

Elektrofiziologija oka u dijagnostici refrakcijskih anomalija u predškolskoj dobi

Irena Marković, Ivona Bućan*

Elektrofiziološko testiranje pruža objektivnu i neinvazivnu metodu za procjenu vidnog puta. Korištenje različitih elektrofizioloških postupaka omogućava precizno karakteriziranje i lokaliziranje disfunkcije unutar vidnog sustava. U oku novorođenčeta gustoća neurona u mrežnici je znatno manja, ali je manja i gustoća sinapsi kako u mrežnici, tako i u vidnom korteksu. Iz tih razloga je vidna oštrina novorođenčeta znatno manja u odnosu na odraslu osobu. Razvoj vida je određen nezrelošću cjelokupnog sustava od mrežnice, foveje, preko vidnog puta do mozga.

Refrakcija predstavlja odnos moći prelamanja zraka svjetlosti u oku i dužine oka bez upotrebe akomodacije. Tako razlikujemo emetropiju (normalno stanje zdravog oka) i ametropiju (aksijalnu ili refrakcijsku).

Proces emetropizacije najosjetljiviji je na pogreške već u prvoj godini života ako je podražaj za razvoj retinokortikalnih veza neadekvatan, što zbog deprivacije vidnog signala, zamagljenja koje je prisutno kod anisometropije ili otklona vidne osi kod strabizma. Refrakcijske greške pogoduju razvoju brojnih ozbiljnih bolesti oka. Bolesti oka koje uzrokuju slabovidnost nerijetko su udružene s visokom ametropijom.

Svaka od elektrofizioloških pretraga procjenjuje funkciju vidnog puta na njegovom određenom nivou. U elektrofiziološke pretrage vidne funkcije pripadaju:

1. VEP (vidni evocirani potencijali)
2. ERG (elektroretinogram)
3. EOG (elektrookulogram)
4. PERG (pattern ili strukturirani elektroretinogram)
5. FERG (fokalni elektroretinogram)
6. MERG (multifokalni elektroretinogram)

Studije pokazuju da refraktivne greške zamagljuju stimulans i uzrokuju defokusiranje, što dovodi do značajnih promjena u VEP-u (P100 latencija i amplituda). VEP-ovi su posebno osjetljivi na miopiju u usporedbi s hipermetropijom, iako obje vrste refraktivnih grešaka uzrokuju defokusiranje slike na retini.

* Klinika za očne bolesti, KBC Split, Spinčićeva 1, 21000 Split

Prilikom provođenja VEP testova, ključno je ispraviti refraktivne greške jer one značajno utječu na interpretaciju rezultata. Stoga bi korekcija refraktivnih grešaka trebala biti neizostavan dio ovih testova.

Ključne riječi: ELEKTROFIZIOLOGIJA; REFRAKTIVNA GREŠKA; EVOCIRANI POTENCIJALI, VIDNI

Elektrofiziologija u oftalmologiji predstavlja skup dijagnostičkih metoda koje omogućuju objektivno ispitivanje funkcije oka, optičkog živca i vidnog puta. s obzirom na to da vidni put spada u domenu dvije specijalnosti, oftalmologa do hijazme i neurologa nakon hijazme nužna je uska suradnja u procjeni i dijagnozi problema vidnog puta. Ove metode se koriste za procjenu funkcionalnosti različitih dijelova vidnog puta od mrežnice do vidnog korteksa. Važno je ukazati na pravilne indikacije za primjenu pojedine elektrofiziološke pretrage, jer su one dugotrajne i zahtjevne za pacijenta, ali ukoliko su pravilno indicirane, kliničaru mogu pružiti važnu smjernicu pri postavljanju pravilne dijagnoze.

Postupci i njihove funkcije uključuju:

1. VEP (vidni evocirani potencijali): proučava funkciju vidnog puta unutar mozga,
2. ERG (elektroretinogram): mjeri funkciju štapića i čunjića (fotoreceptora), kao i aktivnosti svih slojeva mrežnice,
3. EOG (elektrookulografija): procjenjuje sučelje fotoreceptora i RPE-a (retinalnog pigmentnog epitela),
4. PERG (pattern ili strukturirani elektroretinogram): procjenjuje funkciju makule i retinalnih ganglijskih stanica.

Ove metode igraju ključnu ulogu u razlikovanju poremećaja koji mogu imati slične simptome, pomažući u razlikovanju benignih od ozbiljnih, progresivnih od stacionarnih stanja. Također, elektrofiziološko testiranje osobito je korisno u slučajevima sumnje na neorganski gubitak vida. Kako genotipiziranje napreduje i nove terapije se razvijaju, očekuje se da precizno elektrofiziološko fenotipiziranje postane sve važniji alat u dijagnozi i planiranju liječenja.

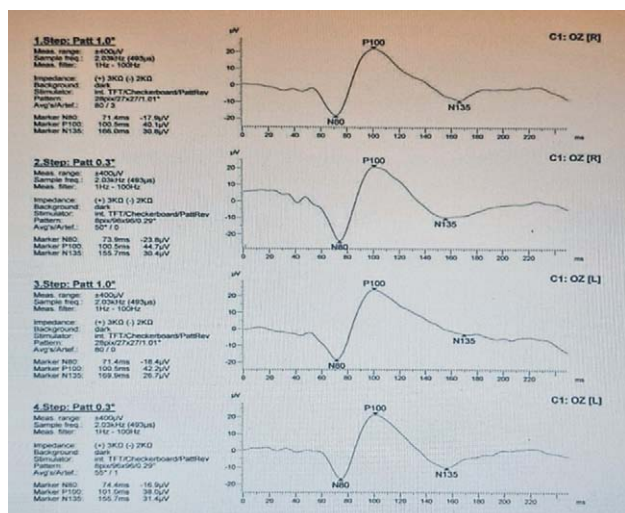
Elektrofiziološki pregled pedijatrijskog pacijenta može biti od velike kliničke važnosti. Osim objektivne prirode podataka koje pružaju elektrofiziološki testovi, potencijalna nemogućnost djeteta

da precizno opisuje svoje simptome, ako ih uopće može opisati, stavlja elektrofiziologiju u povoljan položaj dijagnostičke važnosti. Osim toga, postupak je neinvazivan. Formalna klinička analiza uloge elektrofiziologije u pedijatrijskoj praksi pokazala je značajan utjecaj na upravljanje liječenjem.

ELEKTROFIZIOLOŠKE TEHNIKE

Elektrofiziološka testiranja, poput elektroretinograma (ERG), vidnih evociranih potencijala (VEP) i fokalnog elektroretinograma (PERG), u dijagnostici gubitka vida kod djece upotrebljavamo u slučajevima:

1. Gubitak oštine vida: kod djece bi gubitak oštine vida trebao biti smatran organskim (tj. povezanim s medicinskim stanjem) dok se ne dokaže suprotno, osim ako ne postoje znakovi koji upućuju na neorganski uzrok. Najčešći uzroci mogu se prepoznati pažljivim oftalmološkim pregledom, no u slučajevima retinalnih distrofija ili neorganskog gubitka vida, elektrofiziološki testovi su ključni.
2. Ambliopija: djeca za koju se sumnja da imaju ambliopiju (slabovidnost) obično se upućuju na elektrofiziološko testiranje kako bi se isključile druge patologije. To je posebno važno ako se oština vida ne poboljšava unatoč liječenju. Pattern VEP može pomoći u procjeni težine i praćenju učinkovitosti liječenja.
3. Neorganski gubitak vida: za djecu sa sumnjom na neorganski gubitak vida (poput lažnog gubitka vida ili funkcionalnog gubitka vida), VEP se može koristiti za procjenu funkcije vizualnog puta. Pattern VEP je posebno koristan, ali ga može biti teško tumačiti u slučajevima neorganskog gubitka. Elektrofiziološki testovi mogu pokazati normalne rezultate u slučajevima funkcionalnog gubitka vida, no abnormalnosti u rezultatima sugeriraju stvarnu disfunkciju.



Slika 1. Izgled krivulje P100 vala

Uspješno elektrofiziološko testiranje zahtijeva pažljivo praćenje fiksacije i akomodacije, a suradnja djeteta je ključna. Ako djeca izgube koncentraciju, to može utjecati na rezultate testa. Elektrofiziološko testiranje može razlikovati različite vrste disfunkcije vidnog puta, uključujući nasljedne retinalne bolesti i druge poremećaje. Pomaže u dijagnozi i daje uvid u prognozu, razlikujući progresivne i stacionarne bolesti. Ovo je ključno za planiranje liječenja, osobito kako se razvijaju genetske i terapijske intervencije.

Iz ovoga možemo zaključiti kako je elektrofiziološko testiranje ključno u upravljanju sumnjivim disfunkcijama vidnog puta kod djece i vjerojatno će igrati sve važniju ulogu kako se personalizirani tretmani za nasljedne bolesti budu razvijali. Prilagodbe metoda snimanja i strategija testiranja VEP-a mogu biti potrebne za optimizaciju rezultata kod dojenčadi, male djece ili osoba s invaliditetom. U načelu, preporučene metode stimulacije i snimanja prema ISCEV standardu mogu se primijeniti na sve populacije. Međutim, kod ovih posebnih populacija mogu biti potrebne izmjene kako bi se poboljšala kvaliteta i relevantnost rezultata za dijagnozu i procjenu vida u skladu s kliničkim pitanjem.

Svi VEP-ovi kod djece trebali bi se usporediti s odgovarajućim vrijednostima normalnog raspona za dob. Kod snimanja VEP-a kod dojenčadi trajanje mjerenja trebalo bi povećati zbog povećane latencije vršnog vala u ovoj populaciji. Do šeste godine života latencija glavnog pozitivnog vala VEP-a kod uzorka s većim kvadratićima ($>30'$) obično je unutar 10 % vrijednosti odraslih.

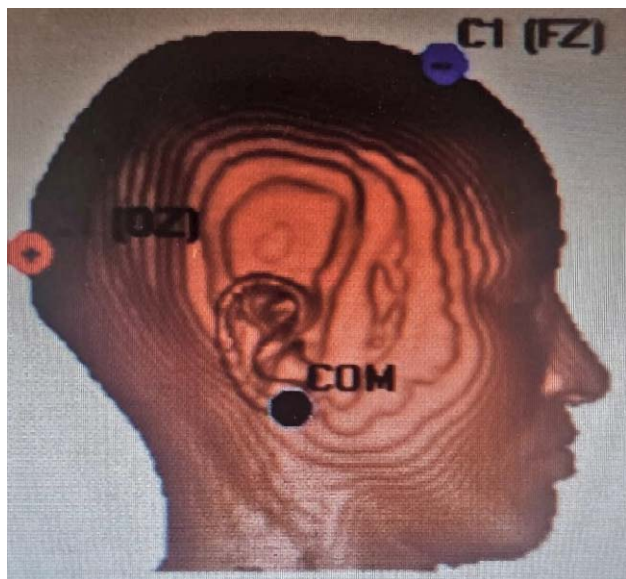


Slika 2. Aparat za elektrofiziološko testiranje Tomay 1000

VEP-ove treba snimati kada je dojenče ili dijete u stanju pažnje. Izravna interakcija s djetetom može pomoći u održavanju pažnje i fiksacije, a korisno je imati dva ispitivača: jednog za rad s djetetom i drugog za kontrolu prikupljanja podataka. Pri snimanju je bitno strpljivo pratiti fiksaciju djeteta i prekidati snimanje ako dijete izgubi fiksaciju iz bilo kojeg razloga. Redoslijed prezentacije podražaja trebao bi biti fleksibilan kako bi se osiguralo da se odgovori najvažniji za dijagnostičko pitanje dobiju unutar raspona pažnje pojedinog djeteta.

Binokularna stimulacija uzoraka, koja potiče pažnju i fiksaciju, može biti korisna za procjenu ukupne vizualne funkcije. Monokularno testiranje na barem jednom podražaju poželjno je za procjenu funkcije svakog oka zasebno. Posebno je važno dobiti ponovljive odgovore od djece kako bi se osigurala pouzdanost izmjerenih signala i isključila mogućnost artefakata.

Kao i kod odraslih, dodatni kanali snimanja mogu biti važni za dijagnozu disfunkcija hijazme i posthijazmalnih puteva. Kada se VEP-ovi uzorka ne mogu pouzdano snimiti, provodimo testiranje s pomoću bljeskalice (FLASH), koje manje ovisi o suradnji. Kod pacijenata s nistagmusom ili nestabilnom fiksacijom, VEP-ovi uzorka trebaju se tu mačiti s oprezom. Stimulacija s početkom/prekidom uzorka može biti korisna za privlačenje pažnje djece i obično je robusnija u slučajevima nistagmusa, no valni oblici mijenjaju se s dobi. Pri



Slika 3. Položaj elektroda pri snimanju VEP-a

analizi dobivenih rezultata bi trebali bilježiti razinu suradnje i budnosti djeteta.

MULTIKANALNO SNIMANJE ZA PROCJENU SREDIŠNJIH VIDNIH PUTEVA

Multikanalno snimanje nije pokriveno standardom. Međutim, disfunkcija intrakranijalnih vidnih puteva može zahtijevati multikanalno snimanje za točnu dijagnozu. Uz disfunkciju na ili iza optičke hijazme ili u prisutnosti pogrešnog usmjerenja hijazme (kao što se vidi u okularnom albinizmu), postoji asimetrična distribucija VEP-a na stražnjem dijelu tjemena. Disfunkcija hijazme daje "preokrenutu" asimetriju, pri čemu nalaz na stimulaciji jednog oka pokazuje asimetričnu distribuciju koja se obrnuto pojavljuje kada je stimulirano drugo oko. Preporučujemo korištenje tri aktivne elektrode, dvije lateralne elektrode smještene na O1 i O2, te treće srednje aktivne elektrode na Oz. (slika 3.) Ovaj trokanalni montažni raspored osigurava najbolji raspored za simultano otkrivanje disfunkcija prehijazmalnih i središnjih vizualnih puteva.

Mjerenje i analiza VEP-a

Standardizacija mjerenja i analiza VEP-a ključna je za postizanje usporednih podataka diljem svijeta. Iako standardizacija treba osigurati slične odgovore među laboratorijima, svaki laboratorij mora uspostaviti vlastite normalne vrijednosti koristeći vlastite parametre stimulacije i snimanja. Kon-

strukcija normalnog uzorka za laboratorijske norme trebala bi uključivati čimbenike kao što su dob, spol i interokularna asimetrija. Podatke za odrasle nije moguće ekstrapolirati na pedijatrijske ili starije populacije. Analiza interokularne amplitude i latencije vršnog vala povećava osjetljivost VEP-a na monokularne bolesti.

Analiza VEP-a

Pri snimanju treba izmjeriti i prikazati najmanje dva snimanja svakog uvjeta VEP-a. Izvještaji o standardiziranim uvjetima trebali bi specificirati parametre stimulacije: veličinu polja podražaja, snagu bljeska ili prosječnu luminiscenciju uzorka, veličinu i kontrast elementa uzorka, učestalost stimulacije, oči koje su testirane i parametre snimanja, postavke filtra te lokacije pozitivnih (tj. aktivnih), negativnih (tj. referentnih) i indiferentnih (tj. uzemljenih) elektroda.

Oznake trebaju jasno naglašavati polaritet, vrijeme u milisekundama i amplitudu u mikrovoltima. Svi VEP izvještaji, čak i za nespecifične odgovore trebaju uključivati normativne vrijednosti i granice normalnog raspona.

Tumačenje VEP-a

Abnormalnosti VEP-a nisu specifične i mogu se pojaviti u širokom rasponu oftalmoloških i neuroloških problema. Tumačenje treba uključivati izjave o normalnosti i abnormalnosti rezultata u odnosu na normativne podatke, kao i usporedbu između očiju ili s prethodnim zapisima. Vrsta abnormalnosti u odgovoru treba biti opisana i povezana s kliničkom slikom i drugim vizualno-elektrodijagnostičkim rezultatima. Prije nekoliko desetljeća utvrđena je sustavna povezanost između neuralnih pražnjenja u vizualnom korteksu izazvanih kratkotrajnom izloženošću očiju uzorkovanim stimulansima i jasnoće retinalne slike. Ustanovljeno je da je amplituda negativnog vala (pojavljuje se 80-100 ms nakon stimulacije) i pozitivnog vala (pojavljuje se 180-200 ms nakon stimulacije) veća kod jasne retinalne slike, a smanjuje se s degradacijom slike kod različitih refraktivnih vrijednosti.

Amplituda odgovora kod VEP-a uzrokovanog izmjenom uzoraka ovisi o sposobnosti vizualnog sustava da razluči uzorak i o stupnju fokusa slike na retini. Čak i male refraktivne greške smanjuju

prosječnu amplitudu valova VEP-a. Količinski dokazi pokazuju da se amplituda VEP-a smanjuje za 25 % po dioptriji defokusa, a ovaj efekt je primjetan već kod grešaka od 0,25 dioptrija.

Utjecaj refraktivnih grešaka na vizualno izazvane potencijale

VEP je osjetljiviji na male refraktivne promjene u usporedbi s ERG-om, vjerojatno zato što VEP snažno naglašava područje foveje, dok ERG predstavlja šire područje stimulacije cijelog vidnog polja.

U prošlosti je značajna pažnja bila posvećena korištenju uzoraka šahovske ploče za proučavanje VEP-a kod ispitanika kao tehnike za određivanje refraktivnih grešaka. Registrirano je smanjenje amplitude VEP-a uslijed refraktivnih grešaka. Pokazano je da postoji veće smanjenje amplitude VEP-a za male količine pozitivne dioptrijske defokuse nego za negativne, što ukazuje na to da ispitanici djelomično akomodiraju za negativne leće. Smanjenje amplitude kod nekorrigiranih refraktivnih grešaka događa se brže za pozitivne leće, vjerojatno zbog djelomične korekcije defokusa kroz akomodativni napor.

Refraktivne greške zamagljuju stimulans, a zamućenje vida također je pokazalo smanjenje amplitude konvencionalnog VEP-a izazvanog izmjenom uzoraka. Veće refraktivne greške, uvedene s pomoću oftalmoloških leća, uzrokuju da valovi gotovo potpuno izgube amplitudu.

Preporučljivo je da svaka elektrodijagnostička obrada počne VEP-om jer on snima funkciju cjelokupnog vidnog puta. Poslije VEP-a može se učiniti neka od drugih pretraga (ERG, EOG) u cilju određivanja razine na kojoj se nalazi blok u vidnoj funkciji.

ISCEV standardni protokol za provođenje strukturiranog VEP-a:

- monokularna stimulacija s barem dvije različite prostorne frekvencije (60 i 15 min),
- vremenska frekvencija: 1-3 promjene u sekundi,
- svaka sumacija mora imati minimum 64 stimulacije, osim u pedijatrijskom protokolu i stimulacija se mora dvaput ponoviti.

Višekanalno snimanje (lateralni odvodi) nije uključeno u opisani standard snimanja VEP-a. ISCEV

standardni protokol za opisivanje nalaza strukturiranog VEP-a:

- uvjeti snimanja moraju biti izloženi: parametri stimulacije, koje je oko snimano, položaja elektroda,
- polaritet valova mora biti jasno indiciran, preporuča se da se pozitivni valovi prezentiraju kao otklon prema gore od izoelektrične linije,
- svi VEP nalazi moraju imati istaknute normative (raspone normalnih vrijednosti), određene za svaki uređaj.

Korištenjem navedenih protokola i interpretacijom dobivenih parametara može se s pomoću VEP-a pomoći i u diferencijaciji je li poremećaj vidne funkcije na razini vidnog živca ili makule (makulopatija ili ambliopija) (Slike 1, 2 i 3.).

ELEKTRORETINOGRAFIJA (ELEKTRORETINOGRAM)

ERG je snimka difuznog električnog odgovora na svjetlosni stimulus neuralnih i neneuralnih stanica retine. Pretraga nam daje odgovor fotoreceptora (štapića i čunjića) te Muellerovih i bipolarnih stanica retine. Stimulacija za ERG difuzni je svjetlosni podražaj (bljeskalica). Dakle, ERG ne korelira s vidnom oštrinom. Makula, koja je odgovorna za funkciju centra vidnog polja, čini svega oko 2 % retine. Da bi ERG postao patološki, mora biti oštećeno više od 30 % retine. U slučaju potpuno uništene makule, npr. eksudativnom makulopatijom, uz vidnu oštrinu manju od 0.3, ERG će biti posve uredan, ukoliko je ostatak retine uredne funkcije. Kod odraslih, ERG se bilježi koristeći rožnične elektrode, a podražaji se isporučuju putem Ganzfeld kupole. Ovaj pristup je primjenjiv na stariju djecu koja su sposobna razumjeti zahtjeve testiranja, no postoje dvije različite škole mišljenja u vezi s malom djecom ili dojenčadi. Neki pristupaju djeci kao malim odraslima i koriste iste tehnike; to obično zahtijeva ili suzdržavanje ili sedaciju kod nekih pacijenata. Drugi pristup smatra da su klinički podaci potrebni za malu djecu različiti od onih u odrasloj populaciji te da odgovori na manje složena pitanja, poput "Je li ovo dijete slijepo?" ili "Zašto ovo dijete ima nistagmus?", mogu omogućiti dobivanje klinički značajnih i zadovoljavajućih podataka korištenjem manje invazivnih tehnika, osobito korištenjem površinskih elektroda. Au-

torski pristup je prilagoditi postupke prema sposobnosti pacijenta za suradnju, koristeći pojednostavljeni protokol i površinske elektrode za malu djecu, a dulje postupke, Ganzfeld stimulaciju, rožnične elektrode i midrijazu na onoj djeci koja su sposobna podnijeti dulje, zahtjevnije protokole.

ERG odgovor na jasan bljesak u tamno prilagođenom oku sastoji se od dva glavna komponente, negativne a-valove i pozitivne b-valove. Prvih 10 ms a-valove odražava hipopolarizaciju fotoreceptora, a općenito smanjenje amplitude a-valove ukazuje na gubitak ili disfunkciju fotoreceptora. B-valovi, koji bi trebali biti veće amplitude, odražavaju aktivnost mrežnice nastalu nakon fototransdukcije, pretežno u vezi s depolarizacijom ON-bipolarnih stanica. ERG valni oblik u kojem je a-val očuvan, ali b-val pokazuje selektivno smanjenje amplitude, često tako da je amplituda b-valova niža od amplitude a-valova, poznat je kao negativni ili elektronegativni ERG. Negativni ERG ne znači da ERG nije detektiran, već da je valni oblik dominiran negativnom a-valom, što ukazuje na disfunkciju unutarnje mrežnice.

Klinički ERG se temelji na standardima i preporukama Međunarodnog društva za kliničku elektrofiziologiju vida (ISCEV). ISCEV standard za snimanje ERG-a definira standardni bljesak od 1,5–3,0 cd.s.m⁻². Odgovor specifičan za sustav štapića dobiva se pomoću standardnog bljeska koji je smanjen za 2,5 log jedinica u tamno prilagođenom oku. Tamno prilagođavanje, kako bi se uskladilo sa ISCEV standardom, zahtijeva najmanje 20 minuta u potpunosti tami i maksimalnu midrijazu.

Pri snimanju ERG-a, ISCEV je dao smjernice koje nalažu da se u cilju diferencijacije disfunkcije populacije retinalnih stanica pregled sastoji od sljedećih elemenata:

- odgovor štapića nakon minimalno 20 minuta adaptacije na mrak,
- maksimalni ili kombinirani odgovor (štapića i čunjića), slijedi po snimanju odgovora štapića, također je potrebna prethodna adaptacija na mrak,
- oscilatorni potencijali nakon adaptacije na mrak,
- odgovor čunjića nakon minimalno 10 minuta adaptacije na svjetlo,
- 30 Hz flicker slijedi po snimanju odgovora čunjića, ili nakon jedne minute adaptacije na svjetlo.

Provođenje pretrage

ERG je pretraga koja također nije bolna, no zahtijeva stavljanje elektrode u kontakt sa suznim filmom. Postoji više vrsta ERG elektroda, no i one najmanje neugodne moraju se staviti u kontakt s površinom oka. Zato se, a i zbog dugotrajnosti (minimalno 45 minuta), ne može provesti kod djece mlađe od školske dobi. Za ERG moraju se širiti zjenice (midrijaza). Ukoliko se to ne smije ili ne može učiniti (npr. plitka prednja sobica), pregled se ne može učiniti. U tom slučaju kvantitativna analiza nalaza nije moguća jer nemogućnost provođenja midrijaze mijenja snimane parametre.

Glavne indikacije za ERG

Difuzne degenerativne bolesti retine glavna su indikacija za ERG. Najčešća bolest koja pripada u tu skupinu, a pri sumnji na koju je ERG obavezan, jest retinopatija pigmentoza (RP). U slučaju ove prirodne degenerativne bolesti retine svi odgovori u sklopu ERG-a su vrlo često ugašeni već u ranoj mladosti, prije nastupa zamjetnih subjektivnih smetnji (suženje vidnog polja i noćno sljepilo). Važno je naglasiti da RP je klinička manifestacija disfunkcije retinalnih fotoreceptora, koja može biti posljedica mutacije na više različitih genskih lokusa. Zbog toga se RP može javiti u velikom rasponu težine kliničke slike, i posljedično prognoze po vid pacijenta. Liječnicima preporučujemo da svakako na ERG upute svakog pacijenta koji se žali na vrlo slab vid noću te suženo vidno polje.

ELEKTROOKULOGRAM (EOG)

EOG mjeri električni potencijal mirovanja između rožnice i stražnjeg dijela oka. Taj se potencijal mijenja ovisno o osvjetljenosti retine. EOG korelira s funkcijom retinalnog pigmentnog epitela (RPE). RPE u oku u elektrofiziološkom smislu ima funkciju koja bi se mogla usporediti s izolacijom u bateriji (što je RPE lošije funkcije, razlika u potencijalu mirovanja između prednjeg i stražnjeg dijela oka je manja ili je nema).

Pri snimanju EOG-a mjeri se potencijal mirovanja pri sakadičnim pokretima očiju (pacijent gleda lijevo–desno u naizmjenično upaljene LED diode u kupoli uređaja). Elektrode se stavljaju na kožu vanjskih i unutarnjih očnih uglova. Poželjno je, ali nije nužno, da zjenice budu proširene. Pregled nije bolan, no traje dugo: barem 45 minuta.



Slika 4. Položaj elektroda pri snimanju ERG-a



Slika 5. Položaj elektroda pri snimanju ERG-a

Standardni ISCEV protokol za provedbu EOG-a sastoji se od sljedećih elemenata:

- 15 min adaptacija na svjetlo (preadaptacija)
- 15 min snimanje u mraku (adaptacija na mrak)
- 15 min snimanje na svjetlu (adaptacija na svjetlo).

Rezultat pretrage izražava se kroz Ardenov indeks (najveći potencijal na svjetlu/najmanji potencijal u mraku. Vrijednost Ardenovog indeksa manja od 1.65 smatra se patološkom).

Glavne indikacije za EOG

Glavna i, ako se može učiniti ERG, jedina apsolutna klinička indikacija za EOG je Bestova viteliformna makularna distrofija. Mb. Best degenerativna je promjena makule koja se evidentno manifestira na cijeli RPE jer je kod ove bolesti EOG uvijek patološki (Ardenov indeks manji od 1.65). ERG je kod

Bestove bolesti uredan. Ostale degeneracije retine (retinopatija pigmentoza prije ostalih) također imaju patološki EOG nalaz. Međutim, ukoliko je već učinjen ERG, EOG neće dati nikakve dodatne kliničke informacije koje bi pridonijele diferencijalnoj dijagnostici. Jedino kada se zbog npr. nemogućnosti stavljanja elektroda pod vjeđu kod ERG-a (upala, ozljeda oka i sl.) ERG ne može učiniti, indicirano je umjesto njega učiniti EOG. ERG daje daleko više kliničkih podataka od EOG-a, koji daje tek jedan broj (Ardenov indeks) (Slike 4, 5).

Smatralo se da ne postoji jasno definirana pretpostavka o tome kako refraktivne greške (RE) zapravo mijenjaju vizualno izazvane potencijale mozga, tj. jesu li VEP-ovi više pogođeni miopijom (kratkovidnošću) ili hipermetropijom (dalekovidnošću) te u kojoj mjeri stupanj refraktivne greške utječe na VEP-ove.

Nedavne studije istražile su povezanost između smanjene vidne oštine (VA) i VEP-a. Istraživači su zabilježili da smanjenje VA ili kontrasta stimulusa produžuje latenciju VEP-a i smanjuje amplitudu, vjerojatno zato što ove uvjete prati pogoršanje sposobnosti vizualnog prepoznavanja objekata.

Jedno istraživanje analiziralo je P100 latenciju VEP-a kod pacijenata s miopijom podijeljenih u tri skupine prema stupnju refrakcije (blaga, umjerena i jaka miopija). Rezultati su pokazali značajnu negativnu korelaciju između refrakcije i P100 latencije kod miopije.

ZAKLJUČAK

Istraživanja pokazuju da refraktivne greške mogu zamućivati podražaje i stvarati defokus, što dovodi do značajnih promjena u parametrima VEP-a, osobito latenciji i amplitudi P100. Čini se da miopija ima veći utjecaj na VEP-ove u usporedbi s hipermetropijom, iako obje pogreške utječu na stupanj defokusiranja slike.

Nedostaje jasnost u vezi s relativnim utjecajem miopije i hipermetropije na VEP-ove zbog isključenja viših stupnjeva refraktivnih grešaka u postojećim studijama. Potrebna su dodatna longitudinalna istraživanja s većim uzorkom ametropične populacije kako bi se razjasnilo kako retinalni defokus utječe na promjene u VEP-u.

Kad se koriste uzorci s obrascima u VEP studijama, važno je pacijenti testirati uz ispravljanje refraktivnih grešaka kako bi se osigurali točni rezultati.

Ključno je uzeti u obzir refrakciju i vizualnu oštrinu pri tumačenju rezultata VEP-a, budući da refraktivne greške mogu iskriviti nalaze.

LITERATURA

1. Fishman GA, Birch DG, Holder GE, Brigell MG. Electrophysiologic testing in disorders of the retina, optic nerve, and visual pathway. *American Academy of Ophthalmology, Monograph Series*. 2001;2.
2. Odom JV, Bach M, Barber C, et al. Visual evoked potentials standard. *Doc Ophthalmol*. 2004;108(2):115-23.
3. Marmor MF, Holder GE, Seeliger MW, Yamamoto S. Standard for clinical electroretinography (2004 update). *Doc Ophthalmol*. 2004;108(2):107-14.
4. Marmor MF, Zrenner E. Standard for clinical electroretinography.
5. American Encephalographic Society. Guideline thirteen: Guidelines for standard electrode position nomenclature. *J Clin Neurophysiol*. 1994;11(1):111-3.
6. Carr RE, Siegel IM. Electrodiagnostic testing of the visual system. Philadelphia: F.A. Davis Co.; 1990.
7. Goldie WD. Visual evoked potentials in paediatrics – Normal. In: Holmes GL, Moshe SL, Jones HR Jr., editors. *Clinical Neurophysiology of Infancy, Childhood, and Adolescence*. Philadelphia: Elsevier; 2006. p. 206-15.
8. Walsh TJ. Electrodiagnosis — Visual evoked potential. In: Walsh TJ, editor. *Neuro-Ophthalmology: Clinical Signs and Symptoms*. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1985. p. 303-40.
9. Harter MR, White CT. Effects of contour sharpness and check-size on visually evoked cortical potentials. *Vision Res*. 1968;8(6):701-11.
10. Millodot M, Riggs LA. Refraction determined electrophysiologically. Responses to alternation of visual contours. *Arch Ophthalmol*. 1970;84(3):272-8.
11. Duffy FH, Rengstorff RH. Ametropia measurements from the visual evoked response. *Am J Optom Arch Am Acad Optom*. 1971;48(10):717-28.
12. Ludlam WM, Meyers RR. The use of visual evoked responses in objective refraction. *Trans N Y Acad Sci*. 1972;34(2):154-70.
13. Sherman J. Visual evoked potential (VEP): Basic concepts and clinical applications. *J Am Optom Assoc*. 1979;50(1):19-30.
14. Collins DW, Carroll WM, Black JL, Walsh M. Effect of refractive error on the visual evoked response. *Br Med J*. 1979;1(6161):231-2.
15. Bobak P, Bodis-Wollner I, Guillory S. The effect of blur and contrast on VEP latency: Comparison between check and sinusoidal and grating patterns. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1987;68(3):247-55.
16. Zislina NN, Sorokina RS. Possibilities of the use of visual evoked potentials in the evaluation of visual acuity in congenital myopia in children. *Vestn Oftalmol*. 1992;108(5):35-7.
17. Bartel PR, Vos A. Induced refractive errors and pattern electroretinograms and pattern visual evoked potentials: Implications for clinical assessments. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1994;92(2):78-81.

Adresa za dopisivanje:

Prim. Irena Marković, dr. med.
Klinika za očne bolesti, KBC Split
Spinčićeva 1, 21000 Split
e-mail: irena.markovic@pmx.hr

SUMMARY

Electrophysiology of the eye in diagnosis of refractive anomalies in preschool children

Irena Marković, Ivona Bućan

Electrophysiological testing provides an objective and non-invasive method for assessing the visual pathway. The use of various electrophysiological procedures allows for precise characterization and localization of dysfunction within the visual system. In a newborn's eye, the density of neurons in the retina is significantly lower, as is the density of synapses both in the retina and the visual cortex. For these reasons, the visual acuity of a newborn is significantly lower compared to an adult. The development of vision is determined by the immaturity of the entire system from the retina, and fovea, through the visual pathway to the brain.

Refraction represents the relationship between the refractive power of light rays in the eye and the length of the eye without the use of accommodation. Thus, we differentiate between emmetropia (the normal state of a healthy eye) and ametropia (axial or refractive).

The process of emmetropization is most sensitive to errors during the first year of life if the stimulus for the development of retinocortical connections is inadequate, due to deprivation of visual signals, blurriness present in anisometropia, or deviation of the visual axis in strabismus. Refractive errors favor the development of numerous serious eye diseases. Eye diseases that cause visual impairment are often associated with high ametropia.

Each of the electrophysiological examinations assesses the function of the visual pathway at a specific level. The electrophysiological tests of visual function include:

1. VEP (visual evoked potentials)
2. ERG (electroretinogram)
3. EOG (electrooculogram)
4. PERG (pattern or structured electroretinogram)
5. FERG (focal electroretinogram)
6. MERG (multifocal electroretinogram)

Studies show that refractive errors blur the stimulus and cause defocusing, leading to significant changes in VEP (P100 latency and amplitude). VEPs are particularly sensitive to myopia compared to hyperopia, although both types of refractive errors cause image defocusing on the retina.

When conducting VEP tests, it is crucial to correct refractive errors as they significantly affect the interpretation of results. Therefore, the correction of refractive errors should be an indispensable part of these tests.

Key words: ELECTROPHYSIOLOGY; REFRACTIVE ERRORS; EVOKED POTENTIALS, VISUAL