvodáskor végén, az iskolába lépéskor, úgy tűnik, hogy ezek az észlelési funkciók messzemenően kifejlett állapotban vannak, és az iskolaérettnek nyilvánított gyermekek új, számukra korábban ismeretlen feladatok elé állíthatók. Ezekhez a feladatokhoz azonban az agy magasabb kognitív teljesítményére is szükség van.

Az elmúlt évtizedek kutatásai kimutatták, hogy a gyermekek közül sokan, egyszerű látási és hallási feladatokat is nagyrészt bizonytalanul oldanak meg. Különösen érdekes megállapítás, hogy a tekintet irányának teljesítménye a tudatos szemmozgásvezérlés részképességének területén, az iskolába lépő azonos

életkorú gyerekek között óriási különbség, lemaradás észlelhető. Ennek a részképességnek a teljes kifejlődése ugyanis, 6-7 éves korban korántsem ért véget, a végső állapotot csak 17-20 éves kor között éri el, az olvasásánál, és így a tanulásnál azonban megkerülhetetlen szerepe van. Az iskolába lépéskor tehát, a gyermekeknek azon csoportjába tartozók, akiknél ilyen fejlődési lemaradás észlelhető, eleve hátrányos helyzetből indulnak, a többiekhez képest. Ezek a fejlődési visszamaradások kimutathatóak különös tekintettel az olvasási és számolási gyengeség, valamint a figyelemzavar és a hiperaktivitás esetén. A szemmozgással kapcsolatos mérések ezeken a területeken pontos információkkal szolgálhatnak.

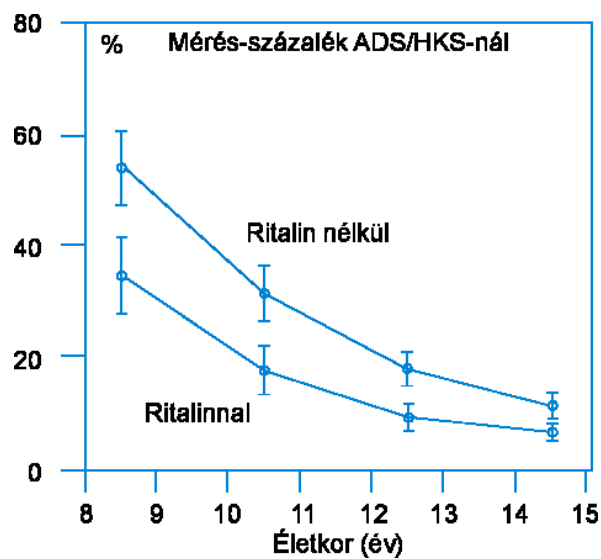
Ahhoz, hogy világosan lássuk az összefüggéseket, beszélünk kell pár szót a látásról. A látás egy aktív folyamata az agynak. Nemcsak a szemet használjuk közben, mint érzékszervet, hanem a szem „mozgékonyosságát” is, a tekintetugrásokat, melyeket szakkádoznak nevezünk. A szem fenéken, a retinán, közepén van egy rész mely az éleslátás helye (fovea). Itt helyezkednek el a retinán a legsűrűbben a receptorok és az idegsejtek. A középponttól való távolodás során a fényérzékenység és a látás élessége csökken.



*Az ember vizuális rendszere  
A feldolgozási útvonalak szemléltetésére egy ikozaéder vázlatosan mutatja az egyes feldolgozási fázisokat*

Amit mi pontosan szeretnénk látni azt a foveával kell megnéznünk tekintetünket odairányítva, tehát szemünk folyamatosan mozgásban van.

A foveával megnézett kép számára az agyban sok idegsejt áll rendelkezésre, a periférián észlelt ingerek számára azonban az előzőhöz viszonyítva kevés: ezért szemünket állandóan különböző nagyságú tekintetugrásokkal újrafókuszáljuk. A megnézett tárgyakról észlelt információkat az agyban is fel kell dolgozni, ami azt jelenti, hogy figyelmünket is a tárgyra kell irányítanunk. Másrészt, muszáj azokat az ingereket is, melyeket a periférián észlelünk figyelemmel kísérni, hogy majd egyiket a sok közül, mint következő tekintet cél ki tudjuk választani. Ami számunkra azonos idejű képnek tűnik, az az agyba egymást követő képekként jut el. A látás ezen részfunkcióját nevezzük „dinamikus látásnak”. A látás folyamata nemcsak a kis tárgyak jó felbontását igényli (látás élesség), hanem jó szétválasztását is az időben egymás után következő képeknek. Ez az úgynevezett magnocelluláris rendszer irányítása alá tartozik, amely a mozgásérzékelésért is felelős. Ezen rendszer nagy idegsejtjeiről van szó gyorsan reagáló nyúlványaikkal. A dinamikus látás vizsgálatára például a freiburgi Blicklaborban egy egyszerűen elvégezhető tesztet fejlesztettek ki, melynek során egy inger (egy kis szimbólum) gyorsan váltakozó pozíciói közül az utolsó pozíciót kell felismerni. Természetes nézelődés közben 3-5 tekintetugrás, azaz szakkád történik másodpercenként. A tekintetugrások között viszont a szem rövid ideig nyugalmi állapotban van, azaz fixál. Olvasáskor például, a fixációk időtartama átlagosan 200-250 ms, de a szöveg nehézségének függvényében lehet akár 100-500 ms is. Az állandó váltakozást fixáció és szakkád között, az optomotorikus ciklus szabályozza tudatunktól függetlenül. Tekintetünket azonban akaratlagosan is irányíthatjuk, miközben meghatározott tárgyakat tudatosan megnézünk, másokat tudatosan nem. Különösen precízen irányítottak kell lennie a ciklusnak olyan speciális feladatok leküzdésénél, mint az olvasás és írás.



Életkori fejlődés az ADS/HKS-nél, Ritalinnal és Ritalin nélkül (B. Fischer, Blicklabor Freiburg)

Ez az olvasás folyamatában a következőképpen valósul meg: fixáció = a körülbelül 4,5 cm-es szövegrészt az agy elkezd feldolgozni = amennyiben a feldolgozás sikeres (ismerjük a betűket, a nyelvet, a szöveg nyelvi elemeit stb.), megértettük az információ tartalmát, úgy az agy kiadja a parancsot a szemmozgató izmoknak a tovább léptetésre (szakkádra). A fixáció körülbelül 250ms időt vesz igénybe = megtörténik a tekintetugrás (átlagosan 20ms) = majd a sor az elejétől újraindul.

Ma pontosan tudjuk, hogy a fixáció rendben működéséért, a reflexek korrekt funkciójáért és a tekintetirány akaratlagos befolyásolásáért, egy-egy külön agyterület a fő felelős. Az agykéreg közvetlen és közvetett visszacsatolás révén pontosítja a szemmozgást az ingerek követésekor. A frontális lebenynek inkább az előrejelzésben van szerepe, vagyis abban, hogy képesek vagyunk bejósolni azt, hol fog megjelenni a következő inger, és arra irányítani a tekintetünket. A fali lebeny feladata a szakkádok célhelyének kódolása, ahol a viszonyítási pont a fej.

A szemmozgás vizsgálata során, a látásteljesítmény komponenseit kvantitatívan meg tudjuk határozni. A szem mozgásai érintés nélkül és veszélytelenül mérhetőek infravörös fény segítségével. A fixáció kvantitatív értékmeghatározásai, a reflexszerű tekintetugrásoknak és az akaratlagos tekintetirányításnak az Eye Tracking technológia segítségével lehetséges.

Ezzel egy új lehetőség áll a rendelkezésünkre, ami kiegészítő diagnosztikai segítség neurológiai és/vagy pszichiátriai betegségeknel, vagy részképesség zavarok esetén. Léteznek olyan eljárások (például az autizmus diagnosztika területén), ahol a jelenleg elfogadott diagnosztikai módszerrel (ADOS) hasonló eredmény mutatható ki.

Korunk betegsége az ADHD, vagy csak többet tudunk róla, mint korábban? Mi a figyelemzavar deficit szindróma és hiperaktivitás?

Ez alatt komplex magatartási zavarokat értünk, melyeket gyakran diagnosztikailag nehéz besorolni. A fő tünetekhez hiperaktivitás, rövid figyelemtartás a könnyen elkalandozó figyelem, impulzivitás tartozik. Figyelemdeficit szindrómáról beszélünk (ADS), vagy hiperkinetikus szindrómáról (HKS). Gyaníthatóan alapvetően hiányzó, vagy a fejlődésben lemaradt frontális kontrollról van szó, mely eltérése a célzott koncentráción keresztül, azaz figyelmen keresztül mutatkozik meg. Az akaratlagos tekintetirányítás ilyen gyermekeknél 50%-ban mutat deficitet a kontrollcsoporthoz képest. Ezek a gyermekek rövid időintervallumon belül (néhány mp) nem tudják a tekintetüket jól fixálni és a szavak valódi értelmét eltévesztik. Ez mutatja a korrigálatlan hibák magas aránya az antiszakkadikus feladat során és a szükségtelen tekintetugrások megszapordított száma a fixáció ideje alatt. A gyógyszeres kezelés (ritalin, hatóanyag Methylphenidat) sokaknak segít, és javítja a szemmozgást. Mindenesetre azonban csak a hatás idejére, egy-pár órára.

Az ADS gyerekek is képesek a szemmozgásukat tréninggel javítani. A tréningeredmények megmaradnak akkor is, ha a gyógyszert elvonják. Az ilyen tréningeket eddig hatékonyan csak a Blicklabor, a Freiburgi Egyetem Agykutató Központja mellett működő központ tudta alkalmazni.

Az ADHD kialakulásának nincs egyetlen rizikó tényezője. Jelentős az átfedés például az autizmussal és komorbiditás más viselkedészavarokkal. Az ADHD gének által kódolt, öröklött betegség. A gének és a környezet hatását nehéz szétválasztani.

Az ADHD könnyen azonosítható a gyermek természetes viselkedésének megfigyelése során. Azok a személyek – szülők, gondozók, pedagógusok - akik a gyermekkel sok időt töltenek el, felfigyelhetnek olyan jelekre, melyek miatt szakember segítségét kérhetik. Maga a pontos diagnosztika azonban a mai napig főként a pszichometria eszközeire támaszkodik, amelyeket formális pszichodiagnosztikai környezetben alkalmaznak. Ezek a módszerek hosszúak, és nem feltétlenül adnak pontos eredményt, mivel a gyermeket nem a természetes környezetében vizsgálják. Gyakran tapasztalható az is, hogy csupán „rámondják” a szülők, rosszabb esetben a fejlesztőpedagógusok, egy izgó-mozgó, vagy viselkedési problémákkal, pszichológus által beazonosítható fejlődési lemaradással vagy betegséggel küzdő gyerekekre, hogy ADHD-s. Az ilyen gyerekek vizsgálata eleve nehéz, hiszen éppen azt kellene megtudni, mi is okozza a figyelmetlenséget, a figyelem elterelődését, a koncentráció hiányát.

Felmerül tehát a kérdés, lehetséges-e olyan vizsgálati módszert alkalmazni, mely nagyon rövid vizsgálatot feltételez, viszont, pontosabb és egzaktabb eredményt ad?

A szakirodalomban régóta tudott tény, hogy a különböző szemmozgás és pupilla paraméterek erős összefüggést mutatnak a kognitív és figyelmi folyamatokkal (lásd pl. Patshikov és Braun, 2010; Daniels et al, 2012; Nagyova et al., 2007; Tanaka, 1999). Az ADHD kapcsán a kutatások leginkább a szakkád és mikroszakkád gátlásának terén találtak szignifikáns eltéréseket (pl. Munoz et al., 2003).

Egy finnországi gyerekek körében végzett vizsgálat kimutatta, hogy a VR-játékok közbeni szemmozgás felhasználható az ADHD-s gyermekek azonosítására. A tanulmány szerzője, Liya Merzon és munkatársai azt akarták megvizsgálni, hogy lehetséges-e az ADHD-s gyermekek felismerése egy olyan környezetben, melyet a gyermek „természetesen” van jelen.

Egy másik, 2014-es tanulmány az izraeli Tel Aviv Egyetemen készült, ahol a kutatók két felnőtt csoport szemmozgását figyelték meg. Az első csoportot ADHD-val diagnosztizálták. A második a kontrollcsoport volt.

Az első csoport ADHD diagnosztikai tesztet végzett, amelyet a figyelem változóinak tesztjének (TOVA) neveztek el. Kétszer végezték el a tesztet: egyszer gyógyszer nélkül, egyszer pedig metilfenidáttal, az ADHD kezelésére használt gyógyszerrel.

Egy szemkövető rendszert használtak a résztvevők szemmozgásának megfigyelésére. Miután megfigyelték, hogy a résztvevők kitöltik a tesztet, a kutatók "közvetlen összefüggést találtak az ADHD és a szemmozgás szabályozásának nehézsége között, a vizuális ingerek előrejelzésében".

A gyógyszer segített elnyomni az akaratlan szemmozgásokat. Ami biztató ebben a tanulmányban, hogy meggyőző bizonyítékot szolgáltat arra, hogy a szemmozgások fontos szerepet játszanak az ADHD-ről alkotott képben.

### **Egy speciális terület: szemmozgások ADHD-ban.**

A látótér fixált területe kiemelt prioritást élvez a további kortikális feldolgozáshoz, és a szemmozgás változásai ezért valószínűleg torzítják az információfeldolgozást és a tanulást. Mivel a szemmozgások nagyon kevés vagy semmilyen verbális képességet nem igényelnek, mérhetők olyan egyéneknél, akik kognitív képességeikben és életkorukban nagyon eltérőek, és kevésbé érzékenyek a memória torzításaira. A szemmozgások alapjául szolgáló agyi mechanizmusok részben átfedésben vannak a figyelem irányításában részt vevőkkel, és az izgalom modulálja őket. Ezért a szemmozgás vizsgálata informatív lehet az ADHD figyelmi jellemzőiről és a mögöttes agyi mechanizmusokról.

Korábbi kutatások dokumentálták mind az akaratla-

gosan generált, mind a reflexív szemmozgások változásait olyan gyermekeknél, akiknél ADHD-t diagnosztizáltak, vagy emelkedett ADHD tüneteket észleltek, beleértve a megnövekedett tekintet-eltolódás reakcióidőt, a szakkádikus latenciák fokozott változékonysága, valamint az inger vezérelt tekinteteltolódások gátlásának nehézségei. Ezek a szemmozgás-atipikuságok együttesen rámutatnak a szemmozgás generálásában részt vevő agyi hálózatok lehetséges változásaira, beleértve a szemmozgások felülről lefelé történő szabályozásában részt vevő frontostriális hálózatot, és egy még szélesebb hálózatot, amely magában foglalja az inger vezérelt szemmozgás generálásában részt vevő szubkortikális, kortikális és cerebelláris régiókat.

Az Eye Tracking technológia bevezetése a diagnosztika területén, gyors és pontos eredményeket adhat azoknál a vizsgálatoknál, ahol a szemmozgások minőségéből (a fixáció és a szakkádok változásaiból, az optomotorikus ciklusból) következtetések vonhatók le az atipikus fejlődést mutatók, és a kontrollcsoport között. Az ilyen vizsgálatok rövid időt vesznek igénybe, a kiértékelésük szinte azonos idejű. Segítségükkel több érintettet lehet diagnosztizálni, valamint pontosan meg lehet határozni a szükséges fejlesztés területét, tehát az személyre szabható lesz.

Az eszközök, az Eye Trackerek, egyre nagyobb felbontású, és egyre gyorsabb kamerákat használnak, így a szemmozgások mintázatának rögzítése egyre pontosabb lesz. A kiértékelő algoritmusok és a statisztikai adatfeldolgozó szoftverek fejlődése is hozzájárul a technológia eredményességéhez. A rövid vizsgálati idő lehetővé teszi, hogy a vizsgálati alanyok a feladatra koncentrálnak. Az ingeranyagok fejlesztése területén is jelentős előre lépések történtek. Az Eye Tracking technológiát használó diagnosztikai eljárások kutatásánál a gyors adatfelvétel, és a gyors kiértékelés lehetővé teszi a szélesebb körben történő validálást. Megjelentek közben olyan eszközök, melyek nagy felbontású távoli kamerával rögzítik a szemmozgásokat, így a gyermekkel semmilyen fizikai kon-

taktba nem kerül az eszköz. Ez különösen fontos az autizmus diagnosztika segítségét célzó berendezések esetében. Az ingeranyagok életkornak megfelelő tervezése olyan játékos diagnosztikára alkalmas feladatokat generál, melyek a gyermek figyelmét lekötik a vizsgálat idejére.

A technológiai fejlődés nagy léptekkel halad előre az egészségügyben, például a képalkotó diagnosztika területén. A részképesség-lemaradások esetében azonban, a korszerű eszközök bevezetése a mindennapi gyakorlatban még várat magára, annak ellenére, hogy a módszerek már léteznek, a klinikai és tudományos műhelyek szintjén már validáltak.

Csak elszántság, és persze pénz kellene ahhoz, hogy ezek a pillanatnyilag még kutatást szolgáló eszközök megérkezzenek a mindennapi gyakorlatba, segítve a diagnosztikát, és így az érintettek életét.

#### Irodalom:

Fischer B, Ramsperger E. Human express saccades: extremely short reaction times of goal directed eye movements. *Exp-Brain-Res* 1984; 57:191-5.

Fischer B. Wahrnehmungs- und Blickfunktionsstörungen: Entwicklung, Diagnose, Hilfen, Transfer. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie* 2009; 6: 1-8

Biederman, J. Attention-deficit/hyperactivity disorder: A selective overview. *Biol. Psychiat.* 57(11), 1215–1220 (2005).

Boznovik K, McLamb F, O'Connell K, et al: Az Egyesült Államok nemzeti, regionális és államspecifikus társadalmi-gazdasági tényezői korrelálnak a gyermek- és serdülőkori ADHD diagnózisokkal. *Sci Rep* 11:22008, 2021. o. DOI: 10.1038/S41598-021-01233-2

Brown N, Brown S, Briggs R és mtsai: A kedvezőtlen gyermekkori tapasztalatok és az ADHD diagnózisa és súlyossága közötti összefüggések. *Acad Pediatr* 17(4):349–355, 2017. o. DOI: 10.1016/j.acap.2016.08.013