

Evokované potenciály

Evokované potenciály (EP) jsou změny elektrické aktivity mozku, ale i jiných částí nervové soustavy po působení úmyslného podnětu z vnějšího prostředí. Nejedná se tedy o spontánní biosignály vznikající v živých organizmech.

Slouží nám k zhodnocení funkčního stavu příslušné nervové dráhy. Evokované potenciály testují, jak dlouho mozku trvá přijmout a interpretovat zprávy (zrakové, sluchové...). Za normálních okolností jsou reakce mozku téměř okamžité. Při poruše nervového přenosu (např. při roztroušené skleróze) trvá přenos zpráv déle.

Výhodou vyšetření pomocí evokovaných potenciálů je rychlost získání výsledků. Výsledek vyšetření je viditelný na monitoru již v jeho průběhu. Další výhodou je, že se jedná o neinvazivní vyšetření, pro pacienta nenese v podstatě žádné riziko.

Na základě typu podnětu, kterým jsou vyvolané, rozlišujeme 4 typy EP:

- 1. **VEP** (zrakové EP = visual EP);
- 2. **AEP** (sluchové EP = acoustic EP);
- 3. **SEP** (somatosenzorické EP = somatosensoric EP);
- 4. **MEP** (motorické EP = motoric EP).

Známe ale i jiné typy EP, a to například:

- **SSEP** (ustálené EP = steady state EP);
- **ERP** (kognitivní EP = event related potentials).

Zrakové evokované potenciály (VEP)

Evokované potenciály jsou všechny odpovědi nervového systému na dráždění receptoru, které se používají k zhodnocení funkce nervových drah. Odpověď nervového systému na stimul vyvolá vznik pohybujícího se elektrického pole, které dokážeme snímat. Zrakovými evokovanými potenciály se testuje zraková dráha pomocí dráždění fotoreceptorů sítnice definovaným zrakovým podnětem. K tomuto měření se používají buď strukturní nebo zábleskový podnět. Strukturní podnět aktivuje optický systém efektivněji. Dráždění zrakových drah pomocí záblesku není diagnosticky až tak významné. Při správné funkci nervových drah by měla být reakce mozku na podnět téměř okamžitá. Při jejich poruše se přenos zpomalí. VEP se používají např. k diagnostice sclerosis multiplex nebo traumaticky poškozených nervů, zejména n. opticus.

Flash VEP (F VEP) se zábleskovým stimulem jsou vhodné pro pacienty se špatným zrakem, nespolupracující pacienty nebo pacienty v kómatu. Tato metoda odhaluje hrubé léze v celém rozsahu zrakové dráhy, nelze ale odhalit přesné místo poškození dráhy.

Stimulace strukturními podněty se vykonává pomocí obrazu šachovnice nebo černými a bílými pásy. Tyto obrazy dráždí sítnici svým kontrastem, podráždění se přenáší dále až postupně vznikne na povrchu hlavy elektrické pole, které známe jako VEP. Existuje více druhů stimulace strukturním podnětem.

Pattern reversal (PR VEP, zvrát v obraze) je nejčastější metoda. Stimulační obraz se mění s určitou frekvencí na komplementární obraz, takže se na šachovnici původně bílá políčka mění na černá. Změna kontrastu na sítnici pacienta vyvolá evokovaný potenciál.

Pattern appearance - v tomto případě se pacient dívá na rovnoměrně osvětlenou plochu, která se v pravidelných intervalech mění na strukturovanou, což vyvolá evokovaný potenciál.

Shrnutí:

- využívá se k diagnostice optické neuritidy či jiných onemocnění n. opticus (tumor, atrofie);
- zrakové stimuly mohou být: flash VEP (pomocí záblesků), pattern reversal (strukturevaný podnět), motion VEP (pohybové);
- strukturevaný podnět je černobílá šachovnice, ve které dochází ke změně barev políček ve stejné frekvenci;
- tato stimulace se vykonává monookulárně, vyšetření je tedy realizované na jednom oku;
- výsledná křivka VEP má trifázický tvar, hodnotíme převážně vlnu P100;
- elektrody: 3 standardní v okcipitální oblasti, referenční v centrofrontální oblasti;
- časová škála: 250ms.

Vyšetření VEP (http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detska-neurologie/player_jw.php?fid=http://www.video.muni.cz/public/pdm/neurologie/M_21.flv) Křivka VEP (http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detska-neurologie/player_jw.php?fid=http://www.video.muni.cz/public/pdm/neurologie/M_22.flv)

Sluchové evokované potenciály (AEP)

Sluchové evokované potenciály slouží k diagnostice periferního sluchového nervu (n.VIII - n. vestibulocochlearis) pomocí zvuku, generovaného z vnějšího prostředí, který směřuje pomocí sluchové dráhy z hlemýžďe do mozkové kůry. AEP jsou podtřídou kognitivních evokovaných potenciálů (ERP - "even relate potentials").

AEP jsou velmi malé elektrické napěťové potenciály pocházející z pokožky hlavy, které jsou vyvolávány pomocí nějakých sluchových stimulů, mezi něž patří různé tóny, zvuky, řeč apod.

ERP (viz výše) jsou reakce mozku, které jsou vysílány na základě nějaké "události" (eventu) - v případě AEP se jedná o zvuk, resp. o jednoduché opakované cvaknutí vysílané do jednoho ucha skrze sluchadla. Druhé ucho, které není vyšetřováno, je blokováno maskovacím šumem. Výhodou AEP v porovnání s jinými diagnostickými metodami na určení poškození sluchu spočívá právě ve větší objektivitě.

STRUČNÝ POPIS

- při vyšetřování použijeme 3 elektrody umístěné v příslušných oblastech;
- stimul vysílaný do sluchátek má určitou intenzitu a frekvenci, která se po určitém čase mění;
- křivka se podle daných frekvencí postupně vykresluje na monitoru přístroje;
- vyšetřovaná osoba by se měla nacházet v prostředí, kde není vystavována okolním rušivým vjemům;
- při vyšetření by se měla vyšetřovaná osoba nacházet v klidném režimu (ležet, relaxovat,...);
- na konci vyšetření přístroj vyhodnotí, zda bylo měření bylo důvěryhodné/málo důvěryhodné/nedůvěryhodné pomocí semaforu vlevo od výsledných křivek.

Vyšetrenie BAEP (http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detska-neurologie/player_jw.php?fid=http://www.video.muni.cz/public/pdm/neurologie/M_31.flv) Krivka BAEP (http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detska-neurologie/player_jw.php?fid=http://www.video.muni.cz/public/pdm/neurologie/M_33.flv)

PRAKTIKUM "EVOKOVANÉ POTENCIÁLY" (2. LF)

Somatosenzorické evokované potenciály (SEP)

Somatosenzorické evokované potenciály (SEP) jsou složeny ze série vln popisujících postupnou aktivaci nervových struktur podél somatosenzorických drah. Mohou být vyvolány mechanickou stimulací, avšak klinické studie využívají elektrickou stimulaci periferních nervů, čímž je získána mnohem větší a silnější odezva. Obecně lze říci, že metoda SEP vyhodnocuje zdravotní stav periferních nervů a míchy. Dále testuje, jak mícha nebo mozek přenáší informace o smyslových podnětech periferními nervy. A také je možné její pomocí lokalizovat, ve kterém místě došlo k zablokování signálu a zdali je problém v přenosové soustavě (periferní nervy), či v interpretačním centru (mozek, mícha).

Typicky využívaná stimulační místa pro klinické studie SEP jsou - *n. medianus* v zápěstí, *n. fibularis communis* v koleni, *n. ulnaris* v zápěstí a *n. tibialis* v kotníku. SEP získané stimulací *n. ulnaris* se velice často uplatňují při operacích v případech, při nichž hrozí poškození středního oddílu krční míchy nebo *plexus brachialis*. Vhodné je také zmínit, že SEP mohou být zaznamenány i stimulací *rami n. trigeminus*, leč takový způsob je technicky velice náročný. Důvodem obtíží je těsná blízkost stimulační a zaznamenávací elektrody a krátká doba odezvy; elektrický podnět se velice často překrývá se somatosenzorickým evokovaným potenciálem *n. trigeminus*. Zaznamenávací elektrody bývají typicky umísťovány na kůži temene hlavy, podél páteře a nad periferními nervy proximálně od místa stimulace.

Zajímavost: Lze měřit několik základních charakteristik SEP, mezi které řadíme zpoždění píku, amplitudu složek a tvar vlny. Zpoždění píku bývá pro všechny pacienty stejné, zatímco amplitudy vykazují velkou proměnlivost. Proto je interpretace mimo operační diagnostiky studií SEP založena převážně na měření intervalů mezi jednotlivými píky a pravo-levými rozdíly píku oproti jeho maximu. Amplitudy složek zůstávají při opakovaných měření u jednoho pacienta neměnné. Poškození somatosenzorických drah během operace se může projevit dříve u amplitudy jednotlivých složek než u zpoždění píků, či se dokonce v některých případech projeví pouze ve změně amplitudy. Z tohoto důvodu je vhodné během operací měřit jak zpoždění píků, tak amplitudy jednotlivých složek SEP. Padesátiprocentní pokles amplitudy a desetiprocentní nárůst zpoždění píku od výchozího stavu je spojeno se zraněním míšního segmentu *columna posterior*.

Metoda SEP má bohaté využití, zejména pro klinickou diagnózu pacientů s neurologickým onemocněním a pro hodnocení pacientů se senzorickými symptomy potenciálně psychosomatického původu. Neopomenutelná je dále aplikace SEP při určování prognózy komaťozních pacientů a pro intraoperační monitorování v průběhu chirurgických zákroků, kde mohou být v ohrožení části somatosenzorických drah. Abnormální hodnoty SEP mohou být způsobeny dysfunkcí na úrovni periferního nervu, nervové pleteně, míšního kořene, míchy, mozkového kmene anebo oblasti mozkové kůry. Vzhledem k tomu, že různí jedinci mají více paralelních aferentních drah, tak SEP může být normální i u pacientů s významnými smyslovými poruchami. Avšak nutno podotknout, že abnormální výsledek SEP ve všech případech vždy signalizuje, že v somatosenzorických drahách je přítomna dysfunkce; pacient nemůže vědomě ovlivnit naměřené hodnoty potenciálů.

-Současný rozvoj a dostupnost neuroradiologických zobrazovacích metod značně ovlivnil použití SEP v klinickém prostředí; diagnostika pomocí SEP se využívá výrazně méně, než v období před magnetickou rezonancí. Nicméně i nadále jsou považovány za velice přínosnou metodu zejména u pacientů v komaťozním stavu při poškození mozku v důsledku hypoxie. A také na operačních sálech a ve výzkumu, kde slouží jako užitečný nástroj pro odhalení základních aspektů fyziologie smyslů.

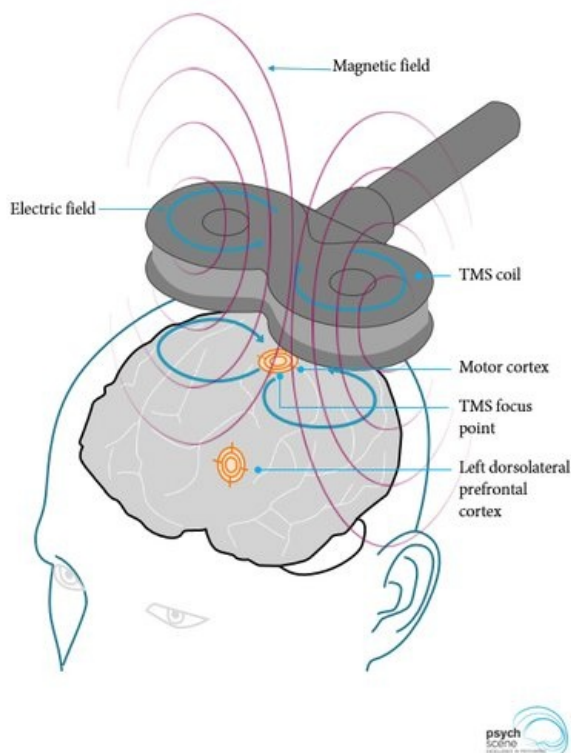
- vyšetřují se periferní nervové dráhy;
- různé stimuly: elektrické, laserem, či krátkým proudem vzduchu na mechanoreceptory;
- například: vyšetření *n. medianus* v oblasti zápěstí – důležitý je silný podnět, aby vyvolal kontrakci svalů; konkrétně záškrb palce;
- SEP se využívá k diagnostice periferních částí nervové soustavy, detekci mozkových a míšních poškození;
- výhodou je odolnost k intravenózním sedativům, celkové narkóze, či vysokému obsahu barbiturátů v těle.

Motorické evokované potenciály (MEP)

Motorické evokované potenciály jsou zaznamenány ze svalů po přímé nebo transkraniální stimulaci motorického kortexu (buď magnetické nebo elektrické). Mohou být pochopeny jako kvantitativní míra odpovědi a často se používají pro testování role různých typů intervencí na motorický systém (farmakologické, behaviorální, bolestivé atd.).

MEP jsou nejčastěji indukovány pomocí transkraniální magnetické stimulace a mohou tedy sloužit jako index tzv. "premovement neuronal activity". Příkladem je MEP indukované zrcadlovým neuronovým systémem při sledování akcí někoho jiného. Klinické využití také nachází tato metoda v elektrické stimulaci pokožky hlavy, která způsobuje indukovaný elektrický proud v mozku, který následně aktivuje motorické dráhy pyramidálních drah. Tato technika účinně vyhodnocuje dráhy motoru v centrálním nervovém systému během operací, které by mohly ohrožovat tyto struktury a tím přispívá k úspěšnosti operací.

Obrázek MEP



Shrnutí:

- testuje funkční integritu motorických drah;
- buď se jedná o elektrickou stimulaci pyramidových buněk nebo magnetickou stimulaci eferentních motorických drah;
- stimulace kořenů nad krční/bederní míchou vyvolává odpověď s kratší latencí než z kortexu.

Ustálené evokované potenciály (SSEP)

- objektivní vyšetření sluchu k určení sluchového prahu;
- umožňuje stanovit zbytky sluchu na hlubokých frekvencích u velmi těžkých percepčních vad sluchu, které by při vyšetření kmenových potenciálů nebyly zachyceny;
- vyšetření probíhá u dětí ve spánku nebo v anestézii;
- výsledky se zobrazují v tzv. odhadovaném audiogramu.

Kognitivní evokované potenciály (ERP)

- změnu elektrického napětí vyvolají identifikovatelné podněty nebo události;
- vyšetření probíhá formou zadávání různých úloh pacientovi;
- nevýhodou kognitivních evokovaných potenciálů je navzdory jejich relativně vysoké senzitivitě nízká specifita, což je důvodem jejich omezeného klinického využití.

Metody analýzy EP

Kognitivní evokované potenciály jsou měřené mozkové odpovědi, které jsou přímými výsledky specifických sensorických, kognitivních, nebo motorických akcí. Více obecně, jsou to stereotypní elektrofyziologické odpovědi na stimuly. Studie mozku tímto způsobem poskytuje **neinvazivní** prostředky k ohodnocení mozkové činnosti u pacientů s kognitivními onemocněními.

ERP jsou měřeny pomocí elektroencefalografie (EEG). Ekvivalent ERP naměřený pomocí magnetoencefalografie (MEG) je ERF (event-related field). – pole evokovaných potenciálů. Evokované potenciály a indukované potenciály jsou podtypy ERP.

Historie

S objevem elektroencefalogramu (EEG), v roce 1924, Hans Berger odhalil, že je možné naměřit elektrickou aktivitu lidského mozku pomocí elektrod umístěných na povrchu hlavy a následné zesílení tohoto signálu. Změny v napětí mohou být potom vykresleny podél časového intervalu. Berger pozoroval, že napětí může být ovlivněno vnějšími podněty stimulujícími smysly. Během následujících desetiletí se ukázalo, že EEG je užitečným zdrojem při zaznamenávání mozkové aktivity. Nicméně, bylo velmi náročné posoudit vysoce specializované neuronální procesy, které jsou zájmem kognitivní neurovědy, protože používání čistých EEG dat velmi ztížilo možnost izolovat jednotlivé neurokognitivní procesy. ERP poskytlo daleko sofistikovanější metody k získávání specifitějších vjemových, kognitivních a somatosenzorických podnětů použitím jednoduchých průměrovacích technik. V současnosti jsou ERP jednou z nepoužívanějších metod výzkumu v kognitivní neurovědě, která se zabývá fyziologickými procesy smyslové, vjemové a kognitivní aktivity souvisejícími se zpracováním informací.

Výpočet

ERP může být spolehlivě naměřené použitím elektroencefalografie (EEG), procedury, která měří elektrickou aktivitu mozku během časového intervalu použitím elektrod umístěných na povrchu hlavy. EEG zaznamenává tisíce současně probíhajících mozkových procesů. Což znamená, že mozková odezva na jeden konkrétní stimul nebo podnět který nás zajímá, není obvykle viditelná v EEG měření pouze jednoho pokusu. Abychom viděli mozkovou odezvu na stimul, musíme provést mnoho pokusů a rozprostřít jejich výsledky, čímž docílíme, že náhodná mozková aktivita se zprůměruje a zůstane nám jen podstatná křivka která nás zajímá, nazývaná ERP.

Náhodná (klidová) mozková aktivita společně s ostatními bio-signály (např.: EOG, EMG, EKG) a elektromagnetickým rušením (např.: elektronický šum, blikající světla) se podílejí na šumu zaznamenaném při ERP měření. Tento šum zakrývá signál, který nás zajímá. Jde o sekvenci podprahových ERP, které studujeme. Z inženýrského pohledu je možné definovat poměr signálu ku šumu (SNR=signal-to-noise ratio) v nahraných ERP. Důvod, proč průměrování zvyšuje SNR nahraných ERP (což je činí rozpoznatelnými a umožňuje jejich interpretaci) má jednoduché matematické vysvětlení.

Šum s velkou amplitudou (jako mrkání očima nebo pohyb artefaktů) je často řádově větší než podprahové ERP. Měření obsahující takové artefakty, by měly být proto odstraněny před průměrování. Vyčištění artefaktů může být učiněno manuálně, vizuální kontrolou, nebo použitím automatické procedury založené na předem definovaných prazích (omezujících maximální amplitudu nebo sklon EEG) nebo na časově měnících se prazích získaných ze statistiky sady měření.

Nomenklatura komponent ERP

ERP křivky se skládají ze série pozitivních a negativních odchylek napětí, které souvisí se sadou podprahových komponent. Ačkoli jsou některé ERP komponenty označovány akronymy (např.: Contingent negative variation - CNV, error-related negativity - ERN, early left anterior negativity - ELAN, closure positive shift - CPS), většina komponentů je označována písmenem (N / P) určujícím polaritu (negativní/pozitivní), následovaným číslem určujícím buď latenci (zpoždění) v milisekundách nebo pořadové umístění komponentu ve vlně. Například, negativní vrchol křivky, který je první výrazný vrchol ve vlně a často nastává okolo 100 milisekund po stimulu se většinou nazývá N100 (s latencí 100 ms po stimulu a negativní polaritou) nebo N1 (čím označíme že jde o první vrchol a že je negativní), často je následován pozitivním vrcholem, obvykle nazývaným P200 nebo P2. Latence pro ERP komponenty jsou často poměrně variabilní.

Výhody a nevýhody

Ve vztahu k měření chování

Ve srovnání s behaviorálními procedurami, ERP poskytují nepřetržitě měření zpracování mezi stimulem a odezvou, což umožňuje zjistit, která fáze je ovlivněna specifickou změnou v experimentu. Další výhodou oproti behaviorálnímu měření je, že nám mohou poskytnout způsob, jak měřit zpracování stimulu, i když nenastává žádná změna v chování. Kvůli signifikantně malé velikosti ERP, je obvykle třeba použít velký vzorek měření k tomu, abychom ho změřili správně.

Ve vztahu k jiným neurofyziologickým měřením

Invazivnost

Na rozdíl od mikroelektrod, které vyžadují elektrodu vsunutou do mozku, a PET skenů které vystavují lidi radiaci, ERP používají EEG, která je neinvazivní metodou.

Prostorové a časové rozlišení

ERP poskytují vynikající časové rozlišení, protože rychlost nahrávání ERP závisí jen na frekvenci vzorkování, kterou lze pomocí příslušného zařízení skutečně zaznamenat, zatímco hemodynamické měření (jako například fMRI, PET, a fNIRS) je podstatně omezeno pomalou rychlostí saturace krve kyslíkem, tzv. BOLD odezvy (blood-oxygen-level dependent). Avšak prostorové rozlišení ERP je mnohem horší než hemodynamických metod. Umístění zdrojů ERP je inverzní problém, který nelze exaktně vyřešit, můžeme ho jen odhadnout. Proto jsou ERP, které se dobře hodí pro výzkum otázek o rychlosti neuronální aktivity, méně vhodné pro výzkum otázek o pozici jejich aktivity.

Náklady

ERP výzkum je mnohem levnější v porovnání s ostatními zobrazovacími technikami jako fMRI, PET , a MEG. Důvodem je, že zakoupení a udržování EEG systému je méně nákladné než údržba ostatních systémů.

Klinické ERP

Lékaři a neurologové někdy používají blikající vizuální šachovnicové pobídky k otestování poškození nebo traumatu ve vizuálním systému. U zdravého člověka by měl tento stimul způsobit výraznou odezvu v primárním zrakovém centru umístěném v okcipitálním laloku, v zadní části mozku.

Abnormality ERP komponent v klinickém výzkumu byly prokázány při neurologických onemocněních, jakými jsou:

- demence
- Parkinsonova choroba
- roztroušená skleróza
- úrazy hlavy
- CMP (cévní mozková příhoda)

Obsedantně-kompulzivní porucha

- Nejrozšířenější metodou je **Averaging**, tedy metoda zprůměrování;
- vychází ze dvou částí: vlastní odpověď EP (signál) a soustavně probíhající elektroencefalografická aktivita (šum);
- proces se opakuje vícekrát, a pokud se zprůměrované křivky alespoň přibližně kryjí, tak je EP spolehlivý.

V rámci elektrofyziologie se nesleduje pouze mozek, ale je možný také monitoring jiných orgánů, např. :

- ERG - elektroretinogram - monitoruje elektrickou aktivitu sítnice;
- EMG - elektromyogram - monitoruje elektrickou aktivitu kosterních svalů;
- EOG - elektrookulogram - sleduje klidové potenciály oka;
- EGG - elektrogastrogram - monitoruje elektrickou aktivitu žaludku;
- EHG - elektrohysterogram - sleduje elektrickou aktivitu dělohy.

Elektroretinogram (ERG)

- měří se pomocí ní bioelektrická aktivita sítnice (retiny) a umožňuje na ní odhalit změny, které se odklánějí od fyziologických hodnot;
- používají se speciální elektrody, které se pomocí vodivé pasty fixují na vnější oční koutky a přímo na kapkami znecitlivělou rohovku (corneou);
- uzemňovací elektroda se umísťuje nad kořen nosu;
- podle typu stimulace dělíme ERG na:

1. S-ERG - skotopický elektroretinogram tyčinek - po 30 minutách adaptace oka na tmu pacient sleduje záblesky různé intenzity o délce 2ms a velikosti 3 prostorových úhlů;
2. F-ERG - fotopický elektroretinogram čípků - po 5 minutách adaptace oka na tmu sleduje pacient záblesky stejné intenzity, umožňuje odhalit poruchy čípků a problémy na zadním pólu oka;
3. P-ERG - pattern-reversal ERG - strukturovaný podnět tvoří černo-bílá šachovnice, na které pacient sleduje fixační bod, nejčastěji červený křížek,
 - při této metodě je stimulovaná centrální část sítnice a dokáže odhalit poruchy makuly (žluté skvrny), tupozrakost či glaukom.

Elektrookulografie (EOG)

- měří napětí mezi rohovkou a sítnicí v klidovém stavu oka, tj. sleduje klidové potenciály oka;
- rohovka má kladný náboj a sítnice záporný;
- elektrody mezi koutky oka, pacient sleduje 12 minut fixační světla pod úhlem 30° ve tmě a stejnou dobu za světla;
- metoda se využívá při onemocnění cévnatky a vnějších vrstev sítnice.

Odkazy

Zdroje

- OŠLEJŠKOVÁ, Hana, Štefania RUSÁKOVÁ a Michal RYŽÍ. *Neurologické vyšetření Vyšetření evokovaných potenciálů* [online]. [cit. 2013-01-07]. <<http://telemedicina.med.muni.cz/pdm/detska-neurologie/index.php?pg=neurologicke-vysetreni--vysetreni-evokovanych-potencialu>>.

- BAREŠ, Martin. *Kognitivní evokované potenciály* [online]. [cit. 2013-01-07]. <http://www.csnn.eu/ceska-slovenska-neurologie-clanek/kognitivni-evokovane-potencialy-36052?confirm_rules=1>.

- POKORNÝ, Jan. *Přednáška* [online]. [cit. 2013-01-07]. <<https://www.fbmi.cvut.cz/files/nodes/657/public/EVOKOVAN%c3%89%20POTENCI%c3%81LY.pdf>>.

- MLČOCH, Zbyněk. *Evokované potenciály – definice, způsob provedení (vyšetření), využití, k čemu slouží* [online]. [cit. 2013-01-07]. <<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/neurologie-nemoci-vysetreni/evokovane-potencialy-definice-zpusob-provedeni-vysetreni-vyuziti-k-cemu-slouzi>>.

- ŠRÁMKOVÁ, Pavla. *Speciální vyšetřovací metody v oftalmologii* [online]. [cit. 2017-01-07]. <<https://zdravi.euro.cz/clanek/sestra/specialni-vysetrovaci-metody-v-oftalmologii-301150>>
- MEP «*Motor evoked potentials*» Jasvinder Chawla, MD, MBA Chief of Neurology, Hines Veterans Affairs Hospital; Professor of Neurology, Loyola University Medical Center
<https://emedicine.medscape.com/article/1139085-overview?fbclid=IwAR1Juc0PuvUILxEqx5slgjSy8X8mmhd56jnNApVcjHUi5GsODmRsa3C1aUY>
- Diplomová práce: Silvia Furmánková, Meranie vizusu pomocou štrukturovaných optických stimulov a VEP, 2006 (Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta) Dostupné na: <http://diplom.utc.sk/wan/983.pdf>
- SEP- Somatosensory Evoked Potential test (SEP) | University of Iowa Hospitals & Clinics. *University of Iowa Hospitals & Clinics* | [online]. Copyright © 2018 [cit. 05. 12. 2018]. Dostupné z: <https://uihc.org/health-topics/somatosensory-evoked-potential-test-sep>
- SEP - General Principles of Somatosensory Evoked Potentials: Overview, Electrical Stimulation Parameters, Recording Parameters. *Diseases & Conditions - Medscape Reference* | [online]. Copyright © 1994 [cit. 05. 12. 2018]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/1139906-overview?fbclid=IwAR3r7ixV3nHNoHzZZxvmDgZpB3bP0YIGXcyxQJjc4t78sAxBrG64KViwNV0#a1>
- SEP - Somatosensory evoked potential monitoring Singh G - J Neuroanaesthesiol Crit Care. *Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care - Free full text articles from the Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care* | [online]. Copyright © 2018 [cit. 05. 12. 2018]. Dostupné z: <http://www.jnaccjournal.org/article.asp?issn=2348-0548;year=2016;volume=3;issue=4;page=97;epage=104;aulast=Singh>