

Vpliv antropomorfoloških dejavnikov na lastnosti somatosenzoričnih evociranih potencialov medianega živca*

The Influence of Anthropomorphic Parameters on the Properties of Somatosensory Evoked Potentials of the Median Nerve

Alenka Strdin**, Igor Požek***

Deskriptorji
evocirani potenciali somatosenzorični
mediani živec
otrok
antropometrija

Descriptors
evoked potentials somatosensory
median nerve
child
anthropometry

Izveček. Somatosenzorične evocirane potenciale v pediatriji v Sloveniji uporabljajo že vrsto let. V naši raziskavi smo merili somatosenzorične evocirane potenciale po draženju medianega živca. Želeli smo določiti meje normalnih vrednosti za latence in amplitude glavnih vrhov v odvisnosti od starosti oziroma telesne višine. Meritve smo opravili na 24 nevrolško zdravih preiskovancih, starih od 2 do 14 let. Določali smo latence in amplitude vrhov N9, N13, N14 in N19 ter izračunali medpotencialne intervale N9-N13 in N13-N19. Ugotovili smo, da amplitude s telesno višino niso povezane. Latence vseh omenjenih vrhov in medpotencialni interval N9-N13 se s telesno višino večajo, medtem ko se medpotencialni interval N13-N19 pri preiskovancih, starejših od 3 let, s telesno višino ne spreminja. Povezave so prikazane grafično z vnesenimi mejami normalnih vrednosti.

Abstract. Somatosensory evoked potentials have been used in paediatrics in Slovenia for many years. In our study we measured the somatosensory evoked potentials on stimulation of the median nerve. The normal values for latencies and amplitudes of the main peaks were set in comparison to body height or/and age. The measurements were made on 24 neurologically free children, aged 2 to 14 years. Latencies and amplitudes of the peaks N9, N13, N14 and N19 were defined and interpeak latencies N9-N13 and N13-N19 were calculated. Our results show that amplitudes do not correlate with body height. Latencies of all the mentioned peaks and interpeak latency N9-N13 do grow with body height. Interpeak latency N13-N19 however does not change significantly with body height after the age of 3 years. The correlations are showed in the charts including limits of the normal values.

Uvod

Evocirani potenciali so tista nihanja električnega potenciala v centralnem živčnem sistemu (CŽS), ki so časovno vezana na dražljaj in jih zaznamo po draženju senzoričnih struktur (perifernih receptorjev, perifernih živcev, senzoričnih poti ali jeder). Ti potenciali imajo tako majhno amplitudo (1–10 mV), da jih v normalni aktivnosti EEG ne vidimo, zato je za njihovo zaznavanje potreben poseben način snemanja s povprečevanjem. Za klinično uporabo evocirane potenciale delimo na vidne in slušne (draženje perifernih receptorjev) ter somatosenzorične (draženje perifernih živcev).

Somatosenzorični evocirani potenciali (SEP) so se uveljavili na področju opredelitve mojen senzibilitete, kot dodatna diagnostična metoda pri določanju obolenj CŽS in pri od-

*Objavljeno delo je bilo nagrajeno s Prešernovo nagrado za študente v letu 1994.

**Alenka Strdin, štud. med., Inštitut za klinično nevrofiziologijo, Zaloška 7, 61105 Ljubljana

***Igor Požek, štud. med., Inštitut za klinično nevrofiziologijo, Zaloška 7, 61105 Ljubljana

krivanju klinično nemih motenj aferentnega sistema. Uporabljamo SEP po draženju medianega, ularnega ali radialnega živca na rokah in tibialnega ali peronealnega živca na nogah.

Evocirani potenciali so zelo spremenljivi; odvisni so od stanja preiskovanca v času preiskave in od tehnike preiskave. Zaradi tega je tehnika poenotena, dražljaji so točno določeni, preiskovanec mora biti med preiskavo čim bolj sproščen in miren. Odlikujejo se zaradi neodvisnosti zgodnjih komponent od budnosti in zato, ker na njih ne vplivajo centralno delujoča zdravila in spanje.

Anatomske in fiziološke osnove SEP

Dražljaj z jakostjo, ki se uporablja za SEP, vzburi samo najdebelejša mielinizirana vlakna v perifernem živcu (kožna in podkožna somatična in propioceptivna vlakna ter α -motorične aksone) (1). Dražljaji, ki bi bili dovolj močni za tvorbo aktivnosti v manjših vlaknih, so za klinično uporabo preboleči. Najmanjša (bolečinska – C) vlakna je nemogoče vzburi z električnimi dražljaji, ne da bi poškodovali kožo (1).

Celična telesa velikih živčnih vlaken ležijo v spinalnih ganglijih dorzalnih korenin perifernih živcev. Centralni izrastki takih nevronov se po vstopu v hrbtenjačo cepijo v krajši descendentni in daljši ascendentni krak. Ascendentni kraki potekajo navzgor po zadnjih stebričkih hrbtenjače na ipsilateralni strani. Na nove progovne nevrone se preključijo na meji s podaljšano hrbtenjačo (nukleus gracilis, nukleus kuneatus). Kmalu po izvoru vlakna drugega reda prehajajo na nasprotno stran (senzorično križanje) in potekajo nato skozi možgansko deblo v ventralno jedro talamusa kot medialni lemniskus. Vlakna tretjega reda se nadaljujejo iz ventralnega jedra talamusa v parietalno skorjo kot talamokortikalna pot (1).

Iz kliničnih raziskav na človeku obstaja le malo dokazov za dejstvo in proti njemu, da je opisana pot edina možna za prenos dražljajev, ki tvorijo SEP. Te raziskave so pokazale, da so nepravilnosti v SEP povezane z motnjami občutka za položaj sklepov, dotik in vibracije. Ne najdemo pa jih pri motnjah, ki prizadenejo občutljivost na temperaturo in bolečino (2, 3).

SEP po draženju medianega živca

SEP-krivulje posnamemo najlepše, če namestimo elektrode čim bližje predvidevanim generacijskim mestom v somatosenzorični poti. Zaznamo jih lahko s površinskimi elektrodami nad ustreznimi generacijskimi mesti (4). Merilne elektrode so lahko:

- Cc (C3' ali C4') točka, ki leži nad primarno senzorično skorjo v parietalnem režnju na kontralateralni strani draženja – za zaznavanje kortikalnih potencialov (4, 5),
- C2 (4, 6, 7), C5 (5, 7) in C7 (8) točke na zadnji strani vratu v mediani ravnini in ustreznih višinah – za zaznavanje cervikomedularnih potencialov,
- EP (Erbova točka), ki leži približno 2 cm nad sredino ključnice v supraklavikularni jami – za zaznavanje potenciala brahialnega pleteža (4, 7, 8).

Merilno elektrodo nato na skupnem kanalu povežemo z referenčno elektrodo in računalnik (diferencialni ojačevalnik) nam iz razlik amplitud na zaslonu izriše krivuljo. Kot re-

ferenčno elektrodo lahko uporabimo Cz (6, 9) in Fz (4, 5, 10, 11). Cz in Fz sta standardni EEG-elektrodi, ki ležita na skalpu v sagitalni ravnini med inionom in nazionom.

Za snemanje potrebujemo vsaj tri kanale, po svetu največ uporabljajo štiri, optimalno pa je šest do osem kanalov (4).

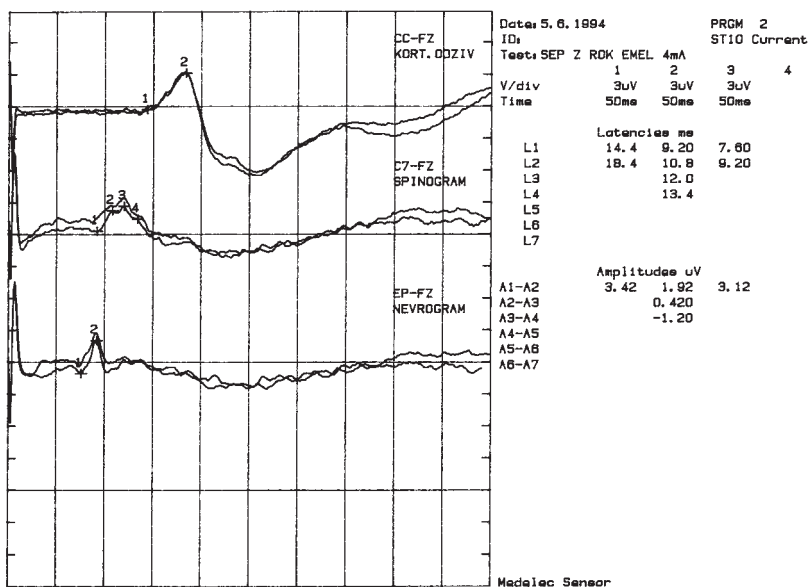
Osnovni trije kanali so (1, 8):

- kanal 1: Cc – Fz,
- kanal 2: C7 – Fz,
- kanal 3: EP – Fz.

Potencial brahialnega pleteža – periferni živec kot generator

Hitrost prevajanja po senzoričnih aferentnih vlaknih je takšna, da senzorični akcijski potencial prispe do hrbtnjenjače v času, krajšem od 15 ms. Prva komponenta SEP, ki jo zaznamo na vseh treh mestih merjenja (Erbova točka, vrat in skalp), ima latenco 9–10 ms in je zato verjetno perifernega izvora (13).

Nad Erbovo točko na ipsilateralni strani mesta draženja perifernega živca (s cefalično referenco) zaznamo dvofazni senzorični potencial s pozitivnim in negativnim vrhom (1, 6).



Slika 1. Posnetek SEP z leve roke pri 13 let starem, nevrolško zdravem preiskovancu. Jakost draženja je 3 mA, čas analize 50 ms, ojačanje 3 mV na razdelek. Spodaj: Potencial brahialnega pleteža na kanalu Erbova točka-Fz. 1 – referenčna točka za določanje amplitud, 2 – potencial N9. Sredina: Cervikomedularni potenciali na kanalu C7-Fz. 1 – referenčna točka za določanje amplitud, 2 – potencial N11, 3 – potencial N13, 4 – potencial N14. Zgoraj: Kortikotalamični potenciali na kanalu C4'-Fz. 1 – referenčna točka za določanje amplitud, 2 – potencial N19. Izmerjene latence in amplitude so navedene v originalnem zapisu na sliki.

Nad vratom in na skalpu zaznamo (z necefalično referenco) samo pozitivni odklon tega potenciala (P9) (7, 14, 15).

Opisani potencial predstavlja aktivnost aferentnega vala depolarizacije, ki potuje po vlaknih brahialnega pleteža pod merilnimi elektrodami (14). Potencial imenujejo **N9** (1, 6) po latenci njegove negativne komponente (slika 1).

Cervikomedularni potenciali – hrbtenjača in možgansko deblo kot generatorji

Dogajanje, ki ga po draženju medianega živca najlažje zaznamo nad drugim ali sedmim vratnim vretencem, je sestavljen negativni odgovor. Sestavljajo ga trije negativni vrhovi z latencami 11, 13 in 14 ms. Glede na polariteto in njihovo latenco jih imenujemo N11, N13 in N14 (13). Spredaj na vratu in na skalpu istočasno zaznamo pozitivne potenciale (1).

Vrh **N11** (slika 1) je prvi, ki ga zaznamo nad C7 in sledi vrhu N9 z latenco 2–3 ms (6, 14, 16, 18). Nekateri avtorji, ki so za snemanje uporabljali elektrode na skalpu (12, 17), ga imenujejo tudi P12, ker ima pozitivno polariteto in daljšo latenco kot nad vratno hrbtenico. Sklepamo lahko, da je generator tega vrha v hrbtenjači, ker je interval 2 ms prekratek, da bi aktivnost lahko dosegla zgornji del hrbtenjače ali možgansko deblo (13). Najbolj sprejeta hipoteza je, da je generator N11 aktivnost presinaptičnih senzoričnih nevronov (1, 6, 13).

Vrh **N13** (slika 1) je najvišji potencial, ki ga zaznamo nad vratno hrbtenjačo z referenčno elektrodo Fz in ima latenco 13 oziroma 14 ms po draženju medianega živca v zapetju (14, 18, 19). Večina avtorjev se strinja, da je generator vrha N13 zelo verjetno postsinaptično v področju sive substance zadnjih rogov hrbtenjače (1). Na skalpu zaznamo z isto latenco kot N13 pozitivni vrh P13.

Vrh **N14** (slika 1), ki ga zaznamo v zgornjem delu vratu, težko zaznamo ločeno od kortikalnega potenciala P14, vendar ga včasih jasno vidimo z uporabo necefalične referenčne elektrode (6). Verjetno je, da N14 predstavlja postsinaptično aktivnost v področju nukleusa kuneatusa, medtem ko je P14 rezultat pozitivnega polja, ki nastaja ob širjenju aferentnega vala depolarizacije po medialnem lemniskusu (18, 19).

Talamokortikalni potenciali – talamus in somatosenzorična skorja kot generatorji

Potenciali, generirani v medularnih in cerebralnih strukturah, imajo široko razporeditev po skalpu. Težko jih je preučujemo z referenčnimi cefaličnimi elektrodami, ker je aktivnost prisotna v obeh elektrodah (1).

Od necerebralnih generatorjev lahko na skalpu zaznamo potenciale P9 (potencial brahialnega pleteža), P12 (potencial zadnjih stebričkov hrbtenjače), P13 (potencial nukleusa kuneatusa) in P14 (potencial medialnega lemniskusa).

Po pozitivnem vrhu pri 13–14 ms se na vseh merilnih mestih na skalpu pojavi široka negativnost z vrhom pri 18–20 ms, ki je po mnenju večine avtorjev talamičnega izvora (1, 17, 18, 20, 21). Poimenovanja tega vrha so precej različna: N2, **N19** ali N20 (1) (slika 1).

Pozitivnost P22, ki sledi, je po mnenju večine generirana v možganski skorji (17, 18, 20–22). Je zelo spremenljiva in zato manj uporabna v klinični praksi (1).

Vpliv nepatoloških dejavnikov na rezultate SEP

Starost in višina preiskovanca

Odvisnost SEP od starosti in višine je različna pri majhnih otrocih do 2. ali 3. leta starosti kot pri starejših otrocih in odraslih.

Chiappa (1) in Gilmore (24) sta ugotovila, da so latence pri dojenčku in majhnem otroku močno odvisne od starosti. Za to navajata dva glavna razloga:

- zorenje živčnega sistema (povečanje števila in aktivnosti sinaps, mielinizacija perifernega in centralnega živčnega sistema, večanje premera živcev) in s tem večanje hitrosti prevajanja – periferni segmenti somatosenzorične poti dozoriyo prej kot centralni (1),
- sprememba dolžine živčnih poti, po katerih se prevajajo SEP.

Latence N9 in N13 se ne spreminjajo veliko od rojstva do 2. ali 3. leta starosti, nakar začnejo naraščati in dosežejo največje vrednosti pri starosti od 14 do 18 let (8, 25). Sprva je večanje hitrosti prevajanja (zaradi dozorevanja) sorazmerno z večanjem dolžine okončin (in s tem dolžine živčne poti), zato se latenci ne spreminjata. Kasneje, ko je živčevje že razvito, otrok pa še raste, se tudi latenci podaljšujeta. Hitrost prevajanja po perifernem živcu je pri novorojenčkih približno za polovico manjša kot pri odraslih; vrednost odraslega doseže pri približno 3 letih starosti (25).

Latenca N19 se v glavnem krajša do 2. ali 3. leta starosti, nato začne naraščati (25). Naraščanje latence je povezano z večanjem telesne višine in dolžine roke (1).

Medpotencialni interval N9-N13 se do 3. leta starosti ne spreminja, vendar so vrednosti nižje kot pri odraslih preiskovancih (1). Do te starosti se daljšanje časa prevajanja zaradi podaljševanja živčnih poti izenačuje s krajšanjem časa prevajanja zaradi zorenja živčnega sistema.

Medpotencialni interval N13-N19 (in s tem centralni čas prevajanja) se zmanjšuje od rojstva do 3. (1) oziroma do 8. leta starosti (26), nato se s starostjo ne spreminja več bistveno. Iz tega lahko sklepamo, da centralni živčni sistem dozori okoli 3. leta starosti (1).

Mnogo avtorjev je preučevalo povezave SEP potencialov z višino in starostjo na večjih otrocih in odraslih (1, 5, 27–30).

Pri preiskovancih, starih od 17 do 40 let, so Sunwoo in sodelavci (5) ugotovili, da so latence vrhov N9, N13, P13 in N20 odvisne od višine. Medpotencialni interval N9-N13 je bil prav tako odvisen od višine, medtem ko interval N13-N19 ne. Iz teh rezultatov so sklepali, da centralni čas prevajanja ni odvisen od višine, torej je prevajanje po perifernem živcu odgovorno za povezavo med latencami in višino.

Allison in sodelavci (27) so preučevali skupino preiskovancev, starih od 4 do 17 let, in ugotovili, da se medpotencialni interval N9-N13 podaljša za 30 ms na leto. Medpotencialni interval N13-N19 pa se zmanjša za 45 ms na leto. Po 17. letu se oba intervala ne spreminjata več.

Hume in sodelavci (28) so preučevali skupino preiskovancev, starih od 10 do 49 let, in navajajo, da se medpotencialni interval N13-N19 s starostjo ne spreminja. Mervaala in

sodelavci (29) in Zegers de Beyl in sodelavci (30) niso našli nobene povezave med medpotencialnim intervalom N13-N19 in višino oziroma starostjo.

Chiappa (1) navaja, da so pri zrelem živčnem sistemu vse zgoraj omenjene latence odvisne od višine, medtem ko povezanosti pri medpotencialnih intervalih ni opazil.

Tehnični dejavniki

SEP lahko izzovemo s fiziološkimi (dotik, raztezanje mišic) ali električnimi dražljaji. Za klinično nevrološko uporabo so primernejši električni dražljaji, ker jih lažje merimo in nadzorujemo in ker povzročajo čistejše potenciale z večjo amplitudo (4).

Jakost dražljaja je odvisna od preiskovančeve odzivnosti. Za večino perifernih živcev pri površinskem draženju zadostuje tok 5–15 mA (4). Spremembe v jakosti dražljaja imajo le malo vpliva na periferno hitrost prevajanja in s tem na latence SEP-komponent v območju od 14–30 ms (4). Amplitude vseh komponent se povečujejo v območju jakosti od senzorične meje do motoričnega odziva, naprej pa so od jakosti neodvisne (23).

Najprimernejša frekvenca dražljajev je 5 Hz (4), vendar lahko uporabljamo frekvence v širšem območju brez vidnih sprememb na zgodnjih komponentah SEP. Pri frekvencah nad 10 Hz so nekateri ugotovili zmanjšanje amplitud, a nobenih sprememb v latencah potencialov (17).

SEP-komponente imajo pomembno aktivnost v območju 25–2.500 Hz. Zato uporabljamo filtre: 1–30 Hz na spodnji meji in 3.000 Hz na zgornji meji. Če znižamo zgornji filter pod 2.500 Hz, opazimo izkrivljenje SEP-komponent. Če zvišamo spodnji filter na 100 ali 150 Hz, se na krivulji pojavi več manjših podkomponent (4).

Ostali dejavniki

Hitrosti prevajanja so značilno odvisne od temperature okončine. Z višanjem temperature narašča hitrost prevajanja po perifernem živcu in prav tako v CZŠ (1).

SEP komponente so neodvisne od centralno delujočih zdravil (1).

Namen raziskovalne naloge

Z nalogo smo želeli določiti meje normalnih vrednosti za meritve SEP po draženju medianega živca pri otrocih v slovenskem prostoru, saj le-te še niso bile sistematsko zbrane kljub dolgoletni uporabi SEP v pediatrični nevrologiji.

Istočasno smo želeli preučiti vpliv antropomorfoloških dejavnikov na posamezne potenciale. Iskali smo:

- povezavo izmerjenih latenc vrhov N9, N13, N14 in N19 s starostjo oziroma višino otroka,
- povezavo medpotencialnih intervalov N9-N13 in N13-N19 oziroma centralnega časa prevajanja z višino in starostjo,
- povezavo medpotencialnega intervala N13-N19 in latence N19 z višino temena,
- povezavo izmerjenih amplitud vrhov N9, N13, N14, N19 s starostjo oziroma višino,
- vpliv dozorevanja na centralni in periferni čas prevajanja.

Preiskovanci in metode

Preiskovanci

V raziskavo smo vključili 24 otrok prostovoljcev (8 deklic in 16 dečkov), starih od 2 do 14 let (srednja vrednost $8,8 \pm 3,4$ let), ki v anamnezi niso imeli nobenih nevroloških težav in so bili starosti primerno razviti. Otroci so bili bolniki Pediatrice klinike v Ljubljani ali Otroškega oddelka kirurških strok Kliničnega centra v Ljubljani. Pri načrtovanju raziskave smo upoštevali načela Helsinške deklaracije o raziskovalnem delu v medicini. Preiskovance in njihove starše smo seznanili z namenom in potekom preiskave, na katero so prostovoljno pristali. Raziskavo je odobrila Republiška komisija za medicinsko-etična vprašanja.

Vsem otrokom smo izmerili telesno višino in višino temena od sedmega vratnega vretenca do verteksa. Preiskovanci so bili visoki od 98 do 144 cm (srednja vrednost $134,1 \pm 20,0$ cm), z višino temena od 17 do 25 cm (srednja vrednost $21,0 \pm 1,9$ cm).

SEP smo snemali v topli in mirni sobi, kjer so preiskovanci udobno ležali. Vzpodbujali smo jih, naj se čim bolj sprostijo ali celo zaspijo. Pomirjeval nismo uporabljali.

Metodologija snemanja SEP

Draženje

Dražili smo mediani živec v zapestju. Za draženje smo uporabili površinsko bipolarno elektrodo. Namestili smo jo na zapestno gubo bližje palcu, tako, da je bila katoda bolj proksimalno kot anoda.

Uporabili smo električni dražljaj v obliki 300 ms trajajočega toka. Izbrali smo jakost dražljaja na meji motoričnega odziva (trzljaji palca). Večinoma smo uporabljali tok 2–3 mA. Frekvenca draženja je bila 2 Hz.

Merjenje

Za merilne elektrode smo uporabili standardne skledičaste Ag-AgCl-elektrode. Na roke in vrat smo jih namestili z lepilnimi trakovi, na glavo pa smo jih nalepili s kolodijem. Pred namestitvijo elektrod smo kožo dobro razmastili z acetonom, saj mastna koža močno poveča električno upornost. Upornost ni presegala $2 \text{ k}\Omega$.

Merilna mesta so bila:

- Erbova točka (v supraklavikularni kotanji) (EP),
- točka nad sedmim vratnim vretencem zadaj na vratu (C7),
- točki C3' oziroma C4' nad primarno somatosenzorično skorjo na kontralateralni strani mesta draženja.

Referenčno elektrodo smo namestili v točko Fz.

Merili smo v frekvenčnem območju 10–3.000 Hz.

Analiza

Vse meritve in analize smo opravili na aparatu »Medelec ER/94a SENSOR«. Povprečili smo 256 odgovorov na dražljaje. Čas analize je znašal 50 ms. Časovna ločljivost,

določena z »dwell time«, je znašala 0,1 ms (količnik med časom analize in številom točk v kanalu: 50 ms/512).

Na vsaki roki smo meritev opravili dvakrat in krivulji superponirali ter tako prikazali ponovljivost oziroma zanesljivost rezultatov (slika 1).

Po končani meritvi smo analizirali vrhove N9, N13, N14 in N19. Določili smo njihove absolutne latence, amplitude in medpotencialne intervale N9-N13 in N13-N19.

Rezultati

Meritve smo izvedli pri 24 preiskovancih na obeh rokah. Tako smo za vsako spremenljivko dobili 48 podatkov. Spremenljivke so bile:

- latence N9, N13, N14 in N19,
- amplitude N9, N13, N14 in N19.

Izračunali smo še medpotencialne intervale N9-N13 in N13-N19 iz razlik absolutnih latenc.

Kolmogorov-Smirnovov test je za vse podatke pokazal, da so normalno razporejeni.

Podatke leve in desne strani smo primerjali s t-testom. Med amplitudami N9, N13, N14 in N19; med medpotencialnimi intervali N9-N13 in N13-N19 ter med latencami N13, nismo dokazali statistično pomembnih razlik. Pri latentah N9, N14 in N19 pa smo ugotovili statistično pomembno razliko (N9: $t = -2,3$, $p = 0,03$; N14: $t = -2,2$, $p = 0,04$; N19: $t = -3,00$, $p = 0,006$). Latence desne strani so v povprečju daljše od latenc leve. Opisanih razlik si ne znamo razložiti; verjetno so posledica tehničnih napak.

Po pričakovanju smo opazili statistično zelo pomembno povezavo med starostjo in telesno višino preiskovancev, saj so bili preiskovanci otroci (faktor korelacije – $r = 0,939$). V nadaljevanju je tako prikazana le odvisnost merjenih spremenljivk od višine preiskovanca.

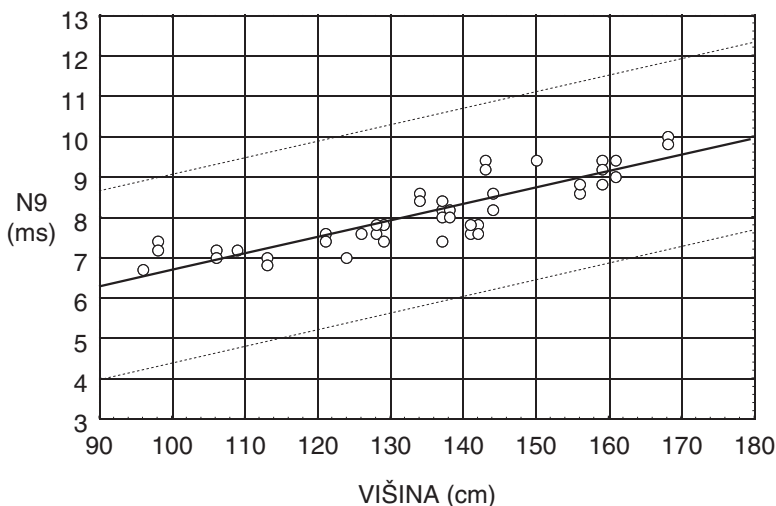
Rezultati so podani grafično. Na grafih, kjer so povezave statistično pomembne, smo zarisali linearne regresijske krivulje in določili meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije nad in pod regresijsko premico.

Latence N9, N13, N14 in N19

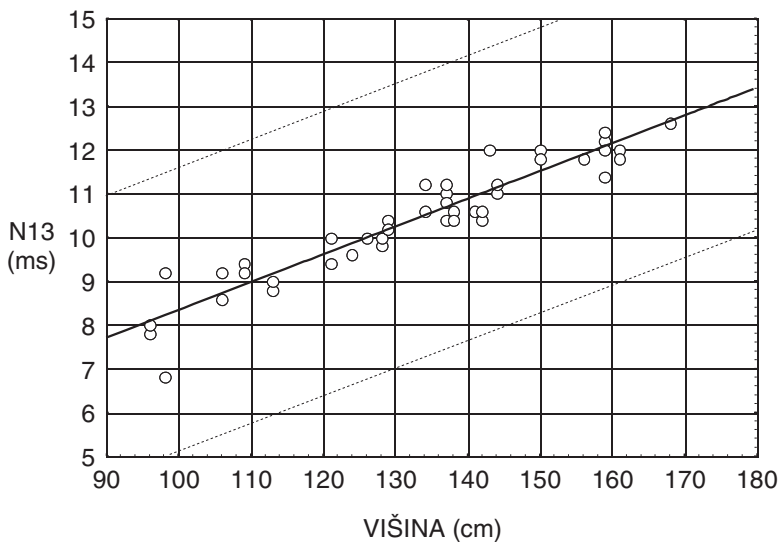
Latence N9, N13, N14 in N19 se povečujejo sorazmerno s telesno višino, v tem starostnem razredu torej tudi s starostjo. Na slikah od 2 do 5 so prikazane povezave med telesno višino in latencami vseh značilnih vrhov. Vse povezave so statistično pomembne s faktorji korelacije: N9 – $r = 0,878$; N13 – $r = 0,944$; N14 – $r = 0,872$; N19 – $r = 0,600$.

Na sliki 5, ki prikazuje kortikalni odziv (latenca N19) v odvisnosti od višine, vidimo, da so latence pri najmlajših dveh preiskovancih precej visoke in odstopajo od regresijske krivulje. Če te podatke izločimo, nam slika 6, ki prikazuje latence N19 v odvisnosti od telesne višine pri otrocih nad tremi leti starosti, pokaže mnogo boljšo korelacijo ($r = 0,824$).

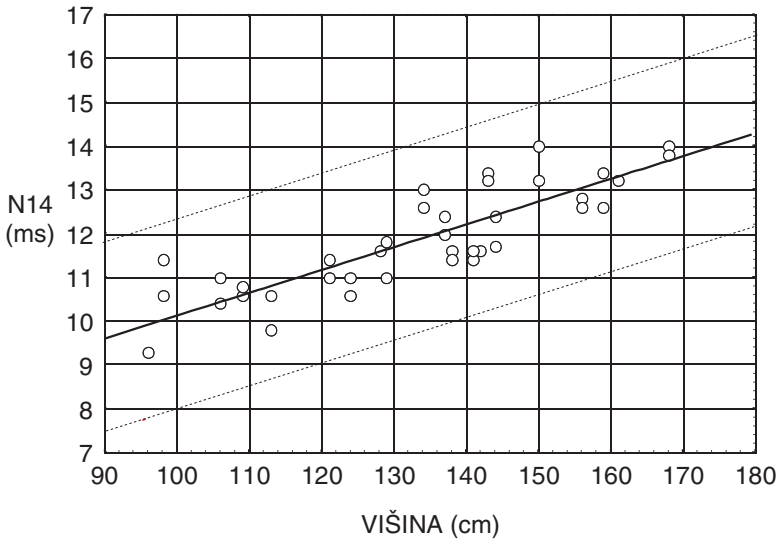
Med potencialom N19 in višino temena pri otrocih, starejših od 3 let, ni statistično pomembne povezave ($r = 0,279$, slika 7).



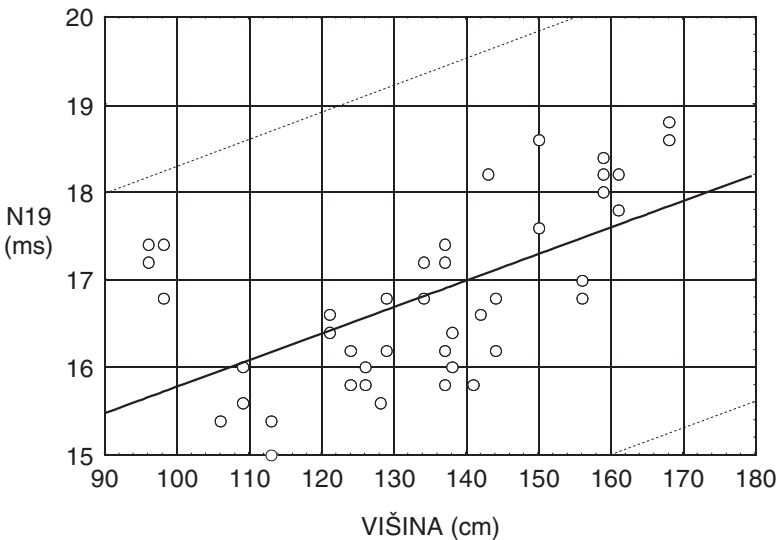
Slika 2. Odvisnost potenciala N9 od višine preiskovancev. Enačba premice: $N9 = 2,6098 + 0,0048 \times$ višina. Faktor korelacije: 0,878. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 0,918.



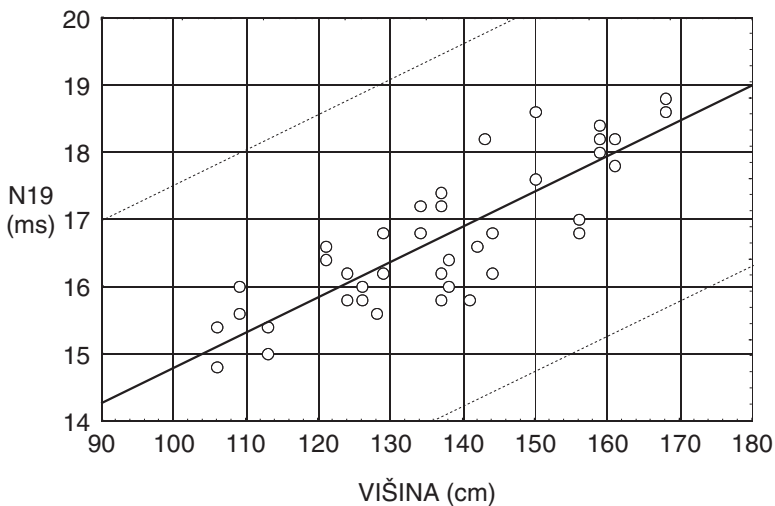
Slika 3. Odvisnost potenciala N13 od višine preiskovancev. Enačba premice: $N13 = 1,9926 + 0,0634 \times$ višina. Faktor korelacije: 0,944. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 1,329.



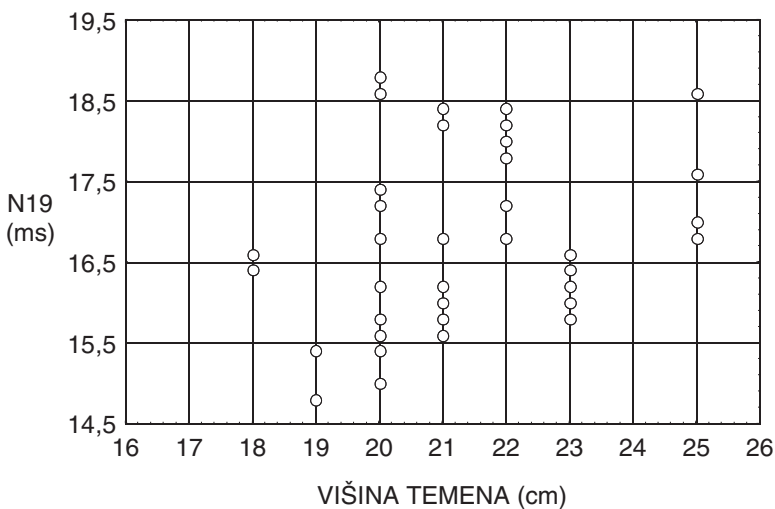
Slika 4. Odvisnost potenciala N14 od višine preiskovancev. Enačba premice: $N14 = 4,9077 + 0,0520 \times višina$. Faktor korelacije: 0,872. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 1,202.



Slika 5. Odvisnost potenciala N19 od višine preiskovancev. Enačba premice: $N19 = 12,4840 + 0,0321 \times višina$. Faktor korelacije: 0,600. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 1,056.



Slika 6. Odvisnost potenciala N19 od višine preiskovanca pri starosti nad 3. leta. Enačba premice: $N19 = 9,4359 + 0,0532 \times \text{višina}$. Faktor korelacije: 0,825. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 1,093



Slika 7. Odvisnost potenciala N19 od višine temena pri preiskovancih, starejših od 3. let. Faktor korelacije: 0,279.

Medpotencialni intervali N9-N13, N13-N19

Pomembno povezavo s telesno višino kaže tudi medpotencialni interval N9-N13 ($r = 0,752$; slika 8), pri preiskovancih, starih od 2 do 14 let. Vidimo, da se interval z višino veča.

Na sliki 9 je prikazan medpotencialni interval N13-N19 v odvisnosti od višine. Pri otrocih, starih od 2 do 14 let, je povezava negativna ($r = -0,594$). Podatki pri najmlajših dveh preiskovancih (2,2 in 2,5 let) precej odstopajo od regresijske krivulje, zato jih na sliki 10 nismo upoštevali. Iz te slike razberemo, da pri otrocih, starih od 3 do 14 let, med medpotencialnim intervalom N13-N19 in višino ni pomembnejše povezave, saj je faktor korelacije precej nižji ($r = -0,264$). Pri tej starostni skupini je medpotencialni interval neodvisen tudi od višine temena ($r = -0,391$; slika 11).

Amplitude N9, N13, N14 in N19

Opazovali smo tudi amplitude glavnih vrhov. Ugotovili nismo nobene statistično pomembne povezave s telesno višino in starostjo. Koeficienti korelacije znašajo: N9 – $r = 0,321$, N13 – $r = -0,173$, N14 – $r = -0,052$, N19 – $r = 0,277$. Variacije amplitud so med preiskovanci zelo očitne, zasledimo jih tudi pri istem preiskovancu med levo in desno roko.

Zaključki

Prikazali smo:

- da se latence N9, N13 in N14 podaljšujejo že od drugega leta starosti naprej sorazmerno s telesno višino otroka, latenca N19 pa kaže statistično pomembno povezavo z višino šele od 3. leta starosti naprej,
- da se medpotencialni interval N9-N13 od 2. do 14. leta starosti veča sorazmerno s telesno višino, medpotencialni interval N13-N19 (in s tem centralni čas prevajanja) pa se od 3. leta naprej s telesno višino bistveno ne spreminja, čeprav kaže regresijska premica rahel upad, ki ni statistično pomemben,
- da se latenca N19 in medpotencialni interval N13-N19 pri otrocih, starejših od 3 let, z višino temena ne spreminja.

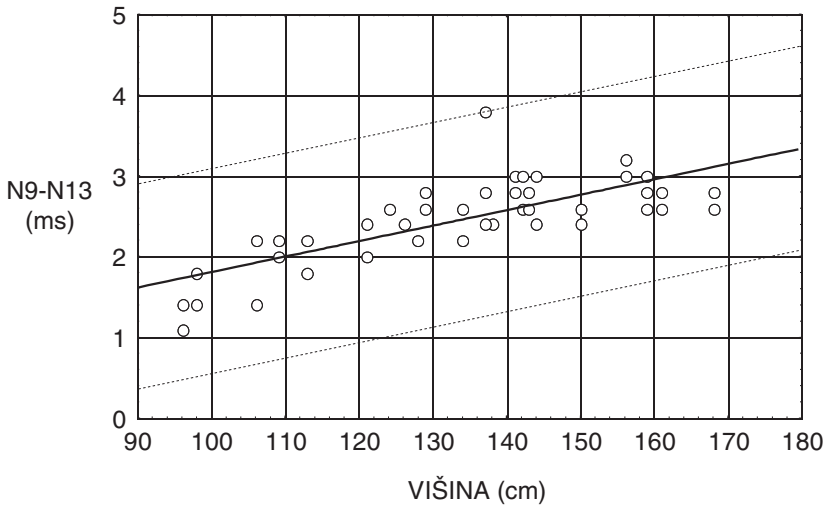
Rezultati naše raziskave sovpadajo z rezultati podobnih raziskav v svetu (1, 5, 7, 11, 29, 30).

Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da se latence večajo predvsem zaradi daljšanja periferne somatosenzorične poti in s tem daljšanja prevajanja po perifernem živcu, saj se centralni čas prevajanja (medpotencialni interval N13-N19) z višino ne spreminja. To hipotezo potrjujejo tudi:

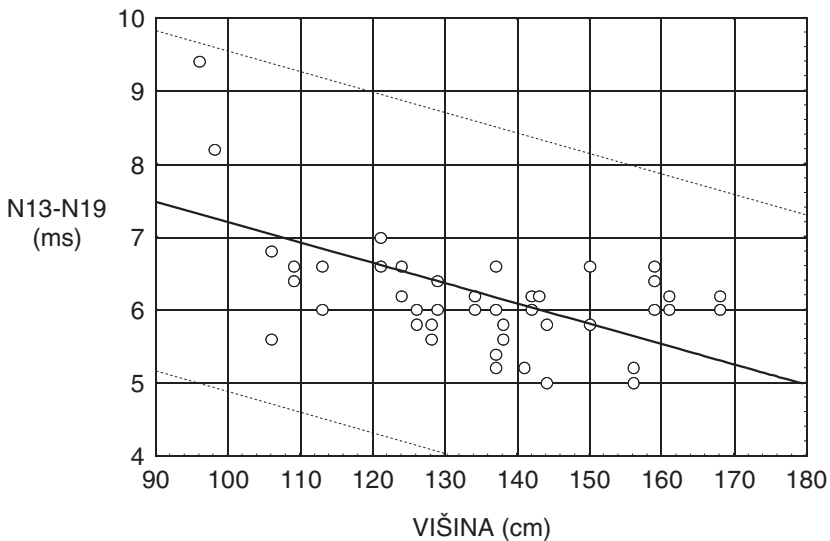
- slaba povezava med medpotencialnim intervalom N13-N19 in višino temena ($r = 0,39$),
- slaba povezava med latenco N19 in višino temena ($r = 0,18$).

Do podobnih zaključkov so prišli tudi Sunwoo in sodelavci (5).

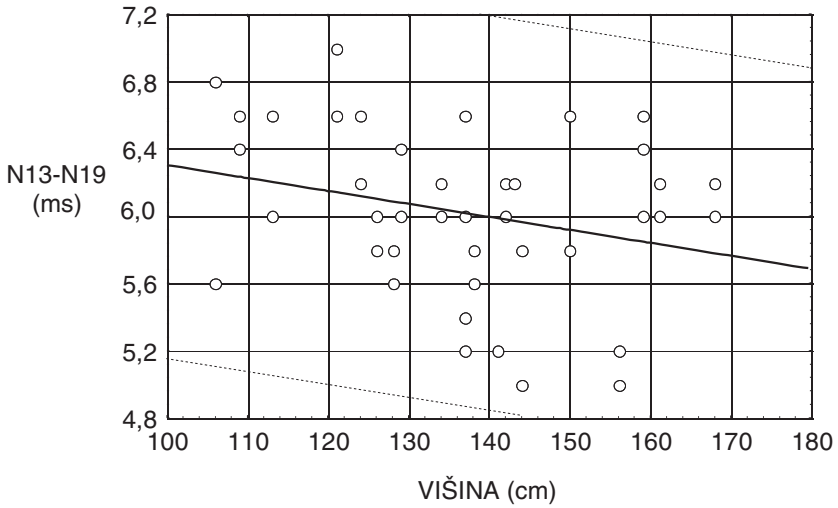
Podatki za latence in medpotencialne intervale pri najmlajših dveh preiskovancih (2,2 in 2,5 let) močno odstopajo od regresijskih krivulj (slika 5 in 9), zato jih na slikah 6, 7, 10 in 11 nismo upoštevali. Vidimo, da odstopajo samo tisti podatki, ki prikazujejo korti-



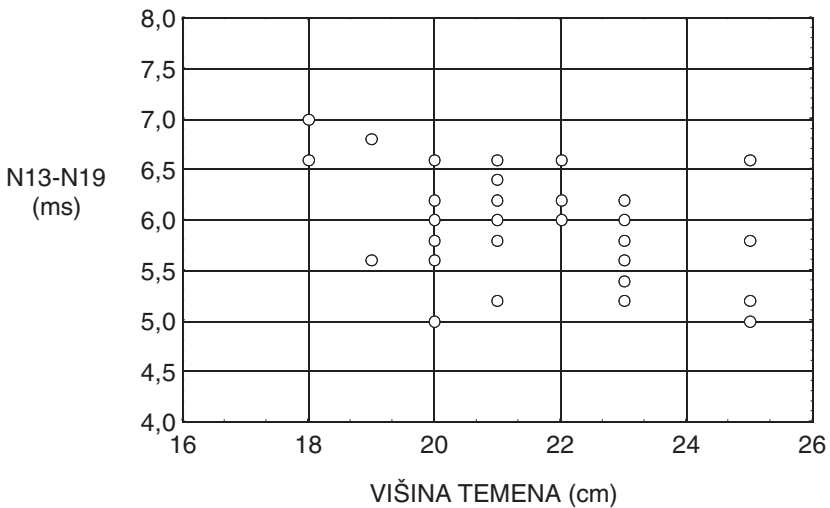
Slika 8. Povezava medpotencialnega intervala N9-N13 z višino preiskovanca. Enačba premice: $N9-N13 = -0,1051 + 0,0191 \times \text{višina}$. Faktor korelacije: 0,752. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 0,503.



Slika 9. Povezava medpotencialnega intervala N13-N19 z višino preiskovanca. Enačba premice: $N13-N19 = 9,9796 - 0,0278 \times \text{višina}$. Faktor korelacije: $-0,594$. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 0,927.



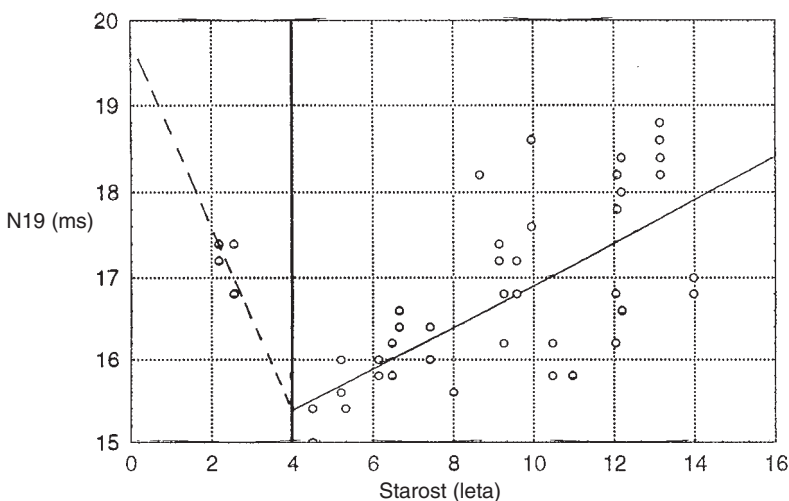
Slika 10. Povezava medpotencialnega intervala N13-N19 z višino pri preiskovancih, starejših od 3. let. Enačba premice: $N13-N19 = 7,0742 - 0,0077 \times \text{višina}$. Faktor korelacije: 0,264. Označene so meje normalnih vrednosti, 2,5 standardne deviacije, odmaknjene od regresijske premice. Standardna deviacija: 0,494.



Slika 11. Povezava medpotencialnega intervala N13-N19 z višino temena pri preiskovancih, starejših od 3. let. Faktor korelacije: $-0,391$.

kalni odziv (latenca N19) in centralni čas prevajanja (medpotencialni interval N13-N19), medtem ko podatki za latence N9, N13 in N14 ter medpotencialni interval N9-N13 ne.

Iz dobljenih rezultatov ocenjujemo, da se latenca N19 krajša razmeroma hitro do 3. leta starosti (ocena je le hipotetična, saj smo imeli le 2 preiskovanca, mlajša od 3 let), nato začne naraščati sorazmerno s telesno višino (slika 12). Medpotencialni interval N13-N19 se prav tako krajša do 3. leta starosti, nato se ne spreminja več statistično pomembno. Latence N9, N13 in N14 ter medpotencialni interval N9-N13 pa se večajo že od 2. leta starosti. Iz tega sklepamo, da somatosenzorična pot v CZŠ dozori okoli 3. leta starosti, medtem ko so periferne somatosenzorične poti zrele že pred 2. letom starosti.



Slika 12. Odvisnost latence N19 od starosti preiskovanca. S črtkano črto je označeno hipotetično hitro krajšanje latence do 3. leta starosti (imeli smo le 2 preiskovanca, stara 2,2 in 2,5 let).

Do enakih ugotovitev je prišel tudi Chiappa (1). Fagan in sodelavci (26) pa navajajo, da se ta medpotencialni interval N13-N19 zmanjšuje do 8. leta. Te hipoteze naša raziskava ne potrjuje, čeprav kaže krivulja omenjene povezave rahel upad.

Zahvale

Najprej se zahvaljujema mentorju asist. mag. Dušanu Butinarju, dr. med., za pomoč pri pisanju naloge.

Zahvaljujema se Inštitutu za nevrofiziologijo in asistentki Tatjani Vidmar za pomoč pri opravljanju meritev. Zahvaljujema se Pediatrični kliniki in asist. mag. Štefanu Kopaču, dr. med., za možnost opravljanja meritev na njihovi kliniki in za pomoč pri izbiri preiskovancev ter Pediatričnemu oddelku kirurških strok in Mariji Kač, dr. med., za pomoč pri izbiri preiskovancev.

Literatura

1. Chiappa KH. Short Latency Somatosensory Evoked Potentials: Interpretation. In: Chiappa KH, ed. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. New York: Raven, 1990: 371–438.
2. Jones SJ, Halliday AM. Subcortical and cortical somatosensory evoked potentials: Characteristic waveform changes associated with disorders of the peripheral and central nervous system. In: Courjon J, Manguiere F, Revol M, eds. *Clinical Application of Evoked Potentials in Neurology*. New York: Raven, 1989: 313–20.
3. Yamada T, Muroga Y, Kimura J. Tourniquet-induced ischemia and somatosensory evoked potentials. *Neurology* 1981; 31: 1524–9.
4. Chiappa KH. Short Latency Somatosensory Evoked Potentials: Methodology. In: Chiappa KH, ed. *Evoked Potentials in Clinical Medicine*. New York: Raven, 1990: 307–70.
5. Sunwoo IN, Cho HK, Oh SJ. Height, an important factor in the latency of somatosensory evoked potentials. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1990; 30: 169–74.
6. Jones SJ. Short latency potentials recorded from the neck and scalp following median nerve stimulation in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1977; 43: 853–63.
7. Cracco JB, Cracco RQ. Spinal, brainstem and cerebral SEP in the pediatric age group. In: Cracco RQ, Bodis-Wollner I, eds. *Evoked potentials*. New York: AR Liss, 1986: 471–82.
8. Taylor MJ, Fagan ER. SEPs to median nerve stimulation. Normative data for paediatrics. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988; 71: 323–30.
9. Small DG, Beauchamp M, Mathews WB. Subcortical SEPs in normal man and in patients with CNS lesions. *Prog Clin Neurophysiol* 1980; 7: 190–204.
10. Bongers-Schokking JJ, Colon EJ, Hoogland RA, Van den Brand JL, de Groot CJ. Somatosensory Evoked Potentials in Term and Preterm Infants in Relation to Postconceptional Age and Birth Weight. *Neuropediatrics* 1990; 21: 32–6.
11. Mattigk G. Die Medianus-evozierten Potentiale bei gesunden Kindern und Jugendlichen: Normwerte. *EEG-EMG* 1991; 22: 147–51.
12. Cracco RQ, Cracco JB. Somatosensory evoked potentials in man: Far field potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1976; 46: 58–64.
13. Butinar D. *Razvoj metode detekcije potencialov možganskega debla*. Magistrska naloga. Ljubljana: Medicinska fakulteta, 1986.
14. Emerson RG, Seyal M, Pedley TA. Somatosensory evoked potentials following median nerve stimulation. *Brain* 1984; 107: 169–82.
15. Frith RW, Benstead TJ, Daube JR. Stationary waves recorded at the shoulder after median nerve stimulation. *Neurology* 1986; 36: 1458–64.
16. El-Negamy E, Sedgwick EM. Properties of a spinal somatosensory evoked potential recorded in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1978; 41: 762–8.
17. Kritschewsky M, Wiederholdt WC. Short latency somatosensory evoked potentials. *Arch Neurol* 1978; 35: 706–11.
18. Desmedt JE, Cheron G. Prevertebral (oesophageal) recording of subcortical somatosensory evoked potentials in man: The spinal P13 component and the dual nature of the spinal generators. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1981; 52: 257–75.
19. Desmedt JE. Noninvasive analysis of the spinal cord generators activated by somatosensory input in man: Nearfield and farfield potentials. *Experimental Brain Research* 1984; Suppl 9: 45–62.
20. Kakigi R, Shibasaki H. Scalp topography of mechanically and electrically evoke somatosensory potentials in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1984; 59: 44–56.
21. Desmedt JE, Nguyen TH, Bourguet M. Bit-mapped color imaging of human evoked potentials with reference to N20, P22, P27 and N30 somatosensory responses. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1987; 68: 1–19.
22. Tsuji S, Murai Y, Kadoya C. Topography of somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation in patients with cerebral lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988; 71: 280–8.
23. Hume AL, Cant BR. Conduction time in central somatosensory pathways in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1978; 45: 361–75.

24. Gilmore R. Somatosensory Evoked Potentials Testing in Infants and Children. *J Clin Neurophysiol* 1992; 9: 324–41.
25. Cracco JB, Cracco RQ, Stolove R. Spinal evoked potentials in man: A maturational study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1979; 46: 58–64.
26. Fagan ER, Taylor MJ, Logan WJ. Somatosensory evoked potentials. Part 1: A review of neural generators and special considerations in paediatrics. *Neurology* 1987; 3: 189–96.
27. Allison T, Hume AL, Wood CC, Goff WR. Developmental and aging changes in somatosensory auditory and visual evoked potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1984; 58: 14–24.
28. Hume AL, Cant BR, Shaw Na, Cowan JC. Central somatosensory conduction time from 10 to 79 years. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1982; 54: 49–54.
29. Mervaala E, Paakkonen A, Partanen JV. The influence of height, age and gender on the interpretation of median nerve SEPs. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988; 71: 109–13.
30. Zegers de Beyl D, Delberghe X, Herbaut AG, Brunko E. The somatosensory central conduction time: physiological considerations and normative data. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988; 71: 17–26.

Prispelo 10.2.1995