

Biofeedback fixációs látástréning

NÉMETH JÁNOS DR., BARBONI MIRELLA, MANESCHG OTTO DR.,
RÉCSÁN ZSUZSANNA DR., SZEPESSY ZSUZSANNA DR., NAGY ZOLTÁN ZSOLT DR.

Semmelweis Egyetem, Szemészeti Klinika, Budapest
(Igazgató: Prof. Dr. Nagy Zoltán Zsolt egyetemi tanár)

A biofeedback látástréning viszonylag új módszer, amely alternatív kiegészítő terápiás-rehabilitációs lehetőséget teremtett gyengénlátó felnőttek számára. Jelen áttekintő közlemény célja, hogy bemutassuk a biofeedback fixációs látástréning elméleti alapjait, történetét és jelenlegi alkalmazási területeit. Két fő betegségcsoportban alkalmazható ez a tréning. Leggyakrabban a makula irreverzibilis károsodása (mint például makuladegeneráció, makulalyuk) esetén alkalmazzák ezt a tréninget, amikor a fovea éleslátási funkciója kiesett, és a módszer segíthet új hatékony fixációs pont megtalálásában és használatának betanításában. A másik lehetséges új alkalmazási területe, amikor a makula anatómiailag nem sérült, de a fixáció extrafovealis (például amblyopia esetében), és ilyenkor a tréning célja a fixációs stabilitás javítása, és a fixáció visszahelyezése a foveára. A módszert alkalmazták egészséges szemek fixációs stabilitásának növelésére is. Összefoglalóan, az eddigi eredmények szerint a biofeedback látástréning ígéretes módszer a maradéklátás és nyhe látási diszfunkciók javítására.

Biofeedback fixation training

Biofeedback fixation training is a relatively new technology that provides an additional therapy-rehabilitation option for people with low vision. The purpose of this review is to describe the theoretical foundations, history, and current areas of application of biofeedback fixation vision training. This method may be applied to two major illness categories. This training is most frequently used in cases of permanent macula impairment (such as macular degeneration or macular hole), when the fovea's visual function has been lost, and the procedure can aid in finding and teaching of a new effective fixation location. Another potential new area of use is when the macula is not physically injured but the fixation is extrafoveal (for example, in the case of amblyopia), in which case the training objective is to increase fixation stability and restore fixation to the fovea. The technique was also applied to improve the fixation stability of healthy eyes. In summary, based on the findings to date, biofeedback fixation vision training is a potential strategy for improving residual vision and moderate vision dysfunctions.

KULCSSZAVAK	biofeedback fixációs látástréning, mikroperimetria, fixációs stabilitás, látásrehabilitáció, makulabetegségek, amblyopia
KEYWORDS	biofeedback fixation training, microperimetry, fixation stability, vision rehabilitation, macular diseases, amblyopia

Bevezetés

A biofeedback fixációs látástréning viszonylag új módszer, amely alternatív kiegészítő terápiás-rehabilitációs lehetőséget teremtett gyengénlátó felnőttek számára. Kétféle alkalmazása ismert.

1. Makulalézió esetén: az eljárás

lényege az, hogy a retina központi látásért felelős részét, amely különböző betegségek miatt elvesztette éleslátási funkcióját, tudatos stimulációval, biofeedback tréninggel, úgy változtatják meg, hogy a fixációs képesség és ezáltal a látás is javuljon. Először mikroperimetria

vizsgálattal elkészítjük a látóhártya fényérzékenységi térképét, és ezen olyan retinaterületeket keresünk, ahol a fényérzékelő képesség jobban megmaradt, mint a betegség által károsított centrális fovea területen. A vizsgáló a lehetséges legjobb érzékenységgű és a foveához legközelebb

eső területet választja ki, és a tréning során arra kéri, és arra tanítja a beteget, hogy a szem tekintési fixációját erre a területre helyezze át. Az általunk használt készülékben rövid (bip) síphangok fokozódó gyakorisága jelzi, ahogyan a beteg fixációja közelíti a kívánt új fixációs pontot, és amikor eléri, akkor Mozart szonáta szólal meg, ami addig tart, amíg a beteg a fixációt a kívánt ponton tartani tudja.

2. Extrafovealisan fixálók esetén, akiknek nincs makulaléziójuk (pl. amblyopiás szemek), az eljárás célja a fixáció stabilizálása, és a fixáció visszahelyezése a fovea területére. A biofeedback látástréninget minden esetben monokulárisan alkalmazzuk.

A módszer elméleti háttere és megalapozottsága

Makulabetegségek esetén a centrális látótérterület, a fovea centralis, sérül és elveszti éleslátó képességét. Ennek ellenére a betegek reflexszerűen továbbra is ezt a centrális látótérpontot használják, amikor rátekintenek valamire (a szemizmok a látótengelyt továbbra is a foveára állítják be), mert ez a fixációs pont és ez a tekintési irány a hosszú évek során erősen kondicionálódott (1). A betegek egy része idővel észreveszi, hogyha kissé a megtekinteni kívánt pont mellé néz, akkor jobban látja a tárgyakat, mintha pontosan ránézne. Ők tudatosan is próbálnak „mellénézni”, hogy jobban lássanak, ami egyébként a gyakorlatban nem is könnyű feladat. Spontán módon is a szem fixációja idővel megváltozik, és áthelyeződik a károsodott fovea centralis mellé (a preferált retinalis lókuszt: PRL) (2), többnyire a centrális scotomától nasalisán (3). Azonban sok esetben (Whittaker vizsgálatai szerint az esetek 39%-ában) nem egy konkrét pontra kerül a fixáció, hanem két vagy több és változó helyre, és az illető más fixációs pontot használ különböző feladatokra (2, 4, 5). A spontán kialakuló új fixációs (prefe-

rált retinalókuszt: PRL) pontok sok esetben nem a legjobb látást nyújtó retinaszívre kerülnek (4, 6, 7). Így a fixáció stabilitása rossz lesz, és nem nyújt kellően jól használható funkcionális látást. A mikroperimetriával támogatott biofeedback fixációs látástréning abban segít, hogy a beteg megfelelő új fixációs pontot válasszon és begyakorolja, rögzítse, majd spontánna tegye annak használatát (8–10).

Az amblyopiát általában féloldali csökkent látóélesség jellemzi, amely főként a normális látásfejlődés érzékeny időszakában alakul ki (11, 12). A funkcionális károsodás mellett az agyban és a retinában strukturális elváltozások is jelentkeznek, amelyek a szokásos szemészeti vizsgálat során általában nem ismerhetők fel (13, 14). Az ok a kéregbe jutó vizuális bemenetek aszimmetrikus interokuláris szuppressziója, amelyet nagyon gyakran kancsalság, fénytörési hiba okoz, vagy olyan strukturális/optikai akadály a látóútban, amely megakadályozza a normális vizuális inger feldolgozását (depriváció) (12, 15). Amblyopiában a fixáció lehet centrális vagy excentrikus és mindkét esetben jellemző a fixációs stabilitás csökkenése (14, 16, 17). Amblyopiás szemekben a fixációs stabilitás és a látóélesség is annál rosszabb, minél távolabb van a PRL a centrumtól (16, 18). Korábbi vizsgálat szerint, az okklúziós kezelés hatására a fixációs stabilitás javulást mutat (19). Az instabil fixáció korlátozó tényező az okklúziós kezeléssel kombinált dichoptikus tréninget követő sztereopszis javításában: minél instabilabb az amblyopiás szem fixációja, annál hosszabb okklúziós kezelés szükséges a terápiás hatás eléréséhez, és annál kevésbé valószínű, hogy javul a sztereopszis (20, 21). Ezen túlmenően, az instabil fixáció a binokuláris egyensúlyhoz kapcsolódik (14), ami megmagyarázhatja szerepét a binokuláris javulás korlátozásában okklúziós kezelés során. Munkacsoportunk számolt be először arról, hogy a biofeedback fixációs tréning módosíthatja a fixáció stabilitását

strabismus műtéten átesett felnőtt amblyopiás betegekben (17).

A biofeedback tréningtechnika, amelyet a test különböző funkcióinak javításában kiterjedten alkalmaznak, megtanítja befolyásolni testünk egyes akaratlan funkcióit. A biofeedback látástréning biológiai visszacsatolást alkalmaz, vagyis visszajelzést a fixációs pont aktuális helyzetéről. A biofeedback látástréninghez mikroperimetriai fixáció követés szükséges, amelynek adatai alapján szóbeli és elektromos hangjelzéssel információt tudunk adni a betegnek az aktuális fixációs állapotáról. A beteg a kapott visszajelzés alapján tud olyan változtatásokat végrehajtani, aminek eredményeként javul fixációs működése, és enyhülhetnek látási panaszai.

Történet

A mai biofeedback fixációs látástréning közel 20 éves múltra tekint vissza, de előzményeinek, a tekintési tréningeknek a története már száz éves, és hosszú fejlődési utat tett meg a mai biofeedback fixációs látástréning kialakulásáig. A fejlődés legfőbb mérföldkövei a mikroperimetria bevezetése, a fixációs retinapont lokalizációja a szemfenéken, majd később a fixáció változó helyének valós időben való követése, és a biofeedback (akusztikus visszajelzés) bevezetése voltak.

Kaspar Pischel 1918-ban 5 kancsal esetéről számolt be, ahol térhatású fixációs és fúziós tréninget alkalmazott, ami már akkor sem számított újdonságnak, és amivel hosszabb kezelési idő után orthophoriát és binokuláris látást ért el (22). *Holcomb* és *Goodrich* 1976-ban közölt cikket kétféle excentrikus tekintési tréningjükről, amelyek egyszerűen kivitelezhetők voltak (23). Arra tanították az alanyokat, hogy a jobb látás érdekében hogyan használják a retina paramakuláris területét, ha a makulaterület sérült. *Goodrich* és *Mehr* 1986-ban összefoglaló cikket jelentetett meg az excentrikus tekintési tréningek akkori és várható

technikáiról, beleértve a számítógépes megoldások lehetőségeit is (24). Már az 1970-es évektől kezdődően megállapították, hogy az olvasási sebesség sokkal hatékonyabban gyorsítható, ha az új, tanított fixációs pont (PRL) nem nasalisan van (ahova spontán szokott kerülni), hanem a centrális lézió alá vagy fölé tréningelik (3).

Frennesson és munkatársai 1995-ben videoterminálon működő számítógépes excentrikus tekintési tréningprogramról számoltak be, amit scanning laser ophthalmoscope (SLO) mikroperimetriával támogattak (3, 25). Ennek segítségével az olvasási sebességet szignifikánsan (több mint ötszörösére) sikerült gyorsítani abszolút centrális scotomával rendelkező makuladegenerációs betegekben (25).

Gaffney és munkatársai 2014-ben összefoglaló közleményükben 2605 cikket említene, amely a témában már megjelent. Az általuk elemzett 36 cikk eredményei azt mutatták, hogy az excentrikus tekintési tréning javíthatja a közeli látóélességet, az olvasási sebességet és a mindennapi tevékenységek teljesítését centrális látásvesztésben szenvedő betegekben. Azonban nem volt elegendő irodalmi adat ahhoz, hogy összefüggést állapítsanak meg a tréning és a távoli látóélesség vagy az életminőség között (6).

Rubin és munkatársai nagy randomizált, kontrollált vizsgálatot publikáltak 2023-ban (26). A vizsgálat során nem észleltek különbséget a vizuális feladatok megoldási képességében, az olvasási képességben, a kontrasztérzékenységben és a fixációs stabilitásban a kontrollcsoport, valamint azok között a csoportok között, akik vagy felügyelt olvasástámogatást kaptak 3 alkalommal, vagy 3 képzésben részesültek, hogy optimalizálják a saját preferált retinalis lókuszt (PRL); vagy 3 alkalommal biofeedback tréninget (MP1, Nidek) végeztek egy elméletileg optimális retinalókuszt (26). A betegeknek a vizsgálat során látásromlást tapasztaltak minden csoportban, amiből azt a következ-

tetést vonták le, hogy a betegség-progresszió felülmúlja a kezelések hatását. Ezért eredményeik alapján nem javasolják az excentrikus tekintési tréning rutinszerű alkalmazását olyan időskori makulabetegségben szenvedők számára, akiknél még progresszió van. Véleményük szerint ez a tréning a végstádiumú állapotokban segíthet. A szerzők egyébként 4 okot soroltak fel, ami miatt saját vizsgálatuk nem hozta azt az eredményt, mint amit korábbi vizsgálatok bizonyítottak: különbség a tréning mennyiségében/hosszában, a tréninget adók eltérő gyakorlata, a tréning eltérő típusa, és az eltérő vizsgálati populáció (26). Emellett a páciensek 12%-a nem komplettálta a tréninget, azaz azon csak részben vettek részt. Továbbá a vizsgálatban részt vevők látóélessége jobb volt, mint más sikeres vizsgálatokban lévőké, ami szintén magyarázhatja az eltérő eredményt, mert ismert, hogy gyengébb látásúak esetében a tréningek hatásosabbak (27).

Morales és munkatársai különböző maculopathiások esetében kimutatták, hogy az excentrikus fixációs stabilitás, látóélesség és az olvasási képesség szignifikánsan jobban javult azoknál, akiknél a MAIA-biofeedback tréning során az új PRL-t a két egymás melletti legmagasabb érzékenységet mutató és a foveához legközelebb eső retinalókuszt helyezték, mint azokban, ahol a spontán PRL-t erősítették a tréninggel (28).

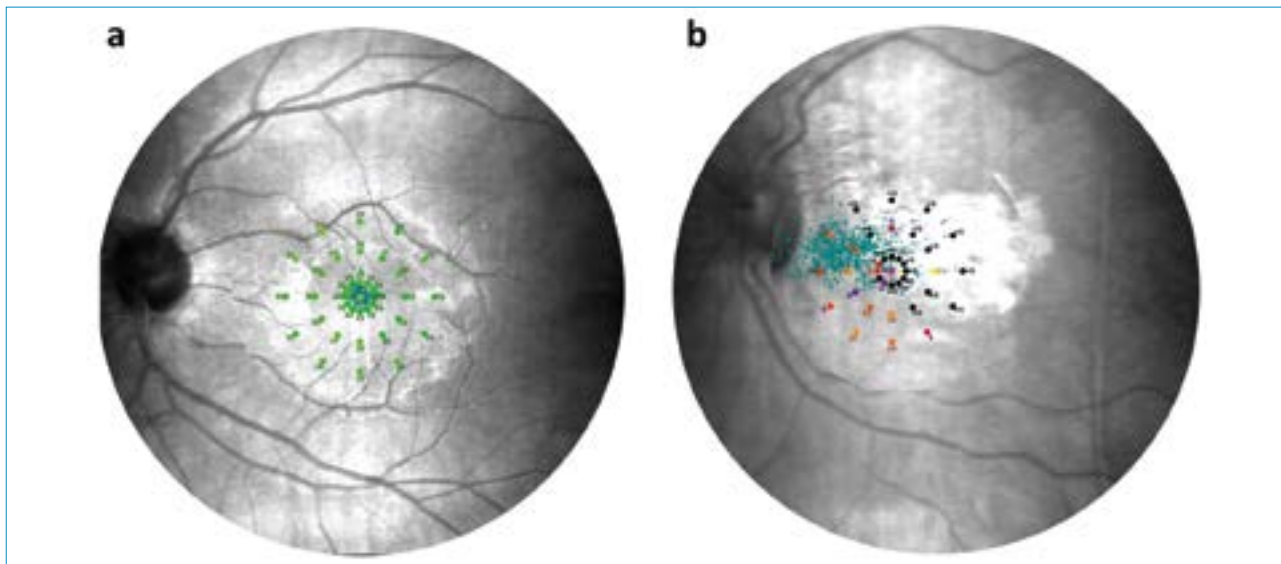
Az akusztikus biofeedback fixációs látástréning bevezetése

Vingolo és munkatársai publikálták elsőként MP1 mikroperimetriával (Nidek, Padova, Olaszország) végzett akusztikus biofeedback látástréning eredményeiket, 2006-ban olaszul, majd 2007-ben angolul (29–31). A 10 alkalommal végzett 10 perces tréningperiódus után mind a 15 betegükönél javult a látóélesség, a fixációs stabilitás, a retina-

szenzitivitás és az olvasási sebesség. Az MP1 és a MAIA-mikroperimétert használó akusztikus biofeedback tréning a figyelemmoduláció fokozásával segíti az agyat az új fixációs hely megjegyzésében, ezáltal hatékony preferált retinalókuszt (PRL) biztosít makulabetegségben és centrális scotomában szenvedő betegekben (30).

Saját vizsgálatunkban a MAIA-mikroperiméter készüléket (Macular Integrity Assessment, CenterVue. S.p.A, Padova, Olaszország) alkalmaztuk, amely alkalmas a retina fényérzékenysége mérésére a retina meghatározott pontjain, amelyeket egyidejűleg készített SLO szemfenéki képeken lokalizál, és így lehetővé teszi a retinastruktúra és -funkció közvetlen összehasonlítását (1. ábra). A készülék a vizsgált retinaterület küszöbérzékenységét dB-ben adja meg. Az akaratlan szemmozgásokat ún. követő, „tracking” rendszer érzékeli, és valós időben korrigálja (tracking sebesség: 25 Hz), így a vizsgálójелеk mindig azonos pontokra kerülnek. A készülék másodpercenként 25-ször méri az aktuális fixáció helyét a funduson, és követi változásait az egész látótérvizsgálat időtartama alatt. Eredményként megmutatja a vizsgálat alatti időszakban a fixációra használt pontok helyzetét (a vizsgálat első 10 másodpercében, majd az azt követő 5-7 perces időszakban is) (2. ábra). Kiszámítja a preferált retinalókuszt (PRL) helyét (a vizsgálat első 10 másodpercében: initial PRL, majd az azt követő 5-7 perces időszakban: final PRL), és számszerű paramétereket ad a fixációs pont mozgásának mértékéről, azaz a fixációs stabilitásról. A fixáció stabilitását a készülék 3 kategóriába sorolja (3. ábra). Stabil a fixáció, ha a fixációs pontok több mint 75%-a egy 2 fokos átmérőjű körben van az összes fixációs pont gravitációs középpontjában. Viszonylagosan instabil a fixáció, ha a fixációs pontok kevesebb, mint 75%-a van a 2 fokos átmérőjű körben, de több mint 75%-a benne van egy 4 fokos átmérőjű körben. A fixáció instabil,

1. ábra: MAIA mikroperimetria eredménye. SLD fekete-fehér szemfenéki képen láthatók a mért retinalis fényérzékenységek számokkal (dB-ben) és színekkel kódolva, valamint a fixációs pontok (apró kék pontok). a: Egészséges szem, látóélesség teljes (1,0), stabil fixáció, a fixációs pontok mind a centrumban halmozódnak (P1=99%, P2=100%, BCEA63%=0,3, BCEA95%=1,0). b: AMD-beteg szeme nagy heggel a makulában, látóélesség erősen csökkent (0,1), instabil fixáció, a fixációs pontok a fovea és a papilla között nagy területen szóródnak (P1=24%, P2=60%, BCEA63%=12,4, BCEA95%=17,0). Rövidítések magyarázatát lásd a szövegben



ha a fixációs pontok kevesebb, mint 75%-a van a 4 fokos átmérőjű körben. Emellett a készülék kiszámítja a P1 és P2 értékeket is: amelyek százalékban azt mutatják, hogy a fixációs pontok hány százaléka van benne a 2 fokos, illetve a 4 fokos körben (32). A fixációs stabilitás jellemzésére használják még a kétváltozós kontúrellipszis területét (BCEA – bivariate contour ellipse area), amely azt a területméretet adja meg, amiben a fixációs pontok bizonyos százaléka benne van (pl. 63%-a, 95%-a, vagy 99%-a) (3. ábra) (33).

Az MP1 és a MAIA-mikroperimetert használó akusztikus biofeedback tréning a figyelemmoduláció fokozásával segíti az agyat az új fixációs hely megjegyzésében, ezáltal hatékony preferált retinalókuszt (PRL) biztosít makulabetegségben és centrális scotomában szenvedő betegekben (30, 34–36). *Vingolo és munkatársai* fényvisszajelzést alkalmazó tréninget is kipróbáltak (mintafordításos fekete-fehér sakktábla, ami a megfelelő fixáció elérésekor

villog), és hatásosabbnak tapasztalták, mint az akusztikus MP-1 biofeedback módszert (37). A későbbi Nidek MP-3 mikroperiméterbe ez került beépítésre, de kombinálva akusztikus visszajelzéssel (38).

A biofeedback fixációs látástréning alkalmazási területei

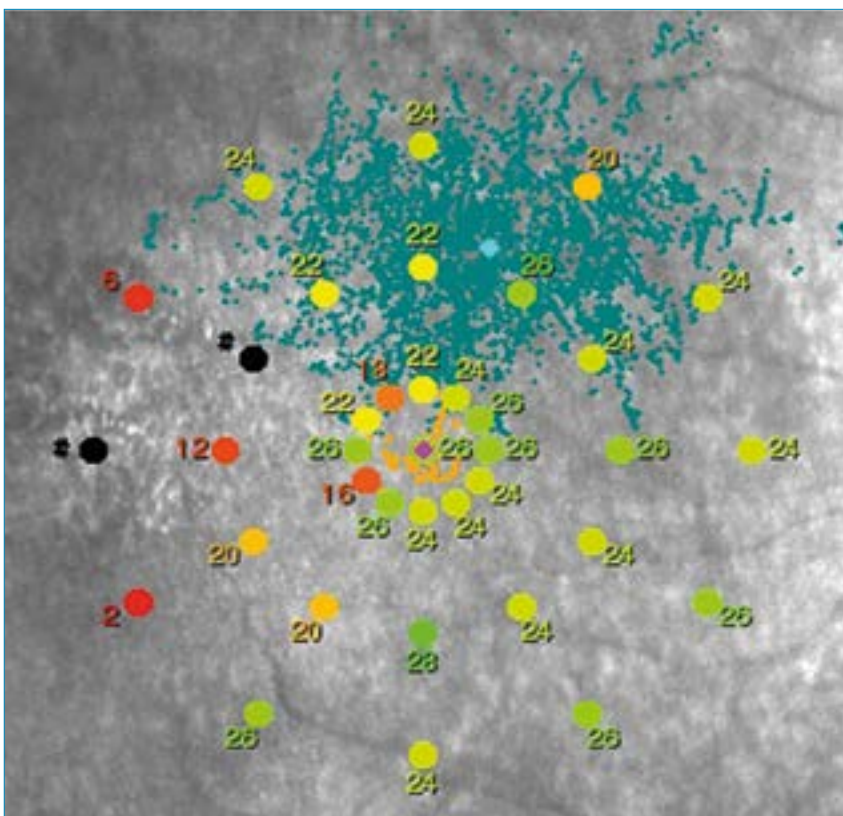
A biofeedback fixációs látástréning, mint említettük, kiegészítő látásrehabilitációs módszer, különböző látássérülések esetén (39). A tréning elvégzése elsősorban akkor indikált, ha a fovea centralis működése sérülés vagy betegség miatt kiesik vagy erősen megromlik, azaz centrális scotoma alakul ki, de a makulán belül vagy annak közelében egyes extra-fovealis területek viszonylag épen megmaradnak. Ilyen állapotok például az időskori makuladegeneráció, makulalyuk, makulaödéma, epiretinalis membrán, centrális serosus retinopathia, Stargardt-betegség, choroideremia, szemfenéki

érelzáródások, macula teleangiectasia, chloroquine maculopathia, a makula irreverzibilis fénysérülése. Viszont a biofeedback fixációs látástréning nem hatékony a központi és perifériás retina területeit is érintő szembetegségekben, mint például glaukóma vagy retinitis pigmentosa esetén. A biofeedback fixációs látástréning akkor is alkalmazható, ha a fovea nem szenved jelentős strukturális károsodást, de funkcionális károsodás áll fenn, mint amblyopia esetében.

Időskori makuladegeneráció

A 2019-ben publikált saját vizsgálataink (34) során a funkcionális látóképesség optimalizálását MAIA-biofeedback látástréninggel 6 időskori makuladegenerációban (AMD) szenvedő betegben végeztük el. A tréningen 12-15 alkalommal vettek részt, és egyenként 10 percen át tartott. A tréningelt AMD-s betegekben a mikroperimetriával mérhető átlagos küszöbérzékenység és a színlátás nem

2. ábra: Excentrikus, instabil fixációt mutató beteg MAIA-mikroperimetria eredménye. Az SLO fekete-fehér szemfenéki képen láthatók a mért retina fényérzékenység-értékek dB-ben és színekkel kódolva, valamint a fixációs pontok a vizsgálat első 10 másodpercében (apró narancssárga pontok), majd a fixációs pontok a vizsgálat további 5-7 perces időszakában (apró kék pontok), valamint a készülék által meghatározott iniciális PRL (magenta belsejű csillag), valamint finál PRL (világoskék csillag) (MAIA Operating Manual, CenterVue, 32)



változott, viszont a kontrasztérzékenység és a látóélesség javulást mutatott. Ezen kívül, az életminőségi kérdőívre adott válaszok is szubjektív látásjavulást bizonyítottak AMD-betegekben a tréning hatására (tréning előtt: $16,3 \pm 8,1$ pont; tréning után: $21,2 \pm 9,4$ (VF-14)). Kétoldali gyengénlátók esetében fontos, hogy rögzítsük (pontszámmal és leírással) a beteg személyes mindennapi tevékenységeinek tapasztalatait, a tréning előtt és után (40). Saját tapasztalatunk szerint, az AMD-ben szenvedő betegekben ugyan viszonylag kismértékű mérhető javulást lehet kimutatni, azonban a betegek lényeges látóképesség-javulásról számolnak be mindennapos tevékenységeik könnyebb kivitelezé-

si lehetőségeit illetően. Például egyik betegünk, aki pékségben dolgozott, azt tapasztalta, hogy a tréning után jobban látta a számokat a papírpénzeken, ami lényegesen könnyebbé tette számára a pénztárosi munkát. Egy másik betegünk, aki korábban olvasási nehézségekre panaszkodott, arról számolt be, hogy a tréning végére a látóterében középen lévő sötét folt kicsit oldalra helyeződött át, és ez által jobban látta a betűket. Tapasztalataink alapján a következő következtetéseket vontuk le: Mivel az eredményeink azt mutatják, hogy gyengénlátókban a vizuális funkciók modulálhatók és javíthatók biofeedback látástréninggel, ezért javasoljuk a biofeedback látástréning-protokoll elvégzését még

az egyéb látásrehabilitációs programok kezdeményezése előtt a makuladiszfunkcióval rendelkező betegek esetében (34).

Kelly és munkatársai bizonyították, hogy a 15 alkalommal elvégzett vizuális és akusztikus biofeedback látástréning, otthoni gyakorlatokkal kiegészítve, képes szignifikánsan javítani a látásfunkciós paramétereket (távoli és közeli látóélesség, kontrasztérzékenység és fixációs stabilitás) irreverzibilis központi scotoma esetén, kétoldali időskori makuladegenerációban szenvedő betegekben (41).

Ramirez Estudillo és munkatársai kimutatták, hogy a geográfikus atrófiában szenvedő betegek fixációs stabilitása, olvasási sebessége és látóélessége javítható MAIA-biofeedback tréninggel (42).

Daibert-Nido és munkatársai azt találták, hogy MAIA-biofeedback tréning után azok az AMD-s betegek mutattak szignifikáns látóélesség-javulást, akiknek logMAR 0,8-nál rosszabb volt a látása a tréning előtt (27).

Vegyes betegcsoportban

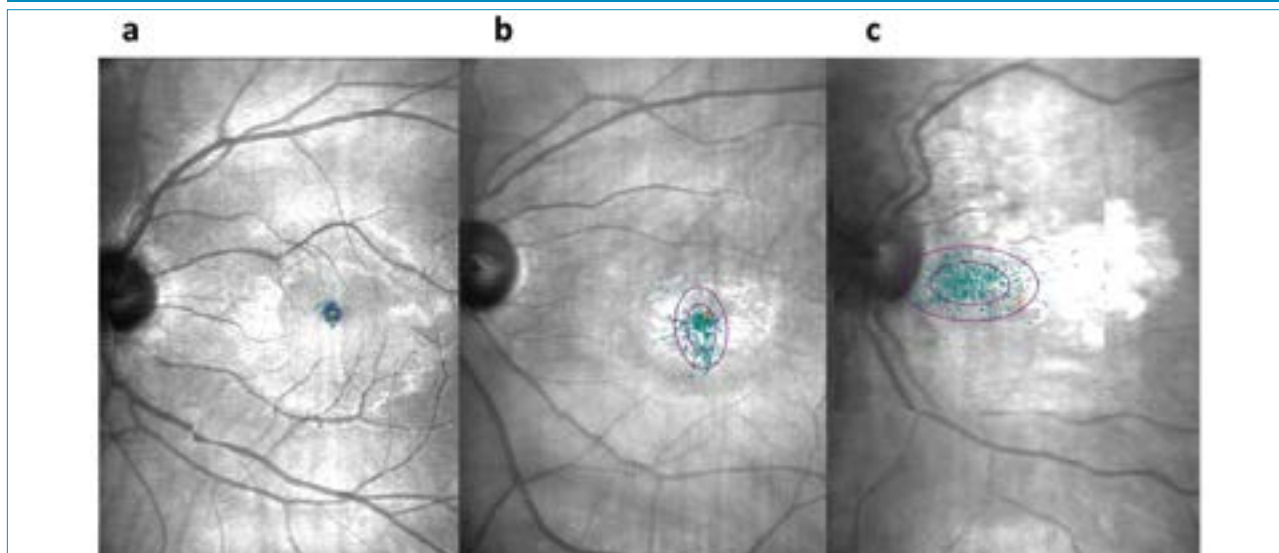
Qian és munkatársai kimutatták, hogy előrehaladott AMD és myopiás maculopathia miatti centrális látásvesztésben szenvedőkben, a 20 héten át folytatott heti 2-szer elvégzett napi 3-szor tízperces MP-3 mikroperiméter (Nidek, Japán) biofeedback fixációs tréning szignifikánsan javította a látóélességet, a fixációs stabilitást, és az életminőséget (NEI-VFQ 25) (43).

Sahli és munkatársai azt találták, hogy 17 AMD, 14 Stargardt-, és 4 csapdisztrófiás betegben 10 alkalommal elvégzett 10 perces MAIA-mikroperiméter biofeedback tréning szignifikánsan javította a fixációs stabilitást, a közeli látóélességet, és a közeli aktivitási minőséget (NEI-VFQ-25) (44).

Stargardt-betegség

Melillo és munkatársai kontrollált, randomizált elrendezésben vizsgál-

3. ábra: Példák a MAIA fixációs stabilitás három kategóriájára. a: Stabil fixáció ($V = 1,0$, $P1 = 99\%$, $P2 = 100\%$, $BCEA63\% = 0,3$, $BCEA95\% = 1,0$). b: Viszonylagosan instabil fixáció ($V = 0,1$, $P1 = 61\%$, $P2 = 88\%$, $BCEA63\% = 5,1$, $BCEA95\% = 15,2$). c: Instabil fixáció ($V = 0,1$, $P1 = 24\%$, $P2 = 60\%$, $BCEA63\% = 12,4$, $BCEA95\% = 37,0$). V: legjobb korrigált távoli látóélesség



ták 12 héten át heti egyszer alkalmazott 10 perces biofeedback tréning hatását Stargardt-betegekben. Eredményeik szerint a kontrollcsoporthoz képest a tréningelték szignifikánsan kisebb betűket tudtak olvasni, gyorsabb olvasási sebességgel, látóélességük, makuláris fényérzékenyséjük és fixációs stabilitásuk is szignifikánsan javult. Az elvégzett funkcionális MRI-vizsgálat szignifikáns aktivitásfokozódást mutatott a primer látókéregben a kezelt csoportban a kontrollokhoz képest (45).

Verdina és munkatársai Stargardt-betegekben végeztek heti rendszerességgel 10 perces MP-1 biofeedback tréninget összesen 8 alkalommal. Eredményeik szerint a tréningelt betegek fixációs stabilitása, olvasási sebessége és kontrasztérzékenysége szignifikánsan javult, míg a nem kezelt betegekben a paraméterek nem változtak (46).

Makulalyuk

Sborgia és munkatársai sebészi makulalyukzáró műtét után elvégzett biofeedback tréning után nagyobb mértékű retinaérzékenység-növekedést és a stabilabb fixációt észleltek,

mint a tréning nélküli kontrollokban (47).

Epiretinalis membrán

Matsura Misawa és munkatársai sikeresen alkalmazták a tréninget epiretinalis membrán miatti látóélesség-csökkenés javítására egy olyan betegük esetében, aki nem egyezett bele az epiretinalis membrán műtéti eltávolításába (48).

Amblyopia

Saját kutatásunk során elvégeztük 17 tompalátó beteg 300 biofeedback fixációs látástréning kezelését és hosszú távú követését, 25 kontrollszemély (12 egészséges önkéntes és 13 tompalátó beteg) bevonásával, annak érdekében, hogy megállapítsuk a mikroperimetriai biofeedback látástréning hatását a fixáció stabilitására és a látási funkciókra tompalátósággal társuló kancsalságban. Vizsgálatunk kezdeti eredményei azt mutatták, hogy a mikroperimetriai biofeedback fixációs tréning rövid és hosszú távon (legalább egy éven át) kedvező hatású volt a fixációs stabilitásra és a látóélességre tompalátó felnőttek szemében

(17). A későbbiekben, nagyobb kohorsz bevonása után a biofeedback látástréning pozitív hatása a fixációs stabilitásra és a látóélességre nem minden amblyopiás szem esetében volt megfigyelhető (49). A tréning kedvező hatása leginkább azoknál volt kimutatható, akik a kezdő vizsgálat során nem-stabil fixációt mutattak (közepesen súlyos amblyopiás esetek), míg a kevésbé sérült fixációs stabilitású amblyopiás betegek (enyhe amblyopia) és az extra-fovealisán fixálók (súlyos amblyopia) nem profitáltak teljes mértékben a tréningből.

Homonim hemianopsia

Misawa és munkatársai agysérülést követő homonim hemianopsia esetén észleltek kedvező hatást a retinaszenzitivitásban, fixációs stabilitásban, kontrasztérzékenységekben, közeli látóélességben, olvasási sebességben 20 perces, 5 heten át egyszer végzett MAIA-biofeedback tréning hatására (50).

Egészséges szemekben

Jó látású gyorsasági motorversenyzők esetében 4 hónap biofeedback

fixációs tréning után a központi reakció idő 75%-kal rövidült, és a fixációs stabilitás pedig 30%-kal javult. A szerzők javasolják a tréninget a gyorsasági versenyzők vezetési képességeinek javítására (51).

Következtetések

Az eddigi eredmények alapján a biofeedback fixációs látástréning ígéretes módszer a „maradékklátás” és enyhe látási diszfunkciók javítására. A tréning gondos megtervezése nagyon fontos, mert mind a megfelelő tréningtípus, mind pedig a megcélzott retinaterület helyes kiválasztása nagymértékben befolyásolja a kezelés sikerét. A biofeedback látástréning sikeré-

nek egyik döntő tényezője, hogy a beteg kellően motivált legyen, és minden alkalommal eljőjön a tréningülésre. Ezért nagyon fontos, az első vizsgálatkor a tréning indítása előtt, a betegek pontos és gondos tájékoztatása a tréning hosszát, lezajlását, és várható eredményét illetően. Mint minden protokoll esetében, ez esetben is részletesen meg kell beszélni a tréningprotokollt a beteggel, és meg kell figyeljük motivációját, különös figyelemmel, ha a betegnek túlzott elvárásai vannak a látásjavulást illetően. A biofeedback látástréninggel elérhető látásjavulás mértéke előre nem jósolható meg, mivel számos patológiai, környezeti és motivációs paramétertől függ. Fontos, hogy rögzítsük (pontszám-

mal és leírással) a beteg személyes mindennapi tevékenységeinek tapasztalatait, a tréning előtt és után.

Etikai engedélyek

SE TUKEB 248/2016, 037871/2016/OTIG, OGYÉI/42821/2019, és OGYÉI/12949/2023.

Nyilatkozat

A szerzők kijelentik, hogy eredeti közleményük megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeütközés, összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

IRODALOM

1. Peli E. Control of eye movement with peripheral vision: implications for training of eccentric viewing. *Am J Optom Physiol Opt* 1986; 63(2): 113–8. <https://doi.org/10.1097/00006324-198602000-00008>
2. Crossland MD, Engel SA, Legge GE. The preferred retinal locus in macular disease: toward a consensus definition. *Retina* 2011; 31(10): 2109–14. <https://doi.org/10.1097/IAE.0b013e31820d3fba>
3. Nilsson UL, Frennesson C, Nilsson SE. Patients with AMD and a large absolute central scotoma can be trained successfully to use eccentric viewing, as demonstrated in a scanning laser ophthalmoscope. *Vision Res* 2003; 43(16): 1777–87. [https://doi.org/10.1016/s0042-6989\(03\)00219-0](https://doi.org/10.1016/s0042-6989(03)00219-0)
4. Whittaker SG, Budd J, Cummings RW. Eccentric fixation with macular scotoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988; 29(2): 268–78. PMID: 3338884.
5. Morales MU, Saker S, Mehta RL, Rubinstein M, Amoaku WM. Preferred retinal locus profile during prolonged fixation attempts. *Can J Ophthalmol* 2013; 48(5): 368–74. <https://doi.org/10.1016/j.cjjo.2013.05.022>
6. Gaffney AJ, Margrain TH, Bunce CV, Binns AM. How effective is eccentric viewing training? A systematic literature review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2014; 34(4): 427–37. <https://doi.org/10.1111/oppo.12132>
7. Petre KL, Hazel CA, Fine EM, Rubin GS. Reading with eccentric fixation is faster in inferior visual field than in left visual field. *Optom Vis Sci* 2000; 77(1): 34–9. <https://doi.org/10.1097/00006324-200001000-00011>
8. Deng Y, Jie CH, Wang JW, Li YY, Liu ZQ. Visual function and biofeedback training of patients with central vision loss: a review. *Int J Ophthalmol* 2023; 16(5): 824–831. <https://doi.org/10.18240/ijo.2023.05.21>
9. Récsán Zs, Németh J: Mikroperimetria. Könyvfejezet. In: Nagy ZZs (szerk.): Szemészeti diagnosztikai és műtéti ismeretek. Szakasszisztensek, műtősnők, műtőssegédek számára. Budapest: Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar; 2019. p. 206–212.
10. Tarita-Nistor L, González EG, Markowitz SN, Steinbach MJ. Plasticity of fixation in patients with central vision loss. *Vis Neurosci* 2009; 26(5–6): 487–94. <https://doi.org/10.1017/S0952523809990265>
11. von Noorden GK, Crawford ML. The sensitive period. *Trans Ophthalmol Soc UK* (1962). 1979; 99(3): 442–6.
12. Wallace DK, Repka MX, Lee KA, Melia M, Christiansen SP, Morse CL, Sprunger DT; American Academy of Pediatric Ophthalmology/Strabismus Preferred Practice Pattern Pediatric Ophthalmology Panel. Amblyopia Preferred Practice Pattern®. *Ophthalmology* 2018; 125(1): P105–P142. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.10.008>
13. Szigeti A, Tátrai E, Szamosi A, Vargha P, Nagy ZZ, Németh J, DeBuc DC, Somfai GM. A morphological study of retinal changes in unilateral amblyopia using optical coherence tomography image segmentation. *PLoS One* 2014; 9(2): e88363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088363>
14. Barboni MTS, Maneschg OA, Németh J, Nagy ZZ, Vidnyánszky Z, Bankó ÉM. Dichoptic Spatial Contrast Sensitivity Reflects Binocular Balance in Normal and Stereocanonical Subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020; 61(11): 23. <https://doi.org/10.1167/iovs.61.11.23>
15. Bonaccorsi J, Berardi N, Sale A. Treatment of amblyopia in the adult: insights from a new rodent model of visual perceptual learning. *Front Neural Circuits* 2014; 8: 82. <https://doi.org/10.3389/fncir.2014.00082>
16. Altinbay D, Sahli E, Bingol Kiziltunc P, Atilla H. Evaluation of fixation characteristics in amblyopia using microperimetry. *Int Ophthalmol* 2023; 43(9): 3403–3412. <https://doi.org/10.1007/s10792-023-02748-5>
17. Maneschg OA, Barboni MTS, Nagy ZZs, Németh J. Fixation stability after surgical treatment of strabismus and biofeedback fixation training in amblyopic eyes. *BMC Ophthalmology* 2021; 21(1): 264. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02020-3>
18. Wang S, Tian T, Zou L, Wu S, Liu Y, Wen W, Liu H. Fixation Characteristics of Severe Amblyopia with Eccentric Fixation and Central Fixation Assessed by the MP-1 Microperimeter. *Semin Ophthalmol* 2021; 36(5–6): 360–365. <https://doi.org/10.1080/08820538.2021.1890142>
19. Wang S, Zou L, Tian T, Zhan A, Liu Y, Wen W, Liu H. Fixation stability improvement after occlusion treatment for severe amblyopia. *Int Ophthalmol* 2022; 42(3): 1007–1012. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-02084-6>
20. Bankó ÉM, Barboni MTS, Markó K, Körtvélyes J, Németh J, Nagy ZZ, Vidnyánszky Z. Fixation instability, astigmatism, and lack of stereopsis as factors impeding recovery of binocular balance in amblyopia following binocular therapy. *Sci Rep* 2022; 12(1): 10311 Erratum in: *Sci Rep*. 2022; 12(1): 13249. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y>
21. Scaramuzzi M, Murray J, Otero-Millan J, Nucci P, Shaikh AG, Ghasia FF. Fixation instability in amblyopia: Oculomotor disease biomarkers predictive of treatment effectiveness. *Prog Brain Res* 2019; 249: 235–248. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y.10.1016/bs.pbr.2019.04.024>

22. Pischel K. Training of fixation and fusion in strabismus. *Cal State J Med* 1918; 16(8): 391-2. PMID: 18737688; PMCID: PMC1593239.
23. Holocomb JG, Goodrich GL. Eccentric viewing training. *J Am Optom Assoc* 1976; 47(11): 1438-43. PMID: 1025166.
24. Goodrich GL, Mehr EB. Eccentric viewing training and low vision aids: current practice and implications of peripheral retinal research. *Am J Optom Physiol Opt* 1986; 63(2): 119-26. PMID: 2420183.
25. Frennesson C, Jakobsson P, Nilsson UL. A computer and video display based system for training eccentric viewing in macular degeneration with an absolute central scotoma. *Doc Ophthalmol* 1995; 91(1): 9-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1007/BF01204619>
26. Rubin GS, Crossland MD, Dunbar HMP, Brown GM, Petriti B, Roche H, Sirrell SV, Broom KT, Hamilton RD. Eccentric Viewing Training for Age-Related Macular Disease: Results of a Randomized Controlled Trial (the EFFECT Study). *Ophthalmol Sci* 2023; 4(2): 100422. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1016/j.xops.2023.100422>
27. Daibert-Nido M, Patino B, Markowitz M, Markowitz SN. Rehabilitation with biofeedback training in age-related macular degeneration for improving distance vision. *Can J Ophthalmol* 2019; 54: 328-334. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2018.10.016>
28. Morales MU, Saker S, Wilde C, Rubinstein M, Limoli P, Amoaku WM. Biofeedback fixation training method for improving eccentric vision in patients with loss of foveal function secondary to different maculopathies. *Int Ophthalmol* 2020; 40(2): 305-312. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1007/s10792-019-01180-y>
29. Vingolo EM, Parisi F, Limoli P, Cavarretta S, et al. Biofeedback micropertimetrico nella degenerazione maculare correlata all'età. Risultati preliminari. *Bollettino di Oculistica* 2006; N. 3, 243-246.
30. Vingolo EM, Cavarretta S, Domanico D, Parisi F, Malagola R. Microperimetric biofeedback in AMD patients. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2007; 32(3-4): 185-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1007/s10484-007-9038-6>
31. Vingolo EM, Salvatore S, Cavarretta S. Low-vision rehabilitation by means of MP-1 biofeedback examination in patients with different macular diseases: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2009; 34(2): 127-33. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9083-4>
32. MAIA, Macula Integrity Assessment. Operating Manual. Padova: CenterVue; 2013.
33. Morales MU, Saker S, Wilde C, Pellizzari C, Pallikaris A, Notaroberto N, Rubinstein M, Rui C, Limoli P, Smolek MK, Amoaku WM. Reference Clinical Database for Fixation Stability Metrics in Normal Subjects Measured with the MAIA Microperimeter. *Transl Vis Sci Technol* 2016; 5(6): 6. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1167/tvst.5.6.6>
34. Barboni MTS, Récsán Z, Szepessy Z, Ecsedy M, Nagy BV, Ventura DF, Nagy ZZ, Németh J. Preliminary Findings on the Optimization of Visual Performance in Patients with Age-Related Macular Degeneration Using Biofeedback Training. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2019; 44(1): 61-70. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9423-3>
35. Morales MU, Saker S, Wilde C, Rubinstein M, Limoli P, Amoaku WM. Biofeedback fixation training method for improving eccentric vision in patients with loss of foveal function secondary to different maculopathies. *Int Ophthalmol* 2020; 40(2): 305-312. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.1007/s10792-019-01180-y>
36. Salvatore S, Librando A, Esposito M, Vingolo EM. The Mozart effect in biofeedback visual rehabilitation: a case report. *Clin Ophthalmol* 2011; 5: 1269-72. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13947-y> <https://doi.org/10.2147/OPHT.S23082>
37. Vingolo EM, Salvatore S, Limoli PG. MP-1 biofeedback: luminous pattern stimulus versus acoustic biofeedback in age related macular degeneration (AMD). *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2013; 38(1): 11-6. <https://doi.org/10.1007/s10484-012-9203-4>
38. Amore F. Active Visual Rehabilitation: A New Paradigm in Low Vision Services. *Retina Today*, 2019; July/August. Sponsored article.
39. Németh J, Barcsay Gy, Barcsay-Veres A, Nagy ZZ. A szemészorvos feladatai a látásrehabilitációban. *Szemészet* 2024; 161(1): 11-17. <https://doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2024.161.1.11>
40. Bausz M, Németh J. Életminőség változása katarakta műtét után. In: Biró Zs, Szalczser L. (szerk.): A szürkehályog és refraktív sebészet legújabb eredményei. SHIOL Szemészeti Kongresszus, Keszthely, 2005. 03. 31. - 04. 02. Magyar Műlencse Implantációs és Refraktív Sebészeti Társaság, Pécs, 2006; 53-64.
41. Kelly N, Vukicevic M, Koklanis K. Effectiveness of visual and acoustic biofeedback eccentric viewing training in conjunction with home exercises on visual function: a retrospective observational review. *Strabismus* 2023; 31(1): 55-65. <https://doi.org/10.1080/09273972.2023.2172435>
42. Ramírez Estudillo JA, León Higuera MI, Rojas Juárez S, Ordaz Vera ML, Pablo Santana Y, Celis Suazo B. Visual rehabilitation via microperimetry in patients with geographic atrophy: a pilot study. *Int J Retina Vitreous* 2017; 3: 21. <https://doi.org/10.1186/s40942-017-0071-1>
43. Qian T, Xu X, Liu X, Yen M, Zhou H, Mao M, Cai H, Shen H, Xu X, Gong Y, Yu S. Efficacy of MP-3 microperimeter biofeedback fixation training for low vision rehabilitation in patients with maculopathy. *BMC Ophthalmol* 2022; 22(1): 197. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02419-6>
44. Sahli E, Altinbay D, Bingol Kiziltunc P, Idil A. Effectiveness of Low Vision Rehabilitation Using Microperimetric Acoustic Biofeedback Training in Patients with Central Scotoma. *Curr Eye Res* 2021; 46(5): 731-738. <https://doi.org/10.1080/02713683.2020.1833348>
45. Melillo P, Prinster A, Di Iorio V, Olivo G, D'Alterio FM, Cocozza S, Quarantelli M, Testa F, Brunetti A, Simonelli F. Biofeedback Rehabilitation and Visual Cortex Response in Stargardt's Disease: A Randomized Controlled Trial. *Transl Vis Sci Technol* 2020; 9(6): 6. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.6.6>
46. Verdina T, Giacomelli G, Sodi A, Pennino M, Paggini C, Murro V, Virgili G, Menchini U. Biofeedback rehabilitation of eccentric fixation in patients with Stargardt disease. *Eur J Ophthalmol* 2013; 23(5): 723-31. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000291>
47. Sborgia A, Niro A, Pastore V, Albano V, Boscia G, Piepoli M, Di Pardo C, Accurso Tagano L, Zerbinati M, Landini L, Pignataro MG, Petruzzella G, Donghia R, Alqahtani AS, Coassin M, Dell'Omo R, Boscia F, Alessio G, Sborgia G. Biofeedback Training after Successful Inverted Internal Limiting Membrane (ILM)-Flap Technique for High Myopic Macular Hole. *J Clin Med* 2023; 12(16): 5188. <https://doi.org/10.3390/jcm12165188>
48. Matsura Misawa MA, Markowitz SN, Daibert-Nido M. Innovative vision rehabilitation method for epiretinal membrane: Enhancing visual functions through Biofeedback Training. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2023; 32: 101956. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2023.101956>
49. Maneschg OA, Barboni MTS, Killik P, Bankó EM, Németh J, Nagy ZZ (2023). Biofeedback fixation training as an important tool to supplement strabismus and amblyopia treatment. In: Zylán S (editor): *Proceedings Book for ESA 2023*. Corint Books, under review, 2024.
50. Misawa M, Pyatova Y, Sen A, Markowitz M, Markowitz SN, Reber M, Daibert-Nido M. Innovative vision rehabilitation method for hemianopsia: Comparing pre- and post audio-luminous biofeedback training for ocular motility improving visual functions and quality of life. *Front Neurol* 2023; 14: 1151736. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1151736>
51. Vingolo EM, Chines C, Tanassi C, Charte A, Cecchinello L, Campigotto M. Potential Role of Biofeedback Visual Training in High-Speed Motorbike Drivers. *Clin Optom (Auckl)* 2023; 15: 185-190. <https://doi.org/10.2147/OPTO.S418679>