INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY OF THE N200 SUBCOMPONENT LATENCY: A NEW PARAMETER OF MEDIAN NERVE SOMATOSENSORY EVOKED POTENTIALS ASSESSMENT IN HEALTHY ADULTS

Ryszard Kinalski[1], Danuta Pietrzak[2], Jerzy Jamiołkowski[3], Gerard Pogorzelski[2], Karolina Domian[2]
[1]Clinical Neurophysiology Chair and Department, Ludwig Rydygier Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Poland
[2]Rehabilitation Department, Jędrzej Śniadecki District Hospital in Białystok, Poland
[3]Health Public Department, Medical Academy in Białystok, Poland

ABSTRACT

Introduction. For evaluation of the effects on sensory inputs influenced following the poststroke interhemispheric sensorimotor disintegration, the tools and procedures of clinical neurophysiology quantified in SI units are needed. Detailed statistical analyses have proved that in healthy adults the latency of N20 peak onset (SEP; N20o) recorded from one contralateral parietal (CPc) hemisphere is the best standard parameter among normal values. Such responses are also evoked in ipsilateral parietal (CPi) hemisphere.

Materials and methods. We examined N20o parameter of SEP in 20 subjects of both sex (9 men and 11 women aged 39,16 ± 12,56 on average) following bilateral stimulation of median nerves.

Results. Following stimulation of right (R) then left (L) median nerves and using CP-Fz leads of recordings (rec), we have collected SEPs simultaneously from CPc and CPi in the adult healthy right handed volunteers height (H) 173,32±10.18 cm on average. In comparison with N20, the mean N20o latency values (LMV) from CPi were significantly longer both for R (P=0.001) and for L (P=0.008) stimulated subjects. Irrespective to side of stimulation and recording, only the LMV of N20o correlated with H (Corr): R-recCPc-Corr r=0.53, P=0.008. R-recCPi-Corr r=52, P=0.007. L-recCPc-Corr r=68, P=0.0004. L-rec-CPi-Corr r=0.55; P=0.007.

Conclusion. The interhemispheric asymmetry of the N20o subcomponent latency can be the new time parameter of the assessment of the median nerve somatosensory evoked potentials in healthy adults who declare right handedness. This param-

ASYMETRIA MIĘDZYPÓŁKULOWA LATENCJI SUBKOMPONENTU N20o: NOWY PARAMETR OCENY SOMATOSENSORYCZNYCH POTENCJAŁÓW WYWOŁANYCH U ZDROWYCH OSÓB DOROSŁYCH

Ryszard Kinalski[1], Danuta Pietrzak[2], Jerzy Jamiołkowski[3], Gerard Pogorzelski[2], Karolina Domian[2]
[1]Katedra i Zakład Neurofizjologii Klinicznej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy
[2]Oddział Rehabilitacji Leczniczej Samodzielnego Publicznego Szpitala Zespolonego im. Jędrzeja Śniadeckiego w Białymstoku
[3]Zakład Zdrowia Publicznego Akademii Medycznej w Białymstoku

STRESZCZENIE

Wprowadzenie. Aby oszacować wpływ na połączenia sensoryczne w warunkach poudarowych realizowanych międzypółkulowo w następstwie dezintegracji funkcji czuciowo-ruchowej, potrzebne są narzędzia kwantyfikacji w jednostkach SI procedur neurofizjologii klinicznej. Szczegółowe analizy statystyczne wykazały, że u zdrowych osób dorosłych latencja początku załamka N20 w rejestracjach somatosensorycznych potencjałów wywołanych (SEP; N20o) rejestrowana z obszaru ciemieniowego półkuli mózgu po stronie przeciwnej (CPc), jest najlepszym standardem wśród wartości normatywnych. Takie odpowiedzi mogą być także rejestrowane po stronie ipsilateralnej w obszarach ciemieniowych półkuli mózgu (CPi).

Materiał i metoda. Z wykorzystaniem metody SEP po stymulacji nerwów pośrodkowych obustronnie, zbadano parametr N20o u 20 osób płci obojga (9 mężczyzn i 11 kobiet w wieku średnio 39,16 ± 12,56).

Wyniki. Po stymulacji nerwu pośrodkowego bardziej po stronie prawej (R), aniżeli po stronie lewej (L) z wykorzystaniem odprowadzeń (rec) CP-Fz zarejestrowano jednocześnie, SEP z CPc i CPi u zdrowych, dorosłych ochotników o wzroście (H) średnio 173,32 ± 10,18 cm. W porównaniu z N20, średnie wartości latencji N20o (LMV) rejestrowane z CPi były znacznie dłuższe zarówno po stymulacji R (p = 0,001) oraz L (p = 0,008) wśród badanych. Bez względu na stronę stymulacji i rejestracji, tylko LMV załamka N20o korelowało z H (Corr): R-recCPc-Corr r=0.53, P=0.008. R-recCPi-Corr r=52, P=0.007. L-rec-CPc-Corr r=68, P=0.0004. L-rec-CPi-Corr r=0.55;

eter should be used to assess the interaction between the hemispheric afferent transmissions in patients after stroke.
Key words: clinical neurophysiology, somatosensory evoked potentials, subcomponent N 200, normative values.

P=0.007.
Wniosek. Asymetria latencji subkomponenty N20o może być nowym parametrem oceny opóźnienia w rejestracjach somatosensorycznych potencjałów wywołanych po stymulacji nerwów pośrodkowych u zdrowych dorosłych ochotników, którzy deklarują praworęczność. Parametr ten powinien być wykorzystany do oceny interakcji między półkulowych przewodnictwa aferentnego u chorych po udarach.
Słowa kluczowe: neurofizjologia kliniczna, somatosensoryczne potencjały wywołane, subkomponenta N 200, wartości normatywne.

INTRODUCTION

Clinical examination of the short latency median nerve somatosensory evoked potential (SEP n. MED.) is the method that quantitatively objectivizes the functional organization of the brain somatosensory neuronal network, and its N20 component is considered as the record of electrical dipol, with negative potential generated at the cortex surface (Allison et al 1989; Wypych and Wróbel 2004). In that assessment usually the time parameters of the 13 different SEP n. MED components are analyzed and they are used for evaluation of the somatosensory transmission in neural connections of brain. The latency of one of these 13 components, a negative N20 potential, is measured most often. It is accepted that this time parameter has the sufficient intersubject stability that fulfills requirements of standard. However, it was proven that latency of component N20 has a very unstable time parameter (Jones 1977) and it requires the measurement of so called central conduction time (CCT) during the commercial clinical SEP recordings after median nerve stimulation. Because of this reason the N20 latency measurement constitute a special meaning.

Sonoo and co-workers were the first who performed a detailed statistical analysis of the 13 components (Sonno et al 1996) and 5 notches (subcomponents) (Sonno et al 1997) of the N20 peak. All of these N20 subcomponents were designated as: N20a, N20b, N20c, N20d and N20e. It was recognized that the highest notch of the apex of the N20 peak can be created by one of the middle three of these five subcomponents. This underlies the N20 latency instability. These 5 subcomponents were clasified in accordance with the increasing values of its latencies measured from the time point (t.p.) of the N20 onset that was designated as N200. Sonoo and co-workers have proved that the N200 latency constitues one of the most stable time parameters

WPROWADZENIE

Iglicowy komponent N20 somatosensorycznego potencjału wywołanego po elektrostymulacji nerwu pośrodkowego (SEP n. MED.), uznawany jest powszechnie za zapis dipola elektrycznego, z ujemnym potencjałem generowanym przy powierzchni kory. Obrazuje on wyładowania postsynaptyczne dendrytów szczytowych neuronów piramidowych pola 3b, zlokalizowanych w przedniej ścianie zakrętu zaśrodkowego, w miejscu somatotopowo reprezentatywnym dla ręki (Allison i wsp. 1989; Wypych i Wróbel 2004). Dotychczasowa wiedza o lokalizacji w mózgu osoby dorosłej zdrowej generatora (ów) N20 wykorzystywana jest do oceny stanu przewodnictwa somatosensorycznego w połączeniach neuronowych mózgu. Oceniany w tym kontekście wynik usługowego badania klinicznego SEP n. MED., obejmuje pomiar tzw. czasu przewodnictwa ośrodkowego (CCT), do czego niezbędne jest zarejestrowanie komponentu N20 (Jones 1977). Z tego względu pomiarom latencji N20 przypisuje się znaczenie szczególne.

Sonoo i współpracownicy na podstawie wyników badań SEP n. MED. przeprowadzonych u 62 osób dorosłych zdrowych, pierwsi dokonali szczegółowej analizy latencji 13-tu komponentów (Sonno i wsp. 1996) oraz 5-ciu subkomponentów jednego z nich, tj. komponentu N20 (Sonno i wsp. 1997). Dla każdego komponentu i subkomponentu autorzy określili standardowe parametry czasowe oraz ich wartości normatywne (N20a, N20b, N20c, N20d and N20e). Dane te ustalali zgodnie z zasadą, z którą punkt czasowy mierzonej latencji powinien być zawsze i niedwuznacznie identyfikowany w zapisach SEP n. MED osoby zdrowej jak również wykazywać niewielką zmienność wewnątrzosobniczą i międzyosobniczą. W obrębie komponentu

of the SEP n. MED record. The notch (wavelet) from which the ascending arm of the N20 peak begins, is the time point of the N200 subcomponent. In respect of time, N200 suits to the beginning of the discharges of the piramidal neurons apical dendrites of the area 3b, localized on the frontal surface of the postcentral gyrus, in the representative somatotopic place of the hand (Sonoo et al 1997).

Sonoo et al (1996) recommend to perform the clinical and commercial SEP n. MED examination using the four channel electromyograph and to employ the montage of the recording electrodes with the 3 derivations: (1) Epi-Fz, (2) C6S-Fz, (3) CPc-Fz (10-20 system). It doesn't change the necessity of applying the accepted nomenclature 10-20 with montage of recordings electrodes, last time extended and called 10% (Nuwer et al 1999). Such a montage restricts the recordings of the SEP n. MED only from surface the contralateral brain hemisphere (CPc) to the side of the median nerve stimulated. The informations of the simultaneously caused response of the structures of the ipsilateral brain hemisphere (CPi) slips away from the examiner attention. The responses from the CPi are useful from the clinical point of view, but sometimes constitute a secret for researcher. The findings of the magnetoencephalographic (MEG) examination show the interhemispheric similarity of the somatosensory evoked fields (SEF), as well as during the functional neuroimaging (fMRI), recording simultaneously the evoked responses of neurons from both hemispheres (MEG) or the whole brain (fMRI). The results of these tests allow for detection of potentials generators (Korvenoja et al 1995; Nihashi et al 2005; Kanno et al 2003), the occurrence of their interhemispheric asymmetry (Wilkstrom et al 1997), and in individual cases of the connections which can be induced from n. MED. with the ipsilateral hemisphere (Kanno et al 2004). Clinical trials of MEG and fMRI are expensive and the market of medical services is less accessible than electrophysiological studies of SEP n. MED. In the context of their suitability for clinical observations related to the functional asymmetry of brain structures, studies of SEP n. MED. are inferior than MEG and fMRI studies (Springer and Deutsch 1998a).

Desmedt and Cheron recorded the N200 subcomponent simultaneously from CPc and CPi following the stimulation of the skin in the first and third fingers of one hand. The authors identified N200 as a propagation of both paths in super imposed SEP records. Both Desmedt and Cheron (1980) and

N20, rejestrowanego przy stosowaniu głowowej elektrody odniesienia, autorzy zidentyfikowali pięć jego subkomponentów, które sklasyfikowali według wzrastającej wartości ich latencji mierzonych od początku komponentu N20. Ten początek komponentu oznaczyli akronimem N200 a pięć subkomponentów iglicy N20 oznaczyli jako: N20a, N20b, N20c, N20d i N20e.

Sonoo i wsp. (1996) zwracają też uwagę na konieczność różnicowania badań SEP n. MED. na naukowe i usługowe. Nie zmienia to konieczności stosowania w obu przypadkach ujednoliconej nomenklatury elektrod rejestracyjnych wg. systemu 10-20, ostatnio rozszerzonego i nazywanego systemem 10% (Nuwer i wsp. 1999). Autorzy rekomendują przeprowadzanie badań usługowych aparatem czterokanałowym, stosując montaż elektrod rejestracyjnych z trzema odprowadzeniami: (1) EPi-Fz, (2) C6S-Fz, (3) CPc-Fz (Sonoo i wsp. 1996). Taki montaż ogranicza rejestrowanie SEP n. MED. tylko sponad półkuli mózgu kontralateralnej (CPc) do strony stymulowanego n. pośrodkowego. Natomiast informacje o jednocześnie wywoływanej odpowiedzi struktur półkuli mózgu ipsilateralnej (CPi) umykają uwadze badającego. Tymczasem jednostronną stymulację n. MED. stosuje się w badaniach magnetoencefalograficznych (MEG) i funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI), rejestrujących jednoczasowo wywołane odpowiedzi neuronów kory obu półkul (MEG) czy mózgu całego (fMRI). Wyniki tych badań umożliwiają rozpoznawanie miejsc generatorów odpowiedzi (Korvenoja i wsp. 1995; Nihashi i wsp. 2005; Kanno wsp. 2003), występowania ich asymetrii międzypółkulowej (Wilkstrom i wsp. 1997), a w indywidualnych przypadkach sugerują istnienie połączeń stymulowanego n.med. z półkulą ipsilateralną (Kanno i wsp. 2004). Badania kliniczne MEG i fMRI są drogie i na rynku usług medycznych trudniej dostępne od badań elektrofizjologicznych SEP n. MED. W kontekście ich przydatności dla obserwacji klinicznych związanych z asymetrią funkcjonalną struktur mózgu, badaniom SEP n. MED. nadaje się rangę mniejszą od badań MEG czy fMRI (Springer i Deutsch 1998a).

Desmedt i Cheron rejestrowali subkomponent N200 jednoczasowo z CPc i CPi przy stymulowaniu skóry wskaziciela i palca trzeciego jednej ręki. Autorzy identyfikowali N200 jako miejsce rozchodzenia się nałożonych ścieżek obu zapisów SEP. Zarówno Desmedt i Cheron (1980) jak i Sonoo i wsp. (1997)

Sonoo et al (1997) ascribed no clinically significant meanings for responses recorded from CPi. In view of the MEG findings such a position seems to be understood. Not in all of a healthy adult, the magnetic field-induced somatosensory (SEF) is recorded on the ipsilateral side to the stimulation (Korvenoja et al 1995; Kanno et al 2003). However, comparison of the shapes of the SEF recorded simultaneously on both sides showed intrapersonal, interhemispheric similarities in SEF morphology. This meant that the shape of the SEF was considered as a stable parameter useful for quantifying the SI cortex activation disorders associated with the unilateral sensory input deficits of peripheral or central origin (Tecchio et al 2000). Researches of n. MED. SEP find using of such studies in evaluation the functional and structural asymmetry of the brain. The results of these studies, combined with the results of the MRI, shows that the asymmetry n. MED. SEP occurs only at the level of cortical structures (Jung et al 2003). Meanwhile, for the purposes of clinical research services, as well as basic studies, the peak latency of N20 component is the parameter most often serving to quantify the results of studies n. MED. SEP conducted in adult healthy subjects (Cichy et al 1991; Cichy 1992).

The authors of this report underwent the first in Poland the attempt to justify the desirability of quantifying the subcomponents of N200 latency, as a new tool to assess the functional interhemispheric asymmetry of somatosensory cortex in healthy adult. For this purpose it was decided to check whether in healthy right-handed adults: a) the latency of N200 subcomponents and component N20 recorded simultaneously from above the two hemispheres of the brain, have equally significant interhemispheric differences; b) the interhemispheric asymmetry of N200 latency depends on the side of stimulation and/or recording; c) the latency of N200 correlates with age and/or height of adult right-handed healthy volunteers.

METHOD AND SUBJECTS

From November the 1st 2003 until the 23rd December 2004, the n. MED. SEP examinations were performed in 27 healthy adult volunteers. The recordings with simultaneously recorded responses from CPc and CPi, and classified into the first or second category of Anderson et al. (1984) following unilateral stimulation of n. med. Finally, it was

nie przypisywali istotnego klinicznie znaczenia odpowiedzi rejestrowanej z CPi. W świetle wyników badań MEG stanowisko takie wydaje się być zrozumiałe. Nie u każdej bowiem dorosłej osoby zdrowej rejestruje się, po stronie ipsilateralnej do strony stymulacji, magnetyczne somatosensoryczne pola wywołane (SEF) (Korvenoja i wsp. 1995; Kanno i wsp. 2003). Tym niemniej, porównywanie kształtów SEF rejestrowanych jednoczasowo obustronnie wykazało występowanie wewnątrzosobniczego międzypółkulowego podobieństwa morfologii SEF. To sprawiło, że kształt SEF uznany został za stabilny parametr użyteczny w kwantyfikowaniu zaburzeń aktywacji kory SI, związanych z jednostronnym deficytem wejścia czuciowego pochodzenia obwodowego lub ośrodkowego (Tecchio i wsp. 2000). Badania SEP n. MED. znajdują zastosowanie w badaniach dotyczących asymetryczności funkcjonalnej i strukturalnej mózgu. Wyniki takich badań, łączone z wynikami badań MRI, wykazują, że asymetryczność SEP n. MED. występuje tylko na poziomie struktur korowych (Jung i wsp. 2003). Tymczasem dla potrzeb badań klinicznych usługowych, jak również poznawczych, latencja iglicy komponentu N20 jest parametrem służącym najczęściej do kwantyfikowania wyników badań SEP n. MED. przeprowadzanych u dorosłych osób zdrowych (Cichy i wsp. 1991; Cichy 1992).

Autorzy niniejszego doniesienia pierwsi w Polsce podjęli próbę uzasadnienia celowości kwantyfikowania latencji subkomponentu N200, jako nowego narzędzia oceny funkcjonalnej asymetryczności międzypółkulowej zdrowej dorosłej kory mózgowej somatosensorycznej. W tym celu postanowiono sprawdzić czy u dorosłych osób zdrowych praworęcznych: a) wartości latencji subkomponentu N200 i komponentu N20, rejestrowanych jednocześnie sponad obu półkul mózgowych, wykazują jednakowo istotne różnice międzypółkulowe; b) asymetria międzypółkulowa latencji N200 zależy od strony stymulacji i/lub rejestracji; c) wartości latencji N200 korelują z wiekiem i/lub wzrostem dorosłych osób zdrowych praworęcznych.

MATERIAŁ I METODA

W okresie od 1 listopada 2003r. do 23 grudnia 2004 r. badania SEP n. MED. przeprowadzono u zdrowych, 27 dorosłych osób. W tej grupie tylko u dwudziestu uzyskano potencjały wywołane SEP n. MED. z zarejestrowanymi jednocześnie odpowiedziami z CPc i CPi przy jednostronnej stymulacji elektrycznej prawego i lewego n. pośrodkowego.

obtained in 20 subjects. These were 9 men and 11 women aged from 22 to 75 years (mean=39,16; SD=12,56) and height from 158 to 194 cm (mean=173,32; SD=10,18). In each person the actual or having had the peripheral or central nervous system diseases were examined by the physician that can influenced somatosensory functions. If they existed before, the subject was excluded from the study. Every person declared right handedness and signed with the right hand the consensus in agreement with Helsinki Declaration. The project have received an approval from the Bioethics Committee of the Nicolaus Copernicus Ludwig Rydygier Collegium Medicum in Bydgoszcz in 2002 (Opinion:KB/393/2002 prolonged in February 24, 2005).

All the examinations were performed in the Clinical Neurophysiology Laboratory of the Rehabilitation Department of the Jędrzej Śniadecki District Hospital in Białystok. Studies were performed in the room temperature of 22oC. Each subject was quiet and volitionally relaxed, lying comfortable in supine position.

The SEP n. MED examinations were performed in accordance with the Sonoo et al (1996) recommendations. However, the proposed montage of the recording electrodes was modified, in accordance with the 10% system (Nuwer et al 1999) and the following leads were employed: (1) CP3-Fz, (2) Cz-Fz, (3) CP4-Fz. The Medelec four channel Sapphire 4ME electromyograph was used. The filters of amplifiers were set on 10Hz-20kHz (-2dB) band pass. The sensitivity of each amplifier was set on the 10µV/DIV and the time window on 50 msec. The fourth electrode was above spinous process of the sixth cervical vertebrae (Sonoo et al 1996) CV6-Fz. The recording parietal electrodes were assigned in accordance with the side of the stimulated median nerve, as the CPc (contralateral) and CPi (ipsilateral) (Figure 1). The Ag/AgCl monopolar recording electrodes (cup - like), 5mm in diameter were used. They were filled with the conductive paste and sing the collodion the electrodes were fixed on the head skin at impedance less than 5kΩ.

Badania były wykonywane zgodnie ze standardami opisanymi przez Mauguiére i wsp. (1999). U każdej osoby lekarz wykluczał istnienie lub przebycie chorób ośrodkowego lub obwodowego układu nerwowego. Grupę końcową stanowiło 9 mężczyzn i 11 kobiet, w wieku od 22 do 75 lat (średnia=39,16; SD=12,56) oraz o wzroście od 158 do 194 cm (średnia=173,32; SD=10,18). Każda z tych osób deklarowała ustnie preferowanie prawej ręki w wykonywaniu czynności dnia codziennego i tą ręką podpisywała się. Zgodnie z Deklaracją Helsińską u każdej osoby uzyskiwano pisemną zgodę na wykonanie u niej badania, według wcześniej objaśnionego celu i sposobu jego przeprowadzenia. Projekt badania uzyskał pozytywną opinię Komisji Bioetycznej Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (Opinia: KB/393/2002 przedłużona 24 lutego 2005 r.).

Badania przeprowadzano w Pracowni Neurofizjologii Klinicznej Oddziału Rehabilitacji Leczniczej Samodzielnego Publicznego Wojewódzkiego Szpitala Zespolonego im. Jędrzeja Śniadeckiego w Białymstoku, w pomieszczeniu o temperaturze pokojowej 22o C, zachowując ciszę. Badano zdrowe, dorosłe osoby, leżące wygodnie na plecach, proszone o całkowite rozluźnienie mięśni, zwłaszcza szyi. Badania przeprowadzano aparatem Sapphire 4ME firmy Medelec, którego 4 wzmacniacze miały nastawione filtry przenoszące sygnały użyteczne (SEP n. MED.) w pasmie częstotliwości od 10 Hz do 20kHz.

Badanie SEP n. MED. przeprowadzano metodę rekomendowaną przez Sonoo i wsp. dla badań klinicznych usługowych (Sonoo i wsp. 1996), modyfikując proponowany przez nich montaż elektrod rejestracyjnych. Przed umocowaniem elektrod rejestracyjnych mierzono taśmą krawiecką wymiary czaszki w płaszczyźnie strzałkowej (nasion-inion) oraz czołowej (A1 – A2). W niniejszym opracowaniu wymiarów tych do obliczeń statystycznych nie wykorzystano. Badanie jednej osoby trwało około godzinę. Do rejestracji SEP n. MED. używano jednobiegunowe elektrody Ag/AgCl miseczkowe, o średnicy 5mm, firmy Oxford Instruments. Elektrody wypełnione żelem przewodzącym, mocowano kolodium w miejscach na skórze o impedancji niższej od 5 kΩ.

In each subject before the SEP n. MED. recordings were started, the value of the individual sensory threshold was established and the maximal amplitude of the median nerve antidromic sensory nerve action potential (SNAP) was recorded (Sonoo et al 1996). One of the SNAP recordings is presented in the frame of figure 1. For the SEP n. MED recordings the median nerve at the wrist was superficially stimulated. The bipolar skin stimulation electrode was used (see pictograms in the figure 1). The rectangle impulses of 0,2 msec and 5 Hz frequency repetition were applied. The intensity of the impulses, individually adjusted, was about 70% of the values that causes the maximal SNAP amplitudes and the visible thumb muscles contractions.

U każdej osoby przed rozpoczęciem rejestracji SEP n. MED. ustalano, podobnie jak w badaniach Sonoo i wsp. (1996), wartość osobniczego progu czucia i maksymalnej amplitudy nerwowego potencjału czynnościowego (SNAP) wywoływanego antydromowo we włóknach czuciowych n. pośrodkowego (Rycina 1). Dla rejestrowania SEP n. MED. stymulowano przez skórę pień nerwu pośrodkowego (n.med) w okolicy nadgarstka. Używano powierzchniowej dwubiegunowej elektrody (Oxford Instruments) ze zwilżonymi filcowymi nakładkami (katoda dogłowowo). Stosowano impulsy prostokątne, o czasie trwania 0,2 msek i częstotliwością powtórzeń 5Hz. Intensywność impulsów, mieszcząca się w granicach osobniczej tolerancji, wynosiła ok. 70% wartości wywołującej maksymalną amplitudę SNAP i widoczny skurcz mięśni kciuka.

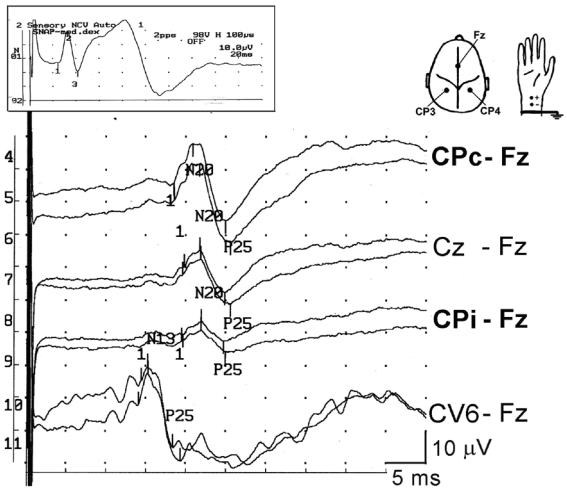


Figure 1. The superimposed traces of the SEP n. MED components, recorded from four electrode sites in accordance with the 10% system (Nuwer et al. 1999), following the right median nerve stimulation of the 34-years male subject. See pictograms designated for the SNAP recording; points of median nerve stimulation and parietal scalp sites, from where simultaneously the bilateral N20 components were recorded. The recording traces as CPc (contralateral) and CPi (ipsilateral) from parietal scalp side in relation to the right median nerve stimulation are denoted in bold. There are denoted the identification of the time points of the onsets (marker 1), negative peaks (markers N20 and N13) and positive peaks (marker P25) of the SEP n. MED components. The CV6 indicates the point of electrode location upon the spinous process of the sixth cervical vertebrae. For purposes of the present paper, the latency of the onset and the peak of the N20 were measured only for the CPc and CPi leads.

Rycina 1. Wynik badania SEPn.MED. 34-letniego mężczyzny. W ramce zapis SNAP. Ikony w prawym górnym rogu ilustrują montaż elektrod rejestracyjnych i stymulację n. med. zaprezentowano nałożone ścieżki dwóch uśrednionych zapisów z czterech odprowadzeń wg. systemu 10% (Nuwer, 1999). Punkty czasowe początków (znacznik 1), iglic negatywnych (znaczniki N20 i N13) oraz pozytywnych (znacznik P25) rejestrowanych komponentów naniesiono na zapisy. CPc i CPi oznaczają kontralateralne i ipsilateralne umiejscowienie elektrody do strony stymulowanego n. med. CV6 oznacza miejsce nad wyrostkiem kolczystym szóstego kręgu szyjnego. Dla celu niniejszego doniesienia oceniane były tylko latencje N20 i N200 rejestrowane z CPc i CPi (litery wytłuszczone).

The procedure of recordings was three times repeated in each person at the each n. med. stimulation. First the SNAP was recorded. Then the averaged 1024 responses were recorded twice and the traces were superimposed (Figure 1). On the recorded traces of the components from the CPc, Cz, CPi and CV6, the time points were marked as follows: the onset of the component as 1; the negative peak as N20 and N13; the positive peak as P25. The parameters of the responses from the Cz and CV6 were not analysed.

In accordance with the aim of the observation, only the latency of the N200 and N20 from the CPc and CPi recorded were analysed. The latency of the N20 was measured as the latency of the highest notch visible on the apex of the peak of this component. Such notch could be the subcomponent N20b, N20c or N20d (Sonoo et al 1997). However the latency of the N200 was measured as the latency of the time point identified as the end of the positive P15 ascending arm. This time point can be found as the notch (wavelet) that occurred below the N20a subcomponent (Sonoo et al 1997).

Elektrody czynne mocowano na głowie w miejscach Cz, CP3 i CP4 w odniesieniu do elektrody biernej Fz (wg układu 10%), będącej również elektrodą odniesienia dla CV6, umieszczanej nad wyrostkiem kolczystym szóstego kręgu szyjnego. Elektrody rejestracyjne ciemieniowe oznaczano w odniesieniu do strony stymulowanego nerwu pośrodkowego, jako CPc (kontralateralna) i CPi (ipsilateralna).

W odpowiedzi na stymulację najpierw prawego a następnie lewego n.med., rejestrowano kolejno SNAP i następnie dwukrotnie SEP n. MED. Każdy zapis SEP n. MED. składał się z czterech ścieżek jednoczasowo rejestrowanych odpowiedzi z CPc, Cz, CPi i CV6. Stosowano ustawienia filtrów dla pasm o częstotliwości 10Hz-20kHz (-2dB); czułość każdego z 4-ch wzmacniaczy 10 µV/mm; okno czasowe 50 msek. Zapisy SEPn.MED rejestrowano dwukrotnie, uśredniając 512 (pierwszy okres badań) lub 1024 (późniejszy okres badań) odpowiedzi. Ścieżki zapisów dwóch uśrednień były nakładane. Na zarejestrowanych z CPc, Cz, CPi oraz CV6 komponentach SEPn.MED. zaznaczano (cyfra 1) punkty czasowe początków potencjałów negatywnych (znaczniki N20 i N13) oraz pozytywnych (znacznik P25). Parametry rejestrowanych jednoczasowo odpowiedzi z Cz i z CV6 w niniejszym doniesieniu nie były przedmiotem ocen i analiz (Rycina 1).

Wydruki zapisów SEP n. MED. każdej osoby oceniane wg. klasyfikacji Andersona (Anderson i wsp. 1984), kwalifikowały się do kategorii pierwszej lub drugiej. Zgodnie z celem badania, analizowano tylko latencje punktów czasowych N20 (szczyt iglicy) i N200 rejestrowanych jednocześnie z CPc i CPi. Postanowiono bowiem zweryfikować zaobserwowane wcześniej u 9 osób dorosłych zdrowych, występowanie jednostronnego wydłużenia latencji subkomponentu N200 (Kinalski i wsp. 2004). Za latencję N20 uznawano latencję punktu czasowego jej szczytu, mierzoną do najwyższego jej załamka negatywnego (Sonoo i wsp. 1996). Natomiast latencję N200 identyfikowano jako punkt czasowy w miejscu uznawanym za zakończenie się wstępującego ramienia potencjału P15, stanowiącym fragment negatywnie lub izoelektrycznie ukierunkowanego załamka (falki; ang.: wavelet) występującego poniżej identyfikowanego subkomponentu N20a (Sonoo i wsp. 1997).

The values of the latencies of the N20 and N200 recorded from CPc and CPi, were established on-line in the real time of the performed examination, as well during the first as during the second averaging. The researcher observed the monitor and every time during the post-recording analysis, she/he marked the trace at the beginning of the traces averaging. Components have been identified and marked with the time points on the onsets, the negative and positive peaks. The twice averaged n. MED. SEP recordings were superimposed for verification of the concordance of the marked time parameters (Figure 1). In general the latencies of the two markers differed less than 0,25 msec and the amplitudes of the components less than 20%. In the off-line mode, the selected and amplified (500nV/DIV) traces, with N20 recorded from CPc and CPi, were separately verified (Figure 2A-D).

Wartości latencji N20 i N20o rejestrowanych z CPc i CPi ustalane były on-line w czasie rzeczywistym przeprowadzanego badania, podczas pierwszego i drugiego uśredniania. Osoba obserwująca monitor, każdorazowo od początku uśredniania ścieżek zapisu SEPn.MED., identyfikowała i znakowała punkty czasowe początków i szczytów iglic komponentów negatywnych i pozytywnych, ustalając tym samym wartości ich latencji do dalszych obliczeń statystycznych. Spełniając wymóg, zgodnie z którym punkt czasowy powinien być zawsze i niedwuznacznie identyfikowany (Sonoo i wsp. 1996), ścieżki uśrednionych dwukrotnie zapisów SEP n. MED. nakładano, celem weryfikacji zgodności stawianych znaczników. Zwracano szczególną uwagę, czy wymóg ten był spełniany przy zaznaczaniu N20 i N200. Weryfikowano to oddzielnie przez selekcjonowanie z czterech ścieżek zapisów SEP n. MED. i powiększanie off-line (500nV/10mm) ścieżek z zarejestrowaną odpowiedzią z CPc i CPi (Rycina 2A-D).

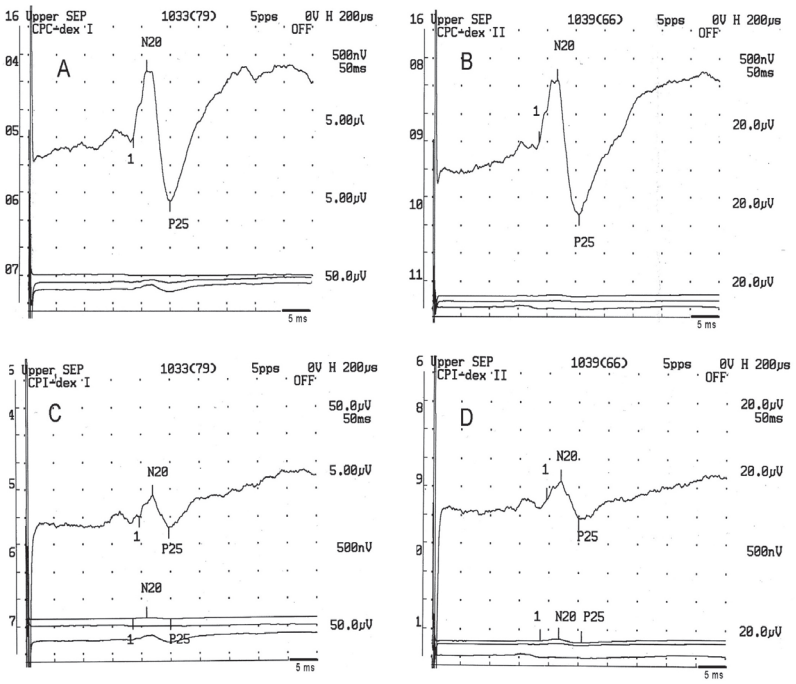


Figure 2. Upper row. The selected and off-line enlarged (500nV/DIV) component N20 in recorded traces from CPc in the first (A) and the second (B) averaging. Lower row. The selected and off-line enlarged (500nV/DIV) component N20 recorded traces from CPi in the first (C) and the second (D) averaging. The same subject's recordings as in figure 1 are presented.

Rycina 2. Rząd górny: Wyselekcjonowane i powiększone off-line (500nV/DIV) ścieżki zapisów komponentu N20 rejestrowanego z CPc w pierwszym (A) oraz drugim (B) uśrednieniu. Rząd dolny: Wyselekcjonowane i powiększone off-line (500nV/DIV) ścieżki zapisów komponentu N20 rejestrowanego z CPi w pierwszym (C) oraz drugim (D) uśrednieniu z zapisów SEP n. MED. u tej samej osoby pokazanych na rycinie 1.

There were also compared the marked time points of the N20 and N200 component through the superimposed the traces of the CPc and CPi selected from the SEPn.MED recordings with the same manner. This analysis was performed during the first and the second averaging (Figure 3). All the records are from the same subject as in figure 1.

Również w tym celu porównywano zaznaczone punkty czasowe N20 i N200 przez nakładanie ścieżek CPc i CPi selekcjonowanych z zapisów SEP n. MED., rejestrowanych przy pierwszym i drugim uśrednianiu (Rycina 3).

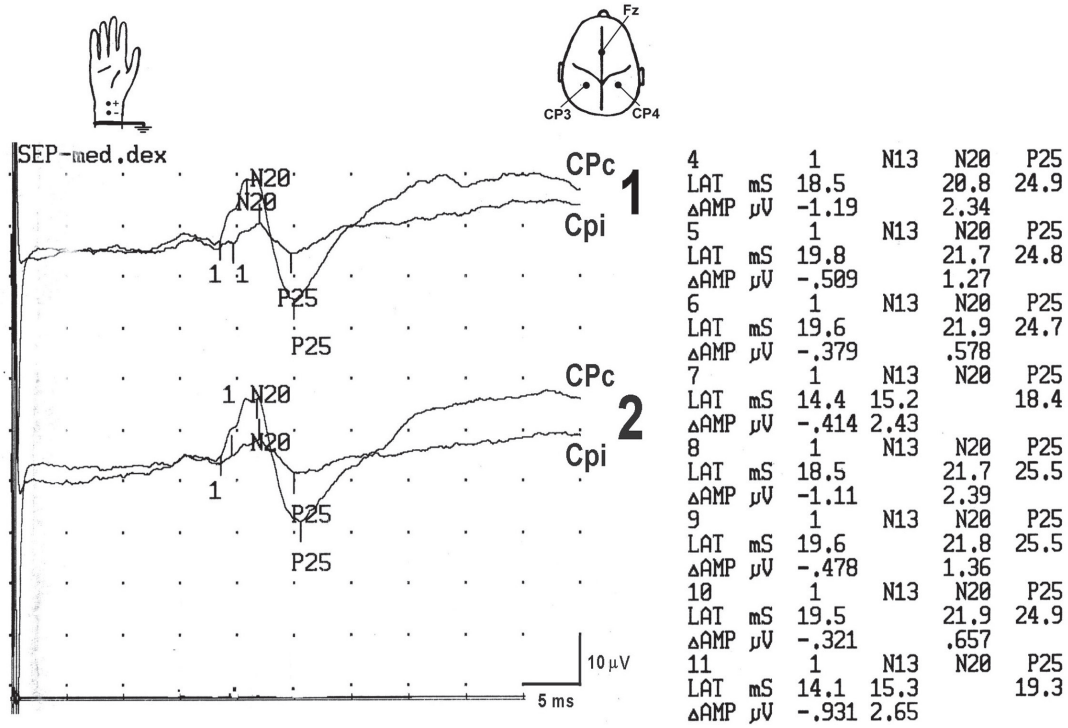


Figure 3. The selected off-line, superimposed traces from the CPc and the CPi, recorded at the first (1) and at the second (2) averaging. The shape of the N20 peak and the time point of the N200 recorded in the second (2) averaging differs in comparison with recorded in the first (1) averaging. The same subject's recordings as in figure 1 are presented.

Rycina 3. Wyselekcjonowane off-line, nałożone ścieżki z CPc i CPi zarejestrowane przy pierwszym (1) i drugim (2) uśrednianiu. Kształt iglicy CPi oraz punktu czasowego znacznika N200 rejestrowane w drugim (2) uśrednieniu różnią się w porównaniu z rejestrowanymi w uśrednieniu pierwszym (1). Zapisy wykonano u tej samej osoby, które pokazano na rycinie 1.

Statistical analysis

Because of the normal distribution of the all analyzed variables, only the parametric methods were employed. In the all tests the hypotheses were verified on the level of significance at α=0,05. The comparison of the latencies between the several recording variables was executed using the t-test for paired samples. The force of the relationship between the variables was assessed using the lin-

Analiza statystyczna

Z uwagi na normalny rozkład wszystkich poddawanych analizie zmiennych, we wnioskowaniu statystycznym stosowano wyłącznie metody parametryczne. Hipotezy we wszystkich testach statystycznych weryfikowano na poziomie istotności α=0,05. Porównanie czasu latencji pomiędzy poszczególnymi wariantami rejestracji przeprowadzono przy użyciu testu t dla zmiennych sparowanych.

ear Pearson correlation coefficient. Multiple regression analysis for height and age were performed for the N20 and N200 latencies. The statistical analyses were performed based on the StatSoft of Polska STATISTICA 6.0 (2002).

Wpływ zmiennych niezależnych tj. wzrostu i wieku na zmienną zależną tj. latencję punktu czasowego N20o i N20, oceniano metodą statystycznej regresji wielokrotnej. Siłę związku pomiędzy zmiennymi oceniano za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona. Analizy statystycznej dokonano w oparciu o pakiet STATISTICA 6.0 firmy StatSoft Polska (2002).

RESULTS

The N200 and N20 latency differencies

From the examinations of the 20 persons the SEP n. MED recordings were obtained with simultaneously recorded four traces from CPc, Cz, CPi and CV6. Only the N200 and N20 latencies recorded from CPc and CPi were analyzed following stimulation of median nerve. The mean values and standard deviations were calculated for each of the 8 variables of component N20 and subcomponent N200 with the reference to the side of stimulation and recordings (Table I).

Table I. Denotations of variables used in tables and charts.

Variable	Component	Stimulation site	Recording site
N20oCPcP	N20o	right P	CPc
N20oCPiP	N20o	right P	CPi
N20oCPcL	N20o	left L	CPc
N20oCPiL	N20o	left L	CPi
N20CPcP	N20	right P	CPc
N20CPiP	N20	right P	CPi
N20CPcL	N20	left L	CPc
N20CPiL	N20	left L	CPi

For each of the 8 ascertained variables of latencies there were counted mean values (Table II). The results of paired samples T-test for applicable pairs of components are presented in table III.

WYNIKI

Różnice latencji N200 i N20

Z przeprowadzonych badań u 20 osób otrzymano ogółem 80 zapisów SEP n. MED. czterokanałowych, rejestrowanych jednoczasowo z CPc, Cz, CPi oraz CV6. Analizowano tylko latencje N20 i N200, rejestrowane jednoczasowo z CPc i CPi po stymulacji prawego i lewego n. med. Obliczano 8 wariantów latencji komponentu N20 i subkomponentu N200 w odniesieniu do stron stymulacji i rejestracji (Tabela I).

Tabela I. Oznaczenia komponentów używane w tabelach i rycinach.

Zmienna	Składowa	Miejsce stymulacji	Miejsce rejestracji
N20oCPcP	N20o	prawa P	CPc
N20oCPiP	N20o	prawa P	CPi
N20oCPcL	N20o	lewa L	CPc
N20oCPiL	N20o	lewa L	CPi
N20CPcP	N20	prawa P	CPc
N20CPiP	N20	prawa P	CPi
N20CPcL	N20	lewa L	CPc
N20CPiL	N20	lewa L	CPi

Dla każdego z ustalonych 8 wariantów latencji obliczono wartości średnie (Tabela II). Odpowiadające sobie czasy latencji porównano ze sobą parami, ze względu na rejestrowany komponent, stronę stymulacji oraz stronę rejestracji latencji N20 i N200 obliczone dla CPc i CPi w odpowiedzi na jednostronną stymulację n. pośrodkowego, obliczając istotność występujących pomiędzy nimi różnic (Tabela III).

Table II. Means and standard deviations for each component.

Variable denotation	Mean	Standard deviation
N20oCPcP	17,10	1,24
N20oCPiP	17,80	1,71
N20oCPcL	17,03	1,08
N20oCPiL	17,82	1,78
N20CPcP	19,71	1,14
N20CPiP	19,66	1,29
N20CPcL	19,63	0,97
N20CPiL	19,90	2,01

Tabela II. Średnie i odchylenia standardowe obliczone dla każdego komponentu.

Badana zmienna	Średnia	Odchylenie standardowe
N20oCPcP	17,10	1,24
N20oCPiP	17,80	1,71
N20oCPcL	17,03	1,08
N20oCPiL	17,82	1,78
N20CPcP	19,71	1,14
N20CPiP	19,66	1,29
N20CPcL	19,63	0,97
N20CPiL	19,90	2,01

Table III. Results of paired samples T-test for applicable pairs of components.

Variable	Comparison of pairs	p value
Component N20o vs N20	N20oCPcP - N20CPcP	<0,001
	N20oCPiP - N20CPiP	<0,001
	N20oCPcL - N20CPcL	<0,001
	N20oCPiL - N20CPiL	<0,001
Stimulation side P vs L	N20oCPcP - N20oCPcL	
	N20oCPiP - N20oCPiL	
	N20CPcP - N20CPcL	
	N20CPiP - N20CPiL	
Recording side CPc vs CPi	N20oCPcP - N20oCPiP	0,004
	N20oCPcL - N20oCPiL	0,028
	N20CPcP - N20CPiP	
	N20CPcL - N20CPiL	

Tabela III. Wyniki obliczeń testem T par komponentów odpowiednio zastawionych.

Zmienna	Porównanie par	Wartość p
Składowa N20o vs N20	N20oCPcP - N20CPcP	<0,001
	N20oCPiP - N20CPiP	<0,001
	N20oCPcL - N20CPcL	<0,001
	N20oCPiL - N20CPiL	<0,001
Strona stymulacji P vs L	N20oCPcP - N20oCPcL	
	N20oCPiP - N20oCPiL	
	N20CPcP - N20CPcL	
	N20CPiP - N20CPiL	
Strona rejestracji CPc vs CPi	N20oCPcP - N20oCPiP	0,004
	N20oCPcL - N20oCPiL	0,028
	N20CPcP - N20CPiP	
	N20CPcL - N20CPiL	

There were also calculated median values, interquartile distribution, border values and divergences for the time latencies of each of the 8 variables (Figure 4).

Obliczono również medianę, rozstęp międzykwartylny, wartości skrajne oraz przypadki odstające obliczonych latencji wg ustalonych 8 różnych wariantów (Rycina 4).

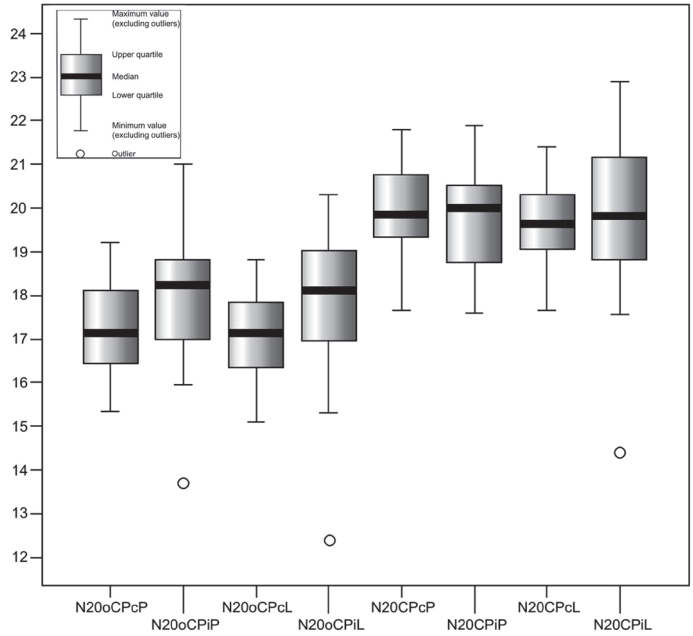
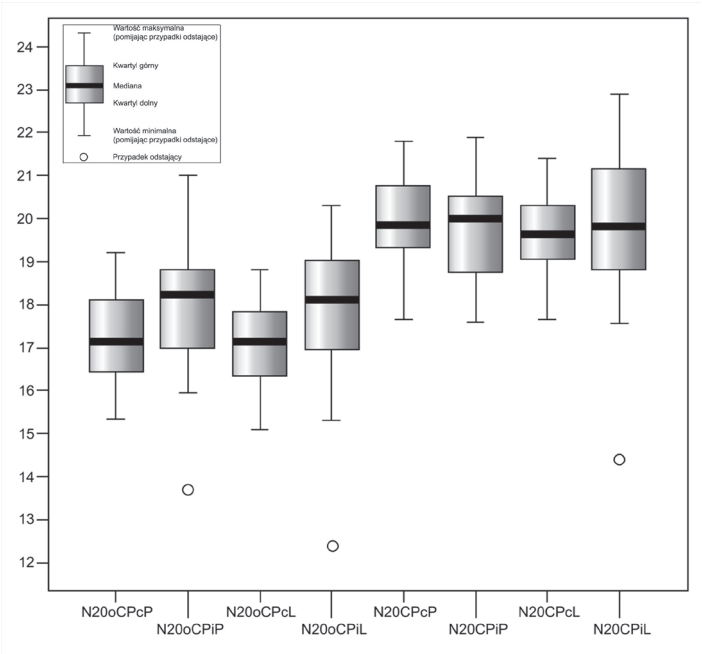


Figure 4. Boxplots for values of latencies for each component. Medians, lower and upper quartiles, minimum, maximum and outliers for each variable are provided. Descriptions of components, sides of recordings and stimulations are the same as in table I.



Rycina 4. Rozkład wartości 8 wariantów latencji. Przedstawiono odpowiadające tym wartościom mediany, górne i dolne kwartyle, wartości maksymalne i minimalne (pomijające przypadki odstające). Oznaczenia komponentów, stron rejestracji i stymulacji są takie same jak w tabeli I.

Correlations of the N200 and N20 latencies with age and height

There were assessed the linear reciprocal dependencies between age and height of the examined persons and the latencies of N200 subcomponent. On the basis of the Pearson's correlation coefficients the signifficancy of these variables were calculated (Table IV). There was no correlation found between the latency of N200 and age. As for the personal height, there was found the significant high correlation with the latency of N200 subcomponent recorded from both contra- and ipsilateral hemispheres of brain with no respect to the n. med. stimulation side (Table IV).

Table IV. Correlations between values of latencies for each component and age or height of examined subjects. Pearsoń's correlations coefficients (r) and p-values for significant correlations are provided.

Pairs of variables	Correlation coefficient of Pearson (r)	p value
Age x N20oCPcP	0,25	
Age x N20oCPiP	0,10	
Age x N20oCPcL	0,10	
Age x N20oCPiL	0,01	
Height x N20oCPcP	0,53	0,014
Height x N20oCPiP	0,53	0,011
Height x N20oCPcL	0,69	0,001
Height x N20oCPiL	0,56	0,01

The stability of the N200 and N20 latencies

For the assessment of the intersubject stability of the N200 and N20 latencies in relation to the age and the height, the multiple regression analysis was applied. As an index was the F statistics utilized. The higher the value of the F statistic is, this indicates the lower part of unexplained variation regression, and therefore greater stability of the estimated inter-variable, neglecting the variability arising from differences in age and height. Detailed results are presented in table V.

Korelacje latencji N200 i N20 z wiekiem i wzrostem

Oceniono również wzajemne liniowe zależności pomiędzy wiekiem badanej osoby i jej wzrostem a rejestrowanymi wartościami latencji subkomponentu N200. Na podstawie obliczeń współczynników korelacji Pearsona określony został poziom istotności tych współczynników. Nie wykazano korelacji pomiędzy wartością latencji subkomponentu N200 a wiekiem. W przypadku wzrostu osobniczego, stwierdzono istotną statystycznie wysoką korelację z wartością latencji subkomponentu N200, rejestrowanego z zarówno kontralateralnej jak i ipsilateralnej półkuli mózgu, bez względu na stronę stymulacji n. med. (Tabela IV).

Tabela IV. Korelacje między latencjami każdego komponentu oraz wieku i wzrostu badanych osób. Zaprezentowano współczynniki korelacji Pearsona (r) oraz wartości p dla korelacji znamiennych istotnie.

Pary zmiennych	Współczynnik korelacji (r) Pearsona	Wartość p
Wiek x N20oCPcP	0,25	
Wiek x N20oCPiP	0,10	
Wiek x N20oCPcL	0,10	
Wiek x N20oCPiL	0,01	
Wzrost x N20oCPcP	0,53	0,014
Wzrost x N20oCPiP	0,53	0,011
Wzrost x N20oCPcL	0,69	0,001
Wzrost x N20oCPiL	0,56	0,01

Stabilność latencji N200 i N20

Analiza regresji czasów latencji poszczególnych komponentów względem wieku i wzrostu posłużyła do oceny ich międzyosobniczej stabilności. Jako wskaźnik wykorzystano tutaj statystykę F, zdefiniowaną jako stosunek odchyleń średniokwadratowych regresji i resztowego. Wyższa wartość statystyki F wskazuje na mniejszy udział zmienności niewyjaśnionej regresją, a tym samym większą stabilność międzyosobniczą szacowanej zmiennej, przy pominięciu zmienności wynikającej z różnic wieku i wzrostu. Porównywanie wartości statystyki F pomiędzy poszczególnymi modelami regresji jest możliwe z uwagi na taki sam rozkład tej sta-

tystyki we wszystkich modelach, uwarunkowany taką samą liczbą stopni swobody. Porównując poszczególne modele uwzględniono także standaryzowane współczynniki równania regresji β (βwiek i βwzrost), jako wskaźniki udziału odpowiednich zmiennych w wyjaśnianiu zmienności czasu latencji w tych modelach. Szczegółowe wyniki przedstawia tabela V.

Table V. Summary of regression models developed for each component. Age and height were included as independent variables. F-statistics and standardized coefficients of regression equation (beta) are provided.

Recording side	Stimulation side	N200			
		F	b age	b height	b age / b height
CPc	P	5,443	0,313	0,565	0,55
	L	8,995	0,209	0,717	0,29
CPi	P	4,095	0,143	0,54	0,26
	L	4,054	0,091	0,574	0,16

Recording side	Stimulation side	N20			
		F	b age	b height	b age / b height
CPc	P	24,996	0,502	0,724	0,69
	L	16,505	0,505	0,714	0,71
CPi	P	19,362	0,411	0,739	0,56
	L	2,379	0,392	0,318	1,23

Tabela V. Podsumowanie modeli regresji wielorakiej dla N200 i N20. Wiek i wzrost stanowią zmienne niezależne. Przedstawiono statystykę F i standaryzowane współczynniki równania regresji.

Strona rejestracji	Strona stymulacji	N200			
		F	b wiek	b wzrost	b wiek/ b wzrost
CPc	P	5,443	0,313	0,565	0,55
	L	8,995	0,209	0,717	0,29
CPi	P	4,095	0,143	0,54	0,26
	L	4,054	0,091	0,574	0,16

Strona rejestracji	Strona stymulacji	N20			
		F	b wiek	b wzrost	b wiek/ b wzrost
CPc	P	24,996	0,502	0,724	0,69
	L	16,505	0,505	0,714	0,71
CPi	P	19,362	0,411	0,739	0,56
	L	2,379	0,392	0,318	1,23

Normograms

Following the development of normograms by Sonoo et al. (1996), despite a small group of subjects an attempt was made to construct them for N20 and N200 latencies in relation to the age and height (Figure 5). Shaping the normograms is very sensitive to the individual test of examined subject and the results proved to be the case of the highly unstable in our analysis. However, it was assumed to be reasonable to create such a heuristic analysis, leading to the own standards, which is important for each diagnostic facility.

Normogramy

Wzorując się na opracowaniu normogramów przez Sonoo i wsp. (1996), pomimo niewielkiej grupy osób badanych, podjęto próbę ich skonstruowania dla latencji N20 i N200 pod względem wieku i wzrostu (Rycina 5). Kształtowanie normogramów jest bardzo wrażliwe na indywidualne wyniki badanych i okazało się być w przypadku naszej analizy wysoce niestabilne. Uznano jednak za uzasadnione wskazanie tego heurystycznego opracowania, prowadzącego do ustalenia własnych norm, niezbędnych w każdej placówce diagnostycznej.

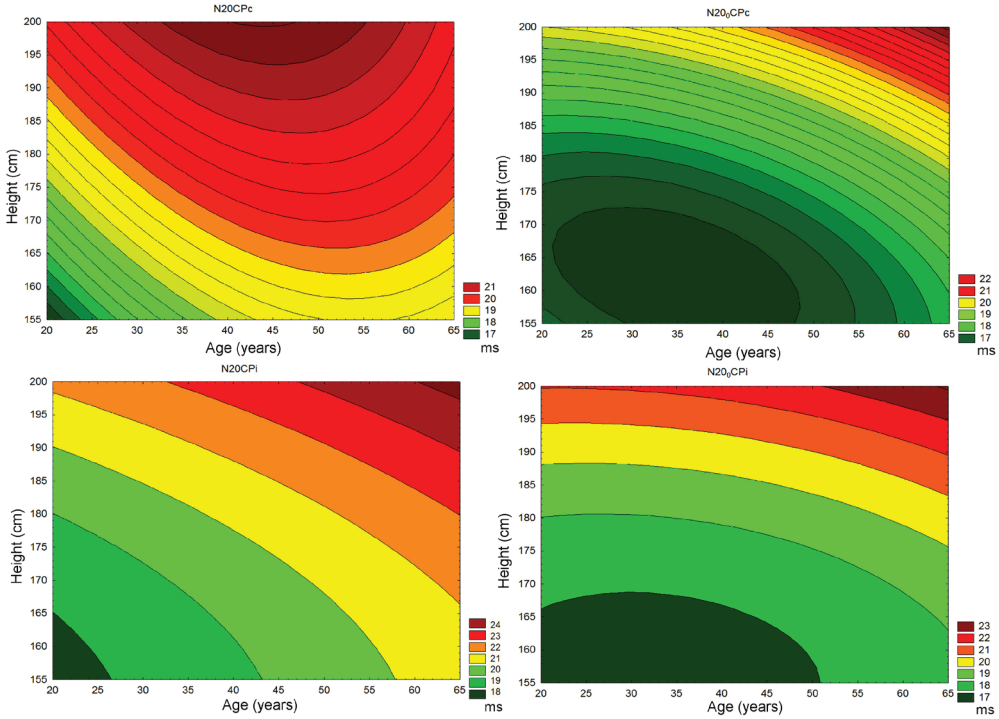
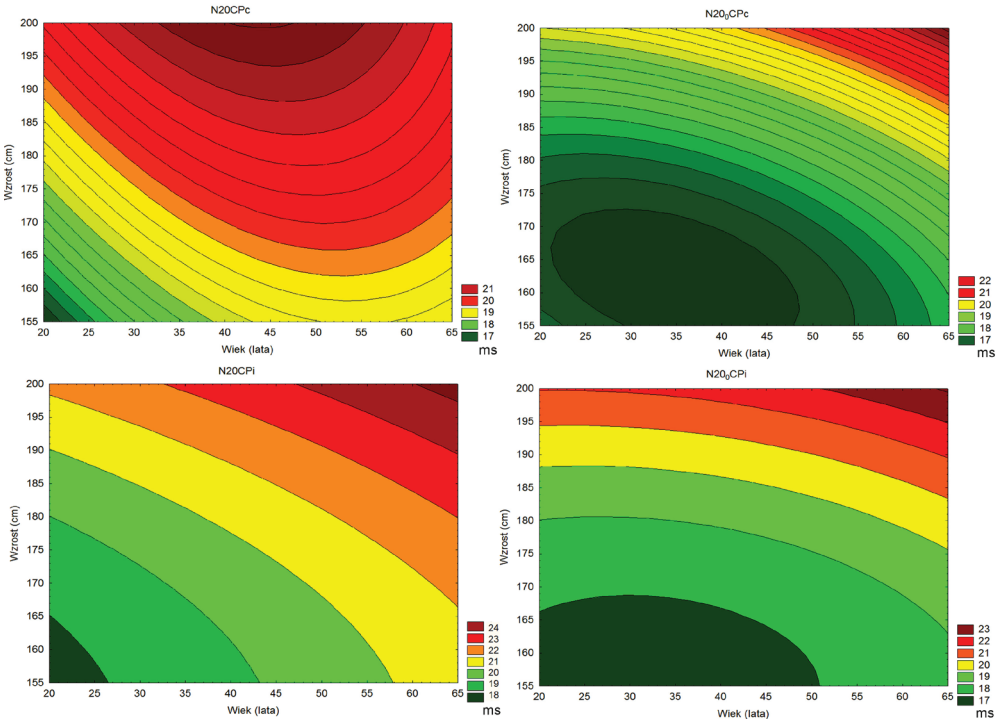


Figure 5. Normograms of N20 and N200 latencies for recordings from the contralateral (CPC) and ipsila teral (CPI) hemispheres in relation to the age and height of 20 tested healthy adults.



Rycina 5. Normogramy latencji N20 i N200 dla rejestracji z kontralateralnej (CPc) i ipsilateralnej (CPi) półkuli mózgu, w odniesieniu do wieku i wzrostu badanych zdrowych 20 osób dorosłych.

DISCUSSION

Basing on the observations initiated in 2002, in 2004 we revealed that in the healthy adults the N200 latency is the measurable parameter of the SEP following n. MED stimulation. It was demonstrated that subcomponent N200 have longer latency on the side of the ipsilateral hemisphere to the side of median nerve stimulation. It was also demonstrated the different characteristics of the N200 latency asymmetry in the healthy adults and the poststroke patients. Therefore, we decided to verify the results of preliminary clinical observations on the interhemispheric asymmetry of the N200 subcomponent latency, with the larger group of the healthy adults. It was ackowledged, that interhemispheric asymmetry of the N200 latency is increased on the CPi scalp side (WL-N200) of the healthy adult persons, what constitutes the new SEP n. MED standard parameter. The WL-N200 can probably be useful for the comparison of the interhemispheric characteristics of asymmetry in cortical or subcortical somatosensory functional organization.

Identification of the N200 vs N20

Standard timing components of SEP n. MED. by most of authors were selected arbitrarily, based on the adopted a priori hypothesis regarding exogenous generators of these evoked potentials (Allison i wsp. 1989; Sonoo i wsp. 1996). In accordance with Sonoo et al. (1996) the standard time parameters should fulfill the two requirements: 1) the component should be always recorded and its time point unequivocally determined in every healthy person; 2) the results of the measurements of the component latency should show little intersubject and intrasubject variability. Acceptation of such pattern of procedure in our examinations was limited only for assessment of the N200 and N20 latencies recorded simultaneously from the CPc and CPi (Figure 1). In the current literature dealing with the routinely performed SEP n. MED. clinical examination, the N200 subcomponent has never been described and its latency accurately measured. Independently from identification of the N200 by Sonoo et al (1996, 1997), the N20 is still the topic, most frequently analyzed component. When compared with the results obtained in the invasive examinations (Nihashi et al 2005), the N20 component was recorded considerably frequently. When we recorded the N20 component, we could identify the N200, by its observation during the averaging

DYSKUSJA

W wyniku prowadzonych od 2002 badań pilotowych, w roku 2004 wykazaliśmy (Kinalski i wsp. 2004), że u zdrowych osób dorosłych latencja subkomponentu N200 jest mierzalnym parametrem zapisu SEP n. MED., wykazującą dłuższą latencję po stronie półkuli mózgu ipsilateralnej do strony stymulowanego n.pośrodkowego. Wykazaliśmy także odmienne charakterystyki asymetryczności latencji N200 u osób dorosłych zdrowych i u pacjentów po przebytym udarze niedokrwiennym mózgu. Skłoniło to nas do zweryfikowania wyników wstępnych obserwacji klinicznych i przeprowadzenia badań asymetrii międzypółkulowej latencji subkomponentu N200 u większej liczby osób dorosłych zdrowych. Założyliśmy hipotetycznie, że wydłużenie latencji N200 może być parametrem czasowym zapisu SEP n. MED., przydatnym w kwantyfikowaniu funkcjonalnej organizacji neuronowych sieci somatosensorycznych w mózgu człowieka.

Identyfikacja N200

Standardowe parametry czasowe komponentów SEP n. MED. były przez większość autorów selekcjonowane arbitralnie, w oparciu o przyjętą a priori hipotezę dotyczącą generatorów tych egzogennych potencjałów wywołanych (Allison i wsp. 1989; Sonoo i wsp. 1996). Zgodnie z Sonoo et al. (1996) standardowe parametry czasowe powinny spełnić dwa warunki: 1) składnik powinien być zawsze rejestrowany, a jego wartość jednoznacznie określona u każdej zdrowej osoby; 2) wyniki pomiarów latencji komponentu powinny wykazywać niewielką zmienność wewnątrzosobniczą i międzyosobniczą. Akceptacja takiego wzorca postępowania w naszych badań była ograniczona tylko do oceny latencji N200 i N20, rejestrowane jednocześnie z CPC i CPI (Rycina 1). W dostępnej literaturze traktującej o SEP n. MED. w badaniach klinicznych, subkomponenta N200 nigdy nie została opisana, a jej latencja dokładnie mierzona. Niezależnie od identyfikacji N200 przez Sonoo et al (1996, 1997), N20 jest wciąż komponentą najczęściej analizowaną. W porównaniu z wynikami uzyskanymi w badaniach inwazyjnych fMRI przez Nihashi i wsp. (2005), składnik N20 zanotowano znacznie częściej. Podczas naszych rejestracji składowej N20, mogliśmy zidentyfikować N200, w trakcie obserwacji podczas uśrednienia potencjałów przy odprowadzeniach

the CPc-Fz and the CPi-Fz traces especially (Figure 1). Thus we have identified the N200 before the response habituation, which might be the result of the frequent impulse repetition (Noachtar et al 1997). Moreover, we could verify the concordance of the marked N200 and N20 time points on the off-line amplified, superimposed traces using the two modes (Figure 2A-D and Figure 3). The filters used in our electromyograph enabled observation that the visible notches are the HFO discharges.

Comparison of the N200 and N20 latencies

The latency values of N200 and N20 components are different (Table III). However the statistical analysis of the calculated values of the 8 latency variables has proved, that regardless to the side of n.med. stimulation, especially the N200 latency is signifficantly longer when recorded on the CPi side (Table I and III, Figure 1). We have compared the shapes and the notches of the N20 peaks recorded in the first and the second averaging. We have frequently noticed the intrasubjective occurrence the N20 peak shape variability (Figure 2 A-D and Figure 3). In our opinion, this N20 shape intrasubject variability can be interpreted in the light of the results of the analysis in the experimentally evoked potentials in rats (Wypych and Wróbel 2004). The information about the impulse, that activizes the SI brain cortex piramidal neurones, overlaps its actual arousal state. Through this, the succesive impulses can elicit the different peak shapes. It is convergent with the newest hypotheses that suggests that the processing of the sensory information is caried on simultaneously in the broad areas of the brain cortex, connected by the active net of the cortico-cortical horizontal connections (Arieli 2004, David et al 2003).

CPC-Fz i CPI-Fz (Rycina 1). W ten sposób zidentyfikowaliśmy N200 przed wystąpieniem habituacji odpowiedzi, co mogło być efektem częstego powtarzania impulsów (Noachtar i wsp. 1997). Mogliśmy zweryfikować zgodność zaznaczonych latencji N200 i N20 w wzmocnionych rejestracjach off-line, z wykorzystaniem metody nałożenia w dwóch trybach (Rycina 2A-D i Rycina 3). Filtry stosowane w naszym elektomiogfafie umożliwiły obserwację widocznych załamków nie będących wyładowaniami HFO.

Porównanie latencji N20 i N200

Wartości latencji N20o i N20 są różne (Tabela III). Analiza statystyczna wartości 8 wariantów latencji ustalonych na podstawie zapisów SEP n. MED. rejestrowanych jednocześnie z CPc i CPi wykazała, że bez względu na stronę stymulacji n.med., latencja N200 jest istotnie dłuższa po stronie półkuli mózgu ipsilateralnej (Tabele I i II, Rycina 1). Zauważaliśmy często wewnątrzosobniczo występującą zmienność kształtów i załamków szczytu komponentu N20 (Rycina2 A-D i Rycina 3). Rejestrowane w zapisach SEP n. MED. osób dorosłych zdrowych latencje komponentu N20 i subkomponentu N200 wykazują małą zmienność międzyosobniczą. Latencje standardowe wyselekcjonowane na podstawie małej zmienności międzyosobniczej wykazują także małą zmienność wewnątrzosobniczą. Stwierdzili to Sonoo i wsp. (1997) na podstawie porównywania wyników badań SEP n. MED. u 6 osób. Badania powtarzali od 2 do 4 razy w różnych dniach, stymulując tylko jeden lewy nerw pośrodkowy. Takich obserwacji nie przeprowadzaliśmy w prezentowanej obecnie pracy. Porównywaliśmy natomiast kształty iglic negatywnych tych samych komponentów zarejestrowanych przy uśrednianiu pierwszym i drugim. Sądzimy, że występującą zmienność wewnątrzosobniczą kształtów i latencji N20 można interpretować na podstawie wyników badań doświadczalnych, dotyczących wybranych metod analizy potencjałów wywołanych (Wypych i Wróbel, 2004). Informacja o bodźcu po dotarciu do rejestrowanej grupy neuronów, nakłada się na ich aktualny stan wzbudzeń, przez to kolejne bodźce wywołują odpowiedź o różnym kształcie (Wypych i Wróbel, 2004). Jest to zgodne z najnowszymi hipotezami sugerującymi, że przetwarzanie informacji zmyslowej odbywa się jednocześnie w dużych obszarach kory mózgu związanych z aktywacją sieci połączeń poziomych (Arieli 2004, David i wsp. 2003).

The influence of the age and height on the N20 and N200 latency

Sonoo et al (1996) have used the multiple regression analysis for detection of influence of age, height and gender on N20 and N200 characteristics. We have used this method of statistical calculation but only for age and height. In the observed group of 20 persons, the values of the N200 latency, in most persons, have evidenced independency from the age. However we demonstrated the statistically significant high correlation between the height and N200 latency, recorded from the contralateral as well as from ipsilateral brain hemisphere and regardless to the side of median nerve stimulation (Table IV).

The results of the F statistics have showed to be higher in case of the N20 component in comparison with the N200 subcomponent (Table V). The low value of the F statistic for the N20 latency at the left median nerve stimulation and the record from CPi was accidental and resultied from single record rather that it is different significantly from the others.

Wpływ wieku i wzrostu na czasy latencji N20 i N200

Sonoo i wsp. w celu obiektywnego wyselekcjonowania standardowych wartości latencji N20 i N200 zastosowali analizę regresji wielokrotnej. Wykorzystaliśmy tą metodę obliczeń statystycznych w odniesieniu do wieku i wzrostu obserwowanych. Wyniki tych obliczeń wykazały, że tylko w przypadku wzrostu stwierdzono istotną statystycznie wysoką korelację z latencją subkomponentu N200, i to rejestrowanego zarówno sponad kontralateralnej jak i ipsilateralnej półkuli mózgu bez względu na stronę stymulacji n.med. (Tabela IV).

Korelacje z wiekiem osobniczym były natomiast słabe i nie udało się wykazać ich statystycznej istotności w badanej grupie 20 osób. Innymi słowy, wartości subkomponentu N200 są bardziej niezależne od wieku w większości badanych przypadków. Wartość statystyki F jest zdecydowanie wyższa w przypadku komponentu N20 niż subkomponentu N200 (Tabela V). Niska wartość statystyki F dla latencji N20 przy stymulacji lewostronnej i rejestracji z CPi jest przypadkowa i wynika z pojedynczego zapisu różniącego się istotnie od innych.

Interhemispheric asymmetry of the N20 and N200 latency

Different authors with the different clinical methods investigated the phenomenon of the structural and functional asymmetry of the healthy human brain (Springer and Deutsch 2005 a,b). We have demonstrated that unilateral median nerve stimulation in healthy adults caused in both brain hemispheres the N200 subcomponent in evoked potential, but with the signifficantly longer latency on the CPi side (Table II, Figure 4).

It seems that the asymmetry of the N200 latency introduces this time parameter of the SEP n. MED from clinical examination, into the catalogue of the brain asymmetry investigation. Assessed in this context, the results of our SEP n. MED examinations are compatible with the results of the MEG (Kanno et al 2003, 2004) and fMRI (Jung et al 2003) clinical examinations. Besides the identification of localization of N20 generator(s), the researchers also analyzed the neural paths which input activates them. The results of the noninvasive MEG examinations demonstrated, that these inputs passed via the callosal fibers and they derivate directly from the hand into the 3b area of the ipsilateral brain hemi-

Asymetryczność międzypółkulowa latencji N20 i N200

Wielu autorów z wykorzystaniem różnych metod klinicznych badało zjawisko strukturalnej i funkcjonalnej asymetrii zdrowego ludzkiego mózgu (Springer i Deutsch 2005, a,b). Wykazano, że stymulacja jednostronna nerwów pośrodkowych u zdrowych osób dorosłych spowodowała generowanie subkomponenty N200 w obu półkulach mózgu, ale z znacząco dłuższym opóźnieniem po stronie CPI (Tabela II, Rycina 4).

Wydaje się, że asymetria latencji N200 wprowadza nowy parametr czasowy SEP n. MED. z dziedziny badań klinicznych do katalogu narzędzi badawczych asymetrii mózgu. Oceniane w tym kontekście wyniki naszych SEP n. MED są zgodne z wynikami MEG (Kanno i wsp. 2003, 2004) i fMRI (Jung i wsp. 2003). Oprócz identyfikacji lokalizacji generatora (ów) N20, badacze przeanalizowali również szlaki neuronalne, które je aktywują. Wyniki badań nieinwazyjnych MEG wykazały, że te szlaki przebiegają w obrębie włókien ciała modzelowatego i tworzą połączenia z obszaru unerwienia ręki do obszaru 3b półkuli ipsilateralnej mózgu (Wilkström i wsp. 1997). Z drugiej strony, wyniki inwazyjnych badań

sphere (Wilkström et al 1997). On the other hand, the results of the invasive electroencephalographic (ECoG) clinical examinations claim that the anatomical neuronal path of the ipsilateral responses is not known (Noachtar et al 1997). The neural paths through the corpus callosum, in connection with the handedness and implications dealing with the poststroke neurorehabilitation was provided by Derakhshan (2005) and widely described by Emori et al (1991). The authors emphasize the distinction between neural and behavioural handedness.

In our opinion it is reasonably to interpret the interhemispheric asymmetry of the N200 subcomponent latency in the light of the data mentioned above. The clinical electrophysiological SEP n. MED examinations performed using the 4-channel electromyograph are comparable with MEG and fMRI, but neurophysiologiczal studies are more accessible and inexpensive. The SEP n. MED examination is noninvasive, performed in the real time of neurons activation and measured with the accuracy of tenth parts of millisecond. Our method of the N200 subcomponent recordings simultaneously from CPc and CPi significantly contribute for the investigation of the functional asymmetry in the neuronal web of the brain somatosensory system.

CONCLUSIONS

The latency values of N20 component and N200 subcomponent differentiates very signifficantly. The side of median nerve stimulation do not influences on the latency value of the N20 and the N200 regardless for the side of brain hemisphere from where the response is recorded. Following unilateral median nerve stimulation, the N20 component and N200 subcomponent simultaneously recorded from the brain hemispheres bilaterally, revealed interhemispheric differencies of their latencies but not equally signifficant. Only the N200 latency is signifficantly longer on the side of the ipsilateral brain hemisphere. The correlations between the height and the N200 latency values are statistically signifficant. However the correlations between the age and the N200 latency values are not statistically signifficant. The intersubject stability of the N20 component latency value is higher then the N200 subcomponent, but assessed only to the height and the age. The interhemispheric asymmetry of the N200 subcomponent latency can create the new time parameter of the assessment of the median nerve somatosensory evoked potentials in healthy adults who declare right handedness.

elektroencefalograficznych (ECoG) potwierdzają, że anatomiczne szlaki neuronalne odpowiedzi ipsilateralnej nie są znane (Noachtar i wsp. 1997). Szlaki neuronalne przez ciało modzelowate, w powiązaniu z lateralizacją ruchową i implikacjami do poudarowej neurorehabilitacji opisał szeroko Derakhshan (2005) oraz Emori et al (1991). Autorzy podkreślają różnicę między lateralizacją neuronalną i behawioralną.

W naszej opinii, racjonalna interpretacja asymetrii międzypółkulowej latencji N200 jest oparta o dane wymienione powyżej. Kliniczne badania neurofizjologiczne SEP n. MED wykonane za pomocą czterokanałowego elektromiografu są porównywalne z wynikami badań MEG i fMRI, ale badania neurofizjologiczne są bardziej dostępne i niedrogie. SEP n. MED jest badaniem nieinwazyjnym, wykonywanym w czasie rzeczywistym aktywacji neuronów, mierzonym z dokładnością do dziesiątych części milisekundy. Nasza metoda rejestracji subkomponentu N200 jednocześnie z CPC i CPI znacznie przyczynia się do badania asymetrii funkcjonalnej w sieci neuronalnej somatosensorycznej mózgu.

WNIOSKI

Wartości latencji komponentu N20 i subkomponentu N200 różnią się znacząco. Strona stymulacji nerwu pośrodkowego nie wpływa na wartość latencji komponentu N20 i subkomponentu N200 niezależnie od tego, czy są one rejestrowane z kontralateralnej czy ipsilateralnej półkuli mózgu. Przy jednostronnej stymulacji nerwu pośrodkowego, rejestrowany jednocześnie z półkuli kontralateralnej i ipsilateralnej mózgu komponent N20 i subkomponent N200, wykazują międzypółkulowe różnice latencji ale nie jednakowo istotne. Strona rejestracji ma istotny wpływ na wartość latencji, ale tylko dla subkomponentu N200. Wartość latencji subkomponentu N200 jest istotnie dłuższa po stronie ipsilateralnej półkuli mózgu. Korelacje między wzrostem a wartością latencji N200 są istotne statystycznie, natomiast nie są istotne statystycznie korelacje między wartością latencji tego subkomponentu a wiekiem. Oceniana tylko w odniesieniu do wzrostu i wieku stabilność między osobnicza wartości latencji komponentu N20 jest większa niż subkomponentu N200.

Asymetria międzypółkulowa latencji subkomponentu N200 może stanowić nowy parametr czaso-

wy oceny somatosensorycznych potencjałów wywołanych stymulacją nerwu pośrodkowego u osób zdrowych, deklarujących praworęczność.

Acknowledgements

The authors thank Katarzyna Felkner for her excellent maintenance and technical assistance. The thanks are also directed to the staff personel of the Rehabilitation Department of Jędrzej Śniadecki District Hospital in Białystok, who were volunteers in the examinations. The work was partly supported by funds from Ludwig Rydygier Collegium Medicum in Bydgoszcz of the Nicolaus Copernicus University in Toruń, for statutory activity of Clinical Neurophysiology Chair and Department. The project have received in 2002 an approval from the Bioethics Committee of the Nicolaus Copernicus Ludwig Rydygier Collegium Medicum in Bydgoszcz (Opinion:KB/393/2002 prolonged in February 24, 2005).

Podziękowania

Autorzy dziękują mgr Katarzynie Felkner za współudział w technicznym przeprowadzaniu każdego badania oraz pracownikom Oddziału Rehabilitacji Leczniczej Samodzielnego Publicznego Szpitala Zespolonego im. Jędrzeja Śniadeckiego w Białymstoku, którzy byli woluntariuszami tych badań. Prace zostały w części sfinansowane ze środków Collegium Medicum Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz na działalność statutową Katedry i Zakładu Neurofizjologii Klinicznej. Na wykonanie projektu w 2002 roku otrzymaliśmy zgodę od Komisji Bioetycznej działającej w Collegium Medicum Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy (Opinia: KB / 393/2002 przedłużony w 24 lutego 2005).

REFERENCES

Allison T., McCarthy G., Wood C.C., Darcey T.M., Spencer D.D., Williamson P.D., On the neural origin of early components of the human somatosensory evoked potential, In: Desmedt J.E. (Ed.) Clinical uses of cerebral, brainstem and spinal somatosensory evoked potentials, Prog Clin Neurophysiol, Karger Basel, 1980;7:51-68.

Anderson D.C., Bundle S., Rockswold G.L., Multimodality Evoked Potentials in Closed Head Trauma. Arch Neurol, 1984; 41: 369-374.

Arieli A., Ongoing activity and the „state of mind": the role of spontaneously emerging cortical states in visual perception and motor action. Acta Neurobiol Exp, 2004; 64:290-291.

Cichy S.W., Wochnik-Dyjas D. Rutynowe badanie somatosensorycznych potencjałów wywołanych u osobników zdrowych. Część I. Nerw pośrodkowy. Neur Neurochir Pol, 1991; 25: 163-171.

Cichy S.W., Wpływ wieku i wzrostu na somatosensoryczne potencjały wywołane, Neur Neurochir Pol, 1992; 26: 458-465.

David O., Cosmelli D, Hasboun D, Garnero L., A multitrial analysis for revealing significant corticocortical networks in magnetoencephalography and electroencephalography, Neuroimage, 2003; 20: 186-201.

Derakhshan I., Laterality of Motor Control Revisited: Directionality of Callosal Traffic and Its Rehabilitative Implications, Top Stroke Rehabil, 2005; 12: 76-82.

PIŚMIENNICTWO

Allison T., McCarthy G., Wood C.C., Darcey T.M., Spencer D.D., Williamson P.D., On the neural origin of early components of the human somatosensory evoked potential, In: Desmedt J.E. (Ed.) Clinical uses of cerebral, brainstem and spinal somatosensory evoked potentials, Prog Clin Neurophysiol, Karger Basel, 1980;7:51-68.

Anderson D.C., Bundle S., Rockswold G.L., Multimodality Evoked Potentials in Closed Head Trauma. Arch Neurol, 1984; 41: 369-374.

Arieli A., Ongoing activity and the „state of mind": the role of spontaneously emerging cortical states in visual perception and motor action. Acta Neurobiol Exp, 2004; 64:290-291.

Cichy S.W., Wochnik-Dyjas D. Rutynowe badanie somatosensorycznych potencjałów wywołanych u osobników zdrowych. Część I. Nerw pośrodkowy. Neur Neurochir Pol, 1991; 25: 163-171.

Cichy S.W., Wpływ wieku i wzrostu na somatosensoryczne potencjały wywołane, Neur Neurochir Pol, 1992; 26: 458-465.

David O., Cosmelli D, Hasboun D, Garnero L., A multitrial analysis for revealing significant corticocortical networks in magnetoencephalography and electroencephalography, Neuroimage, 2003; 20: 186-201.

Derakhshan I., Laterality of Motor Control Revisited: Directionality of Callosal Traffic and Its Rehabilitative Implications, Top Stroke Rehabil, 2005; 12: 76-82.

Desmedt J.E., Cheron G., Central Somatosensory Conduction In Man: Neural Generators And Interpeak Latencies Of The Far-Field Components Recorded From Neck And Right Or Left Scalp And Earlobes, Electroenceph clin Neurophysiol, 1980; 50: 382-403.

Emori T., Yamada T., Seki Yojiro T., Yasuhara A., Ando K., Honda Y., Leis A.A., Vachatimanont P., Recovery functions of fast frequency potentials in the initial negative wave of median SEP. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1991; 78: 116-123.

Jones S.J., Short latency potentials recorded from the neck and scalp following median nerve stimulation in man, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1977; 43: 853-863.

Jung P., Baumgärtner U., Bauermann T., Magerl W., Gawehn J., Stoeter P., and Treede R.D., Asymmetry in the human primary somatosensory cortex and handedness, Neuroimage, 2003; 19: 913-923.

Kanno A., Nakasato N., Hatanaka K., Yoshimoto T., Ipsilateral Area 3b Responses to Median Nerve Somatosensory Stimulation, Neuroimage, 2003; 18: 169-177.

Kanno A, Nakasato N, Nagamine Y, Tominaga T., Non-transcallosal ipsilateral area 3b responses to median nerve stimulus, J Clin Neurosci, 2004; 11; 868-871.

Kinalski R., Pietrzak D., Zimnoch R., Pogorzelski G., Domian K., Somatosensoryczne potencjały wywołane u osób zdrowych i pacjentów po udarze mózgu: nowe narzędzie oceny latencji komponentu N20, Postępy Rehabilitacji, 2004; 18: 41-42.

Korvenoja A., Wikström H., Huttunen J., Virtanan J., Laine P., Aronen H.J., Seppäläinen A.M. Ilmoniemi R.J., Activation of ipsilateral primary sensorimotor cortex by median nerve stimulation, NeuroReport, 1995; 6: 2589-2593.

Mauguiére F., Allison T., Babiloni C., Buchner H., Eisen A.A., Goodin D.S., Jones S.J., Kakigi R., Matsuoka S., Nuwer M., Rossini P.M., Shibasaki H., Somatosensory evoked potentials. In: Deuschl G, Eisen A. (Eds.). Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 2nd Revised and Enlarged Edition, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1999; 52:79-90.

Nihashi T., Naganawa S., Sato C., Kawai H., Nakamura T., Fukatsu H., Ishigaki T., Aoki I., Contralateral and ipsilateral responses in primary somatosensory cortex following electrical median nerve stimulation-an fMRI study, Clinical Neurophysiology, 2005;

Desmedt J.E., Cheron G., Central Somatosensory Conduction In Man: Neural Generators And Interpeak Latencies Of The Far-Field Components Recorded From Neck And Right Or Left Scalp And Earlobes, Electroenceph clin Neurophysiol, 1980; 50: 382-403.

Emori T., Yamada T., Seki Yojiro T., Yasuhara A., Ando K., Honda Y., Leis A.A., Vachatimanont P., Recovery functions of fast frequency potentials in the initial negative wave of median SEP. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1991; 78: 116-123.

Jones S.J., Short latency potentials recorded from the neck and scalp following median nerve stimulation in man, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1977; 43: 853-863.

Jung P., Baumgärtner U., Bauermann T., Magerl W., Gawehn J., Stoeter P., and Treede R.D., Asymmetry in the human primary somatosensory cortex and handedness, Neuroimage, 2003; 19: 913-923.

Kanno A., Nakasato N., Hatanaka K., Yoshimoto T., Ipsilateral Area 3b Responses to Median Nerve Somatosensory Stimulation, Neuroimage, 2003; 18: 169-177.

Kanno A, Nakasato N, Nagamine Y, Tominaga T., Non-transcallosal ipsilateral area 3b responses to median nerve stimulus, J Clin Neurosci, 2004; 11; 868-871.

Kinalski R., Pietrzak D., Zimnoch R., Pogorzelski G., Domian K., Somatosensoryczne potencjały wywołane u osób zdrowych i pacjentów po udarze mózgu: nowe narzędzie oceny latencji komponentu N20, Postępy Rehabilitacji, 2004; 18: 41-42.

Korvenoja A., Wikström H., Huttunen J., Virtanan J., Laine P., Aronen H.J., Seppäläinen A.M. Ilmoniemi R.J., Activation of ipsilateral primary sensorimotor cortex by median nerve stimulation, NeuroReport, 1995; 6: 2589-2593.

Mauguiére F., Allison T., Babiloni C., Buchner H., Eisen A.A., Goodin D.S., Jones S.J., Kakigi R., Matsuoka S., Nuwer M., Rossini P.M., Shibasaki H., Somatosensory evoked potentials. In: Deuschl G, Eisen A. (Eds.). Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 2nd Revised and Enlarged Edition, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1999; 52:79-90.

Nihashi T., Naganawa S., Sato C., Kawai H., Nakamura T., Fukatsu H., Ishigaki T., Aoki I., Contralateral and ipsilateral responses in primary somatosensory cortex following electrical median nerve stimulation-an fMRI study, Clinical Neurophysiology, 2005;

116: 842-848.

Noachtar S., Lüders H.O., Dinner D.S., Klem G., Ipsilateral median somatosensory evoked potentials recorded from human somatosensory cortex. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1997; 104: 189-198.

Nuwer M.R., Comi G., Emerson R., Fuglsang-Frederiksen A., Guérit J.M., Hinrichs H., Ikeda A., Luccas F.J.C. and Rappelsberger P., IFCN standards for digital recording of clinical EEG. In: Deuschl G., Eisen A. (Eds.), Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 2nd Revised and Enlarged Edition. Electroenceph Clin Neurophysiol, 1999; 52:11-14.

Sonno M., Kobayashi M., Genba-Shimizu K., Mannen T., Shimizu T., Detailed analysis of the latencies of median nerve somatosensory evoked potential components, 1. Selection of the best standard parameters and the establishment of normal values, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1996; 100: 319-331.

Sonno M., Genba-Shimizu K., Mannen T., Shimizu T., Detailed analysis of the latencies of median nerve somatosensory evoked potantial components, 2. Analysis of subcomponents of the P13/14 and N20 potentials, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1997; 104: 296-311.

Springer S.P., Deutsch G., Odkrycie asymetrii półkulowej. Obserwacje kliniczne. Lewy, prawy mózg, Wydawca Prószyński i S-ka S.A., Warszawa, 2005 a.

Springer S.P., Deutsch G., Badanie zjawiska asymetrii w zdrowym mózgu. Lewy, prawy mózg, Wydawca Prószyński i S-ka S.A., Warszawa 2005 b.

Tecchio F., Pasqualetti P., Pizzella V., Romani G.L., Rossini P.M., Morphology of somatosensory evoked fields: inter-hemispheric similarity as a parameter for physiological and pathological neural connectivity, Neuroscience Letters, 2000; 287: 203-206.

Wilkström H., Roine R.O., Salonen O., Aronen H.J., Virtanen J., Ilmoniemi R.J., Huttunen J., Somatosensory evoked magnetic fields to median nerve stimulation: interhemispheric differences in a normal population, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1997; 104:480-487.

Wypych M, Wróbel A., Identyfikacja stanu funkcjonalnego mózgu przy pomocy nowych metod analizy potencjałów wywołanych, Materiały Konferencji: „Nowe metody w neurobiologii", 2004: 49–55.

Corresponding author: Ryszard Kinalski, ul Wesoła 6/1, 15-306 Białystok

116: 842-848.

Noachtar S., Lüders H.O., Dinner D.S., Klem G., Ipsilateral median somatosensory evoked potentials recorded from human somatosensory cortex. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1997; 104: 189-198.

Nuwer M.R., Comi G., Emerson R., Fuglsang-Frederiksen A., Guérit J.M., Hinrichs H., Ikeda A., Luccas F.J.C. and Rappelsberger P., IFCN standards for digital recording of clinical EEG. In: Deuschl G., Eisen A. (Eds.), Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 2nd Revised and Enlarged Edition. Electroenceph Clin Neurophysiol, 1999; 52:11-14.

Sonno M., Kobayashi M., Genba-Shimizu K., Mannen T., Shimizu T., Detailed analysis of the latencies of median nerve somatosensory evoked potential components, 1. Selection of the best standard parameters and the establishment of normal values, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1996; 100: 319-331.

Sonno M., Genba-Shimizu K., Mannen T., Shimizu T., Detailed analysis of the latencies of median nerve somatosensory evoked potantial components, 2. Analysis of subcomponents of the P13/14 and N20 potentials, Electroenceph Clin Neurophysiol, 1997; 104: 296-311.

Springer S.P., Deutsch G., Odkrycie asymetrii półkulowej. Obserwacje kliniczne. Lewy, prawy mózg, Wydawca Prószyński i S-ka S.A., Warszawa, 2005 a.

Springer S.P., Deutsch G., Badanie zjawiska asymetrii w zdrowym mózgu. Lewy, prawy mózg, Wydawca Prószyński i S-ka S.A., Warszawa 2005 b.

Tecchio F., Pasqualetti P., Pizzella V., Romani G.L., Rossini P.M., Morphology of somatosensory evoked fields: inter-hemispheric similarity as a parameter for physiological and pathological neural connectivity, Neuroscience Letters, 2000; 287: 203-206.

Wilkström H., Roine R.O., Salonen O., Aronen H.J., Virtanen J., Ilmoniemi R.J., Huttunen J., Somatosensory evoked magnetic fields to median nerve stimulation: interhemispheric differences in a normal population, Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 1997; 104:480-487.

Wypych M, Wróbel A., Identyfikacja stanu funkcjonalnego mózgu przy pomocy nowych metod analizy potencjałów wywołanych, Materiały Konferencji: „Nowe metody w neurobiologii", 2004: 49–55.

Autor odpowiedzialny za korespondencję: Ryszard Kinalski, ul Wesoła 6/1, 15-306 Białystok