

Klaudia Kurowska

Received: 10.11.2017

Accepted: 05.01.2018

Published: 29.06.2018

Nieprawidłowy rozwój psychomotoryczny dzieci.

Część II: diagnostyka elektroencefalograficzna

Abnormal psychomotor development of children. Part II: Electroencephalography

Klinika Neurologii i Rehabilitacji Dziecięcej Uniwersyteckiego Dziecięcego Szpitala Klinicznego im. Ludwika Zamenhofs w Białymstoku, Wydział Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku, Studia Doktoranckie, Białystok, Polska

Adres do korespondencji: Klaudia Kurowska, ul. Waszyngtona 17, 15-274 Białystok, tel./faks: +48 85 745 08 12, e-mail: klaudia.kk922@gmail.com

Department of Paediatric Neurology and Rehabilitation of the Medical University of Białystok Children's Clinical Hospital of L. Zamenhof in Białystok, Faculty of Health Sciences of the Medical University of Białystok, Doctoral Studies, Białystok, Poland

Correspondence: Klaudia Kurowska, Waszyngtona 17, 15-274 Białystok, Poland, tel./fax: +48 85 745 08 12, e-mail: klaudia.kk922@gmail.com

Streszczenie

W neurologii dziecięcej do diagnostyki różnych stanów patologicznych, w tym także opóźnień psychomotorycznych, wykorzystuje się badanie elektroencefalograficzne (EEG). Jest to badanie tanie, nieinwazyjne i może być wielokrotnie powtarzane. Nie ma też znaczących przeciwwskazań do jego wykonania. Polega na rejestracji czynności bioelektrycznej mózgu na powierzchni głowy pacjenta, na której rozmieszcza się elektrody według międzynarodowego układu elektrod 10–20, którego twórcą był dr Herbert Jasper z Instytutu Neurologicznego w Montrealu. Elektrody mocuje się do głowy pacjenta przy użyciu żelu przewodzącego (nakładanego w celu ułatwienia wędrówki prądu jonowego z powierzchni skóry do elektrody), taśmy lub specjalnego gumowego czepka, który jednocześnie umożliwia prawidłowe umieszczenie elektrod na głowie. Liczby parzyste w oznaczeniu elektrod według systemu 10–20 odnoszą się do prawej półkuli, a liczby nieparzyste – do lewej. Czynność mózgowia, która jest rejestrowana podczas zapisu EEG, wynika z ruchu ładunków elektrycznych znajdujących się w błonach neuronalnych. Uzyskany podczas badania EEG sygnał pochodzący z elektrod jest przesyłany do elektroencefalografu (gdzie zostaje wzmacniony), a następnie – w formie cyfrowej – do komputera. W badaniu EEG wyróżnia się kilka rodzajów fal – delta, theta, alfa, beta, gamma, mi oraz lambda. U dzieci zauważalna jest zmienność w występowaniu, zakresie, kształcie i amplitudzie fal mózgowych. W badaniu EEG stosuje się różne metody aktywacji zapisu: hiperwentylację, fotostymulację, a także deprywację snu – pomocne przy stawianiu właściwej diagnozy i mogące być czynnikami wyzwalającymi nieprawidłowości, które nie zostaną uwidocznione bez zastosowania wywołującej je metody aktywacyjnej zapisu. Opóźnienie psychomotoryczne często wiąże się ściśle z nieprawidłowościami w budowie oraz funkcjonowaniu ośrodkowego układu nerwowego.

Słowa kluczowe: diagnostyka, elektroencefalografia, neurologia, dzieci

Abstract

In paediatric neurology, various pathological conditions, including psychomotor retardation, are assessed in electroencephalography (EEG). This examination is inexpensive, non-invasive and can be repeated multiple times. Moreover, there are no significant contraindications to its performance. The examination consists in registration of brain bioelectrical function with electrodes placed on the surface of the patient's head in accordance with the international 10–20 system created by Dr Herbert Jasper from the Montreal Neurological Institute. The electrodes are fixed to the patient's head using conductive gel (applied in order to facilitate the transition of ionic current from the skin surface to the electrode), head band or a special rubber cap which additionally helps with proper location of the electrodes on the patient's head. In the 10–20 system, even numbers in the electrode markings refer to the right hemisphere, while odd numbers refer to the left hemisphere. The cerebral function recorded during an EEG examination is a result of the motion of electrical loads present in neuronal membranes. The EEG signal recorded during the examination with the use of electrodes is transferred to an electroencephalograph (where it is enhanced) and then, in the digital form, to a computer. Several types of waves are distinguished in EEG: delta, theta, alpha, beta, gamma, mi and lambda. Children are characterised by the variability in the

occurrence, range, shape and amplitude of brain waves. EEG involves the use of various activation methods, such as hyperventilation, photic stimulation and sleep deprivation. They are useful in making a proper diagnosis and can be factors that elicit abnormalities that could not be otherwise visualised. Psychomotor retardation is often strictly associated with structural and functional central nervous system abnormalities.

Keywords: diagnosis, electroencephalography, neurology, children

WSTĘP

Jak powstaje i o czym informuje impuls elektryczny w mózgu, który może być wyznacznikiem zdrowia i rozwoju dziecka? Badanie elektroencefalograficzne (EEG) rejestruje czynność impulsów elektrycznych układu nerwowego⁽¹⁾ i mimo znacznego postępu technologicznego w neurologii dziecięcej zajmuje nadal stabilną pozycję w metodach postępowania diagnostycznego^(2,3) u pacjentów pediatrycznych z podejrzeniem neuropochodnego opóźnienia w rozwoju. Opóźnienie psychomotoryczne wynika z zaburzeń strukturalnych w ośrodkowym układzie nerwowym⁽⁴⁾, które mogą stanowić samoistne przyczyny zaburzeń rozwojowych lub współistnieć z nieprawidłowościami wynikającymi z niepoprawnej pracy bioelektrycznej mózgu. Badanie EEG jest badaniem tanim, nieinwazyjnym, a ponadto powszechnie dostępnym – nie ma też znaczących przeciwwskazań do jego wykonania⁽⁵⁾. Elektroencefalografia jest metodą wykorzystywaną w diagnostyce neurologicznej u dzieci⁽⁶⁾ i pozwala na wykrycie zaburzeń czynności bioelektrycznej mózgu, co może wskazywać na jego nieprawidłową pracę.

DIAGNOSTYKA EEG

Pierwszą udaną rejestrację elektroencefalogramu u człowieka przypisuje się Hansowi Bergowi, który jako pierwszy przeprowadził to badanie diagnostyczne pod koniec lat 20. XX wieku. Elektroencefalografia ma bardzo istotne znaczenie, m.in. w rozpoznawaniu encefalopatii. Elektroencefalogram prezentuje zapis aktywności bioelektrycznej mózgu. Pomiaru aktywności dokonuje się w mikrowoltach, dlatego też należy go wzmocnić około 1 000 000 razy, aby uzyskać możliwość jego zapisu na ekranie komputera. Czynność mózgowia, która jest zapisywana podczas badania, wynika z ruchu ładunków elektrycznych znajdujących się w błonach neuronalnych⁽³⁾. Powszechnie uważa się, że obraz zarejestrowany podczas badania EEG pochodzi od neuronów. Należy jednak pamiętać, że może on również ilustrować aktywność potencjałów czynnościowych, potencjałów postsynaptycznych oraz depolaryzację neuronów (długotrwałą), która jest powodem zmian w zapisie EEG przy uszkodzeniu mózgu. Rejestrację sygnału prowadzi się na skórze głowy przy użyciu specjalnych elektrod (jest ich zazwyczaj 19–21), które przymocowuje się za pomocą żelu przewodzącego, taśmy lub specjalnego gumowego czepka, który jednocześnie umożliwia prawidłowe umieszczenie elektrod na głowie. Elektrody muszą ściśle przylegać do skóry badanego, aby impedancja przepływającego prądu była jak najniższa, co pozwala na znaczną redukcję artefaktów

INTRODUCTION

An electrical brain impulse is an indicator of health and development of a child. How is it generated and what information does it carry? Electroencephalography (EEG) registers the function of nervous system electrical impulses⁽¹⁾ and, in spite of considerable technological progress in paediatric neurology, it still occupies a stable position in the arsenal of diagnostic tools^(2,3) applied in paediatric patients with a suspicion of neurogenic developmental delay. Psychomotor retardation is a consequence of structural central nervous system disorders⁽⁴⁾ that might be an isolated cause of developmental defects or may coexist with abnormalities resulting from improper bioelectrical brain function.

EEG is an inexpensive, non-invasive and widely available examination, and, what is more, there are no significant contraindications to its performance⁽⁵⁾. Electroencephalography is a method used in the neurological diagnosis of children⁽⁶⁾, and it helps detect brain bioelectrical disorders that might indicate its abnormal function.

ELECTROENCEPHALOGRAPHY

The first successful EEG examination in a human was conducted by Hans Berg at the end of the 1920s. Electroencephalography is a very important tool, e.g. in the diagnosis of encephalopathy. An electroencefalogram presents bioelectrical brain activity. It is recorded in microvolts, and therefore requires enhancement by approximately 1,000,000 times for the results to be displayed on the computer screen. The cerebral function recorded during an EEG examination is a result of the motion of electrical loads present in neuronal membranes⁽³⁾. It is commonly thought that EEG signals originate from neurones. It must be remembered, however, that they may also represent the activity of functional potentials, postsynaptic potentials and neuronal (long-term) depolarisation that might cause EEG changes in a patient with brain injury. Signals are registered on the patient's scalp using special electrodes (usually 19–21 electrodes) that are fixed to the head with conductive gel, head band or a special rubber cap which additionally facilitates the correct placement of the electrodes on the patient's head. The electrodes must adhere closely to the patient's skin so that the impedance of flowing current is as low as possible, thereby significantly reducing artefacts from the external environment

pochodzących od środowiska zewnętrznego bądź od używanych elektrod. Przed umiejscowieniem elektrod należy oczyścić skórę głowy w miejscu ich przyczepu specjalną pastą zawierającą drobinki pumeksu. Ma to na celu usunięcie tłuszczu i zrogowaciałego naskórka. Żel przewodzący jest nakładany w celu ułatwienia wędrówki prądu jonowego z powierzchni skóry do elektrody. Na powierzchni elektrod wykorzystywanych do zapisu znajdują się jony srebra i chloru (elektrody mogą być też zbudowane z innych metali), które mogą się swobodnie przemieszczać w granicach użytego wcześniej żelu przewodzącego, a także umożliwiają zmianę prądu jonowego w swobodny przepływ elektronów⁽⁷⁾. Przed założeniem elektrod na skórę głowy pacjenta ich wierzch (owinięty wacikiem) nasącza się roztworem NaCl. Aby zapis był technicznie prawidłowy, elektrody muszą spełniać określone wymagania:

- wszystkie elektrody muszą być tego samego rodzaju;
- długość odprowadzeń elektrod powinna być równa;
- oporność elektrod wykorzystywanych w badaniu musi być taka sama;
- nie powinno się umieszczać odprowadzeń w bliskim sąsiedztwie innych urządzeń, ponieważ może to niekorzystnie wpłynąć na rejestrację potencjałów;
- nie należy związać kabli pochodzących od elektrod, ponieważ może to prowadzić do ich uszkodzeń, a w konsekwencji – do błędów w zapisie⁽⁸⁾.

Elektrody do badania EEG rozmieszcza się na głowie pacjenta według międzynarodowego systemu 10–20, którego twórcą był dr Herbert Jasper z Instytutu Neurologicznego w Montrealu. Metoda ta daje możliwość optymalizacji i powtarzalności przeprowadzonego badania. System opiera się na stosunku między położeniem elektrody a obszarem kory mózgowej. Liczby parzyste w oznaczeniu elektrod odnoszą się do prawej półkuli, a nieparzyste – do lewej⁽⁸⁾. W systemie 10–20 na powierzchni głowy rozmieszcza się zazwyczaj 19 elektrod oraz dodatkowo na płatkach ucha lewego i ucha prawego umieszcza się po jednej elektrodzie usznej, co przedstawia się następująco:

- okolica kory płatów czołowych – elektrody Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz;
- granica płatów czołowych i ciemieniowych – elektrody C3, C4, Cz;
- okolica płatów ciemieniowych – elektrody P3, P4, Pz;
- okolica płatów skroniowych – elektrody T3, T4, T5, T6;
- okolica płatów potylicznych – elektrody O1, O2;
- prawy i lewy punkt uszny – elektrody referencyjne A1, A2⁽³⁾.

Litery znajdujące się na elektrodach wywodzą się od łacińskich nazw określonych okolic mózgu. Nad każdą półkulą rozmieszcza się osiem elektrod, pozostałe trzy elektrody zostają umieszczone w linii pośrodkowej. Elektrody układa się według czterech podstawowych punktów, które są wyznacznikiem linii środkowej wieńcowej i strzałkowej (punkt nasion, inion, lewy oraz prawy punkt uszny). Liczby 10–20 oznaczają odległości procentowe. System 10–20 jest skonstruowany w taki sposób, że pozwala na umieszczenie większej liczby elektrod, w sytuacji gdy konieczne jest przeprowadzenie niestandardowego badania EEG⁽⁹⁾.

or from the used electrodes. Prior to the placement of the electrodes, the scalp must be cleaned using a special paste with pumice stone particles. The purpose of this is to remove grease and dry dead epidermis. The conductive gel is applied in order to facilitate the transition of ionic current from the skin surface to the electrode. The electrode surface contains silver and chlorine ions (but it can also be composed of other metals) which are capable of free movement within the limits of the previously applied conductive gel and enable a conversion of ionic current into free electron flow⁽⁷⁾. Before placing the electrodes on the patient's scalp, their tips (secured with gauze pads) are saturated with an NaCl solution. The electrodes must meet the following criteria to enable appropriate EEG monitoring:

- all the electrodes must be of the same type;
- the length of the leads should be equal;
- the resistance of the electrodes used in the examination must be equal;
- electrodes should not be placed in the proximity of other devices as it may adversely affect the recording of potentials;
- electrode cables must not be wound up as this may lead to their damage and thus to errors in EEG results⁽⁸⁾.

The electrodes are placed on the patient's head in accordance with the international 10–20 system created by Dr Herbert Jasper from the Montreal Neurological Institute. This method offers optimisation and repeatability of the examination. The system is based on the relationship between the location of an electrode and the cerebral cortex area. Even numbers in the electrode markings refer to the right hemisphere, while odd numbers refer to the left hemisphere⁽⁸⁾. In the 10–20 system, usually 19 electrodes are placed on the scalp and one ear electrode is placed on the right and one on the left earlobes. The electrode locations are as follows:

- the region of the frontal lobe cortex – electrodes Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8 and Fz;
- the boundary between the frontal and parietal lobes – electrodes C3, C4 and Cz;
- the region of the parietal lobes – electrodes P3, P4 and Pz;
- the region of the temporal lobes – electrodes T3, T4, T5 and T6;
- the region of the occipital lobes – electrodes O1 and O2;
- right and left auricular points – reference electrodes A1 and A2⁽³⁾.

The letters in the electrode markings are derived from the Latin words for given brain regions. Eight electrodes are placed over each hemisphere, while three electrodes are positioned in the midline. They are placed according to four basic points that are the indicators of the medial coronal and sagittal lines (nasion, inion as well as the left and right auricular points). The numbers 10–20 refer to the percentage distance. The 10–20 system is constructed in such a way that it enables the placement of more electrodes when non-standard EEG must be performed⁽⁹⁾.

Prędkość przesuwu papieru w rejestracji elektroencefalogramu wynosi standardowo 30 mm/s prowadzonego zapisu, a jedna strona obejmuje 10 sekund badania. Sygnał pochodzący z elektrod jest przesyłany do elektroencefalografu (gdzie zostaje wzmocniony), a następnie – w formie cyfrowej – do komputera⁽¹⁰⁾. W zapisie EEG można wyróżnić następujące potencjały:

- potencjały korowe (potencjały pochodzące z części czaszki, gdzie kora mózgowa najbardziej do niej przylega);
- potencjały, które pochodzą ze skóry głowy (potencjały rejestrowane z powierzchni głowy).

Elektrodami najczęściej używanymi w badaniu EEG są elektrody grzybkowe oraz elektrody miseczkowe. W badaniach wykorzystuje się także elektrody uszne, najczęściej jako referencyjne. Pozostałe rodzaje elektrod to elektrody igłowe oraz elektrody nosowo-gardłowe, które nie są już stosowane ze względu na ryzyko zakażenia podczas zakładania, bólu odczuwanego przez pacjenta oraz licznych artefaktów związanych z ich użyciem. Przed elektroencefalografią nie trzeba wykonywać dodatkowych badań. W dniu badania EEG należy przygotować skórę głowy dziecka poprzez umycie włosów szamponem. Nie wolno stosować kosmetyków do włosów typu odżywki, lakiery, ponieważ mogą one sprawiać trudności podczas wykonywania zapisu diagnostycznego. Przed badaniem należy poinformować technikę o przyjmowanych przez dziecko lekach (niektóre mogą wpływać na zapis EEG). Badanie elektroencefalograficzne wykonuje się w czuwaniu (zazwyczaj trwa ono 20 minut) lub podczas snu fizjologicznego (30 minut). Czas rejestracji sygnału na powierzchni głowy pacjenta może ulec modyfikacji w zależności od różnych czynników, takich jak np. współpraca pacjenta z techniką wykonującym badanie.

GLÓWNE FALE EEG

Czynność bioelektryczna mózgu jest wynikiem dynamicznej pracy neuronów w korze mózgowej, które są stale połączone z komórkami nerwowymi struktur podkorowych. Fale mózgowe są więc falami elektrycznymi, wyzwalanymi w każdym mózgu⁽¹¹⁾. Wyróżnia się następujące rodzaje fal:

- Fala delta – jej częstotliwość wynosi 0,5–3 Hz. Jest najwolniejszą falą mózgową. Występuje zazwyczaj podczas głębokiego snu. Może się także ujawniać przy wzmożonym wysiłku intelektualnym. Obserwuje się ją u małych dzieci.
- Fala theta – ma częstotliwość 4–7 Hz. Jest widoczna w głębokim transie, medytacji. Występuje w czasie, kiedy człowiek intensywnie śni.
- Fala alfa o częstotliwości 8–12 Hz. Jest to fala granicy fal szybkich i wolnych. Ujawnia się podczas głębokiego relaksu, ale przy zachowanej jeszcze czujności i świadomości umysłu. Występuje zazwyczaj na całej powierzchni płata korowego. Duże amplitudy fali alfa można zaobserwować w okolicy potylicy, kiedy oczy są zamknięte.
- Fala beta o częstotliwości powyżej 12 Hz. Wyróżnia się kilka rodzajów fali beta, które sięgają częstotliwości równej 35 Hz. Fala beta jest wyrazem działania, logicznego myślenia, natomiast wyższe częstotliwości beta wiążą się

The speed of EEG strap movement is usually 30 mm/s, and one page represents 10 seconds of the examination. The EEG signal from the electrodes is transferred to an electroencephalograph (where it is enhanced) and then, in the digital form, to a computer⁽¹⁰⁾. The following potentials may be distinguished in EEG:

- cortical potentials (arising from the part of the cranium where the cerebral cortex adheres the most);
- potentials arising from the scalp (recorded from the head surface).

The most common EEG electrodes are cup and bridge ones. Moreover, ear electrodes are also used, usually for reference purposes. The remaining types of electrodes include subdermal needle electrodes and nasopharyngeal electrodes. They are no longer used due to the risk of infection during their placement, pain and numerous artefacts associated with their usage.

There is no need for any other examinations before EEG. On the day of the examination, the child's scalp must be washed with a shampoo. Other hair cosmetics, such as conditioners or hair sprays, are not allowed as their usage may cause difficulties with performing a diagnostic registration. Before the examination, a technician must be told about all drugs used by the child (some of them may affect the EEG results). Electroencephalography is performed with the patient awake (it usually takes 20 minutes) or during physiological sleep (30 minutes). The signal registration time may change depending on various factors, such as cooperation with the technician that performs the examination.

MAIN EEG WAVES

The brain bioelectrical function is a consequence of dynamic neuronal activity in the cerebral cortex. Neurones remain in a permanent connection with nerve cells of the subcortical structures. Brain waves are then electrical waves generated in each brain⁽¹¹⁾. The following types of waves are distinguished:

- A delta wave with the frequency of 0.5–3 Hz is the slowest brain wave. Delta waves can be recorded during deep sleep and during enhanced intellectual effort. They are observed in young children.
- A theta wave with the frequency of 4–7 Hz occurs in deep trance or meditation. Theta waves can be observed during sleep with intensive dreams.
- An alpha wave with the frequency of 8–12 Hz is a border wave between fast and slow waves. Alpha waves occur during deep relaxation but with retained alertness and awareness. They usually occur on the entire surface of the cortical lobe. High alpha wave amplitudes can be observed in the occipital region when the eyes are closed.
- A beta wave has the frequency of over 12 Hz. There are several types of beta waves with the frequency reaching 35 Hz. Beta waves occur during action and logical think-

ze stresem, agresją. Falę beta niską (12–14 Hz) obserwuje się w półkulach i płatach mózgu. Fala beta środkowa (15–18 Hz) jest zauważalna w różnych obszarach mózgu. Fala beta wysoka ma częstotliwość powyżej 18 Hz.

- Fala gamma – fala szybka (36–40 Hz). Jest wykrywalna w każdej części mózgu.
- Fala mi (mu) – współistnieje z rytmem beta. Fala ma kształt zębów piły i ujawnia się tylko u pewnej części populacji.
- Fala lambda – jest to fala wolna (2–11 Hz), jednak swoją budową przypomina falę ostrą. Jest trójfazowa.

Należy pamiętać, że u dzieci występuje zmienność w występowaniu, zakresie, kształcie i amplitudzie fal mózgowych. W wieku rozwojowym dominuje czynność wolna. W czasie rozwoju mózgu następują zmiany w jego strukturze, a także zmiany funkcjonalne, tak więc w ocenie elektroencefalogramu należy się odnosić do norm zapisu dla konkretnej grupy wiekowej, ponieważ w wyniku zmian zachodzących w dojrzewającym mózgu następuje zmiana w zapisie EEG. Tuż po urodzeniu nie obserwuje się rytmu alfa w okolicy potylicznej – pojawia się on u dzieci 2- lub 3-miesięcznych. Dzieci roczne cechują się dominującą wolną czynnością fal theta. W 3. roku życia w EEG widoczna jest rytmiczna aktywność fal theta. W tym okresie mogą być jeszcze widoczne śladowe ilości rytmu alfa, a fale delta są rzadziej uwidocznione. U dzieci do 3. roku życia występują wzmożone zjawiska asymetrii i asynchronii, które przysparzają sporych trudności w prawidłowym odczytaniu zapisu badania. Obniżenie częstotliwości fal u dzieci o ponad 1 Hz w porównaniu ze standardami dla danego wieku uważa się za częstotliwość patologiczną, która może świadczyć między innymi o upośledzeniu umysłowym i wraz z pojawianiem się jego kolejnych symptomów może ulegać dalszemu spadkowi. Elementem nieprawidłowym jest też fala ostra (czas trwania: 80–200 ms), która może się pojawiać pojedynczo, grupowo lub w seriach. Często obserwuje się ją w opóźnieniu psychoruchowym. Należy wspomnieć, że zapis podczas fizjologicznego snu u dzieci jest bogatszy pod względem morfologicznym niż zapis podczas czuwania⁽¹²⁾.

METODY AKTYWACJI ZAPISU W BADANIU ELEKTROENCEFALOGRAFICZNYM

W badaniu EEG stosuje się następujące metody aktywacji zapisu:

- Hiperwentylacja – standardowo stosowana procedura w badaniu elektroencefalograficznym. Jej celem jest wywołanie względnego niedokrwienia mózgu. Podczas hiperwentylacji pacjent powinien energicznie oddychać mniej więcej przez 3 minuty. W czasie szybkiego oddychania mogą się ujawnić nieprawidłowości w zapisie.
- Stymulacja świetlna – stymulacja stroboskopem, która powoduje pojawienie się tzw. reakcji wodzenia⁽⁸⁾ w odprowadzeniach z obszaru potylicy. Może wywoływać napady padaczkowe u badanego.
- Deprywacja snu – wybudzenie pacjenta w nocy poprzedzającej wyznaczony termin elektroencefalografii i utrzymanie go w stanie czuwania do momentu badania; najkorzystniej-

ing, while their higher frequencies are associated with stress or aggression. A low beta wave (12–14 Hz) is observed in the hemispheres and brain lobes, while a middle beta wave (15–18 Hz) occurs in various parts of the brain. A high beta wave has the frequency of over 18 Hz.

- A gamma wave is fast (36–40 Hz). It can be detected in each part of the brain.
- A mi (mu) wave coexists with the beta rhythm. The wave resembles saw teeth and appears only in some of the population.
- A lambda wave is slow (2–11 Hz), but its form resembles sharp waves. It is triphasic.

It must be remembered that children are characterised by the variability in the occurrence, range, shape and amplitude of brain waves. Slow activity is predominant in the developmental age. As the brain develops, its structures and function undergo changes. That is why EEG interpretation should be based on referential norms for a given age group as the aforementioned changes in the maturing brain may alter EEG results. The alpha rhythm is not observed in the occipital region shortly after birth, but appears in 2- or 3-month-old infants. Children at 1 year of age are characterised by slow theta waves. At the age of 3 years, EEG displays rhythmical theta wave activity. In this period, trace amounts of the alpha rhythm may still be present, whereas delta waves are observed more rarely. In children younger than 3 years of age, enhanced asymmetry and asynchrony phenomena cause much difficulty with proper interpretation of EEG results. A decrease in wave frequency in children by more than 1 Hz compared with the referential values for a given age is believed to be pathological and may indicate, for instance, mental retardation. Also, it may keep declining as other symptoms develop. Another abnormal finding is a sharp wave (duration: 80–200 ms). It may be a single episode or occur in groups or series. It is frequently observed in psychomotor retardation. It must also be mentioned that EEG performed during the child's physiological sleep is richer in morphological terms than that recorded while the patient is alert⁽¹²⁾.

ACTIVATION TECHNIQUES IN ELECTROENCEPHALOGRAPHY

The following activation techniques are used in EEG:

- Hyperventilation. It is a standard procedure in electroencephalography. Its goal is to elicit relative brain ischaemia. During hyperventilation, the patient should breathe intensively for approximately 3 minutes. Abnormalities may reveal themselves during rapid respiration.
- Photoc stimulation. It is a stimulation with a stroboscope that elicits so-called photic driving⁽⁸⁾ in occipital leads. It can also induce epileptic seizures.
- Sleep deprivation. This technique involves waking the patient at night before the scheduled EEG examination and keeping him or her awake until the examination.

sze jest powstrzymanie badanej osoby od snu przez całą noc poprzedzającą planowany zapis EEG. Metoda ta jest stosowana u pacjentów z podejrzeniem padaczki, ponieważ ten rodzaj aktywacji zapisu EEG wywołuje napady padaczkowe. Poza powyższymi metodami aktywacji zapisu podczas badania stosuje się również inne, niestandardowe metody, np. głośne, niespodziewane dźwięki, głośne czytanie itp. Po zastosowaniu każdej metody aktywacji zapisu należy zachować odpowiedni odstęp czasowy – nie można używać różnych metod jedna po drugiej ze względu na możliwość wystąpienia nieprawidłowości w trakcie trwania danej metody aktywacji, a także chwilę po jej zakończeniu.

PODSUMOWANIE

Opóźnienie psychomotoryczne często wiąże się ściśle z nieprawidłowościami w budowie oraz funkcjonowaniu ośrodkowego układu nerwowego. Badanie elektroencefalograficzne ma za zadanie rejestrację czynności bioelektrycznej mózgu – znając więc etiologię zespołu zaburzeń, jakim jest opóźnienie psychoruchowe, dzięki przeprowadzeniu analizy jakościowej oraz ilościowej można uzyskać jego obraz w badaniu. Podsumowując, elektroencefalografia może być bardzo pomocnym narzędziem w diagnozowaniu neuropochodnego opóźnienia psychomotorycznego.

Konflikt interesów

Autorka nie zgłasza żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo / References

1. Schmitt HJ: History of electroencephalography. History of Telecommunications Conference, 2008, HISTELCON 2008: 79–82.
2. Artemowicz B, Sobaniec P: Badanie EEG w neuropediatric. Neurol Dziec 2011; 20: 89–95.
3. Quigg M: EEG w praktyce klinicznej. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2008.
4. Emck C: Psychomotor functioning of children with psychiatric disorders. A psicomotricidade 2004; 3: 61–69.
5. Le Bihannic A, Beauvais K, Busnel A et al.: Prognostic value of EEG in very premature newborns. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2012; 97: F106–F109.
6. Selton D, André M, Debrulle C et al.: EEG at 6 weeks of life in very premature neonates. Clin Neurophysiol 2010; 121: 818–822.

It is best to keep the patient awake all night before scheduled EEG. This method is used in patients with a suspicion of epilepsy as this activation technique elicits epileptic seizures.

Apart from the three methods listed above, there are also other non-standard techniques, e.g. loud unexpected sounds, loud reading etc. After using each of these methods, a time interval should be maintained. Different methods cannot be used one after another due to the risk of abnormalities during the use of a given activation technique and shortly after it has ended.

CONCLUSION

Psychomotor retardation is often strictly associated with structural and functional central nervous system abnormalities. The aim of electroencephalography is to record brain bioelectrical function. Considering the aetiology of the set of symptoms referred to as psychomotor retardation, the qualitative and quantitative analysis may help present its image in the examination. To conclude, electroencephalography may be a very helpful tool in the diagnosis of neurogenic psychomotor retardation.

Conflict of interest

The author does not report any financial or personal connections with other persons or organizations, which might negatively affect the content of this publication and/or claim authorship rights to this publication.

7. Marszałek Z, Gawędzki W: Nowa metoda monitorowania stanu kontaktu elektrody biomedycznej ze skórą pacjenta. Prz Elektro-tech 2014; 90: 94–97.
8. Misulis KE: Atlas of EEG, Seizure Semiology, and Management. Oxford University Press, New York 2013.
9. Jurcak V, Tsuzuki D, Dan I: 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: their validity as relative head-surface-based positioning systems. Neuroimage 2007; 34: 1600–1611.
10. Lotte F, Congedo M, Lécuyer A et al.: A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces. J Neural Eng 2007; 4: R1–R13.
11. Bullmore E, Sporns O: Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems. Nat Rev Neurosci 2009; 10: 186–198.
12. Kaciński M (ed.): Neuropediatrica. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2007.