

Beyinsapı İşitsel Uyarılmış Potansiyelleri (BAEP): Nazofarinks Duvarından Kayıtlama / Brainstem Auditory Evoked Potentials Recorded from Nasopharyngeal Wall

Mehmet Akif Topçuoğlu, Mehmet Demirci, Gülay Nurlu

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı, ANKARA

ABSTRACT

Brainstem Auditory Evoked Potentials Recorded from Nasopharyngeal Wall

Scientific Background: Reliable demonstration of the first wave of brainstem auditory evoked potentials (BAEPs) is required for accurate calculation of the central auditory conduction latencies. Although several methods, such as increasing the stimulus intensity, decreasing the stimulus rate, performing an electrocochleography or using ear canal electrode, are available to enhance its resolution, still clear registration of wave I cannot be achieved in a substantial proportion of the patients (up to 25%). In comparison to ear lobe or mastoid areas, placement of the recording electrode to the posterior wall of the nasopharynx allows becoming anatomically closer to the presumed brainstem generators of the BAEP waveforms, especially to the generators of the wave II (proximal position of the vestibulocochlear nerve and ipsilateral anteroventral and posteroventral cochlear nuclei). We hypothesized that in case of resolution of wave II improves with nasopharyngeal recordings, II-III inter-peak latency (IPL) can

be substituted to measure conduction in the lower pontine acoustic pathways in lieu of I-III IPL.

Objectives: The main purpose of the study is to explore improvement of the resolution of the first and second waves of BAEP recordings from the posterior wall of the nasopharynx given anatomical proximity to their generators which may provide higher signal-to-noise ratio in comparison to BAEP recordings with mastoid electrodes.

Material and Methods: We studied nasopharyngeal and standard (with mastoid electrode) BAEPs in 30 young healthy volunteers. With monaural and binaural stimulation, BAEPs were recorded at 5 different montages: ipsilateral mastoid (Mi) to Cz (MiC; first channel), contralateral mastoid (Mc) to Cz (McC; second channel), ipsilateral nasopharynx (Pi) to contralateral nasopharynx (Pc) (PiPc: third channel), ipsilateral nasopharynx to ipsilateral mastoid (PiMi: fourth channel) and ipsilateral nasopharynx to Cz (PiC: fifth channel). In addition, BAEPs on PcCz, PcMc ve PiMc positions were calculated. In addition to analysis of absolute peak and inter-peak latencies as well as

Key words: brainstem auditory evoked potentials, mastoid, nasopharynx

Anahtar Kelimeler: beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyelleri, mastoid, nazofarinks

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif Topçuoğlu
Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı, Nörosonoloji Laboratuvarı, Dumlupınar
Bulvarı, 07059, Antalya
Tel: 0242 2274343 (66268) matopcuoglu@akdeniz.edu.tr matopcuoglu@yahoo.com

Dergiyeye Ulaşma Tarihi/Received: 14.07.2005
Kesin Kabul Tarihi/Accepted: 15.07.2005

* Bu çalışma Dr. Mehmet Akif Topçuoğlu'nun nöroloji uzmanlık tezi olarak Hacettepe Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir.

amplitudes of BAEP waveforms, the recognizability of BAEP components and repeatability of latency and amplitude indices were compared among the montages described.

Results: With constant reference at Cz, placing of the recording electrode to ipsilateral nasopharynx instead of mastoid area resulted in significantly higher amplitudes and better resolution of all of the individual BAEP waveforms. In the montages of ipsilateral nasopharynx referred to contralateral nasopharynx and ipsilateral nasopharynx referred to ipsilateral mastoid, only the first three waves were recorded in higher amplitude and better resolution. The amplitude augmentation by nasopharynx electrodes was observed with both monoaural and binaural stimulation in almost similar degree.

Conclusions: Our results suggest that nasopharyngeal recording techniques improves the detection of the first and second BAEP waves and can be useful in the subjects with undetectable first wave peak with conventional methods.

ÖZET

Bilimsel zemin: BAEP'te santral işitsel iletim latansları birinci dalgaya refere edilerek ölçülür. Ancak zayıf uzak alan potansiyelleri olan BAEP'te I. dalga hastaların önemli bir kısmında genellikle yeterli nitelikte elde olunamaz. Bazı amaçlar için başlangıç referansı olarak II. dalganın da kullanılabilmesi mümkündür; ama geleneksel yöntemlerde II. dalga da genellikle latans ölçümüne izin vermeyecek kadar düşük amplitütlüdür. II. dalga yeterli kalitede elde edilebilirse inferior pontin akustik yollardaki iletimin ölçülmesi için I-III intermik latansı (IPL) yerine II-III IPL kullanılabilir.

Amaç: Nazofarinks arka duvarına yerleştirilmiş kayıt elektrotları ile jeneratörlerin bulunduğu medullopontin bölgeye yaklaşarak yüksek sinyal/gürültü oranında BAEP elde ederek I. ve II. dalga ölçülebilirliğini arttırmak.

Yöntem: Otuz sağlıklı bireyde eş zamanlı olarak nazofarinks elektrotları ve standart elektrotlar ile BAEP kayıtları alındı. Standart elektrofizyolojik uyarı ve kayıt parametreleri kullanılarak bilateral monoaural stimülasyon ve binaural stimülasyon ile ipsilateral mastoid (Mi)-Cz, kontralateral mastoid (Mc)-Cz, ipsilateral nazofarinks (Pi)-kontralateral nazofarinks (Pc), PiMi, PiCz, PcCz, PcMc ve PiMc montajlarında kayıtlar elde edildi. Mutlak pik ve intermik latansları ile amplitütlerin analizi yanı sıra dalgaların belirlenebilirlik dereceleri ve ölçümlerin tekrarlanabilirliği incelendi.

Bulgular: Cz sabit referans elektrot iken mastoid yerine kayıt elektrodunun ipsilateral nazofarinkse yerleştirilmesi ile bütün BAEP dalgalarının amplitütlerinde artış ile belirlenebilirlik ve tekrarlanabilirlik oranlarına iyileşme gözlemlendi. Özellikle ikinci dalga amplitütünde belirgin artış izlendi. Ipsilateral nazofarinksin kontralateral nazofarinkse ve ipsilateral mastoidin ipsilateral nazofarinkse refere edildiği montajlarda ise sadece ilk üç dalgada iyileşme saptandı. Bu özellikler monoaural ve binaural kayıtlamalarda benzerdi.

Sonuç: Nazofaringeal BAEP kayıtlama tekniği ile özellikle ilk iki dalga daha iyi belirlenebilir. Bu yöntem, birinci dalganın iyi kaydedilemediği geleneksel yöntemle alternatif olabilir.

GİRİŞ

Beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyelleri ("Brainstem Auditory Evoked Potentials"=BAEP) 30 yıldır beyinsapının fonksiyonel açıdan değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır ve halen bu amaçla kullanılan en etkin yöntemdir.^(1,2) Beyinsapı işitsel yollarının değerlendirilebilmesi için BAEP'te bir başlangıç referans noktasına ihtiyaç vardır. Kohlea'da yer alan spiral ganglion hücreleri ve statoakustik sinirin en distal kısmı tarafından oluşturulan I. dalga iletimin başlangıç noktası olarak alınır.

Zayıf alan potansiyelleri olan BAEPler kendi jeneratörlerine oldukça uzak bir bölge olan skalpten kaydedilirler. Bu başlıca iki açıdan dezavantaj yaratır: 1-Sinyalin amplitütü aradaki hacim ile ilişkili olarak azalır ve gürültü oranı artar, yani sinyal/gürültü oranı düşer. 2-Aradaki hacmin alçak-geçişli filtre özelliği nedeniyle sinyalin yüksek frekanslı ayrıntıları kaybolur.⁽³⁾ Bunlara ek olarak, kayıt elektrotlarının jeneratör dipollerini görme açısı gibi bazı geometrik faktörlerin de etkisi ile I. ve II. dalga birçok kişide ölçülebilir bir nitelikte elde edilemez.

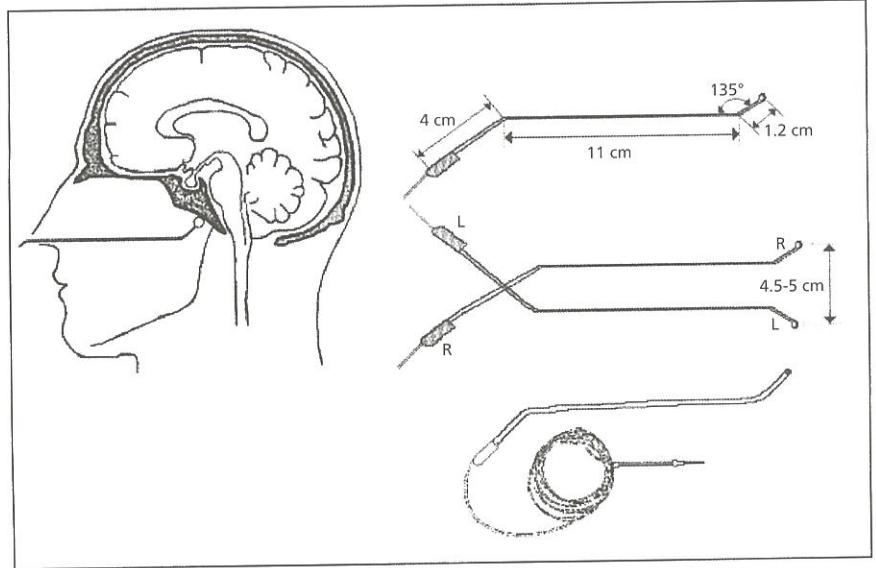
Bu nedenle, referans noktası olan I. dalganın ölçülebilirliğini artırmaya yönelik olarak çeşitli yöntemler araştırılmıştır. Bunlardan, elektrokoheografi⁽⁴⁾, dış kulak yoluna zara yakın yerleştirilen fleksibl elektrotlar⁽⁵⁾ veya dış kulak yolu ön duvarına zara yakın uygulanan iğne elektrotlar⁽⁶⁾ gibi görece invazif yöntemlerin iyi tolere edilemediği ve kayıtların tekrarlanabilirliğinin düşük olduğu belirtilmiştir.⁽⁶⁾ Yenidoğanda ipsilateral-kontralateral mastoid veya ipsilateral-kontralateral kulak memesi montajı ile birinci dalganın daha yüksek amplitütlü ölçülebildiği gösterilmiş ancak bu yöntemin de erişkinlerde konvansiyonel kayıtlara üstünlüğü ortaya konamamıştır.⁽⁷⁾ I. Dalgayı daha iyi kaydetmek için stimulus şiddetini artırmak ve stimulus sıklığını düşürmek gibi yöntemler de önerilmiştir.^(1,8) Ancak tüm bu yöntemler I. dalganın konvansiyonel yöntemle iyi belirlenemediği hasta grubunun en fazla yarısında yarar sağlayabilmektedir.

Anatomik olarak nazofarinks duvarı mastoide göre statoakustik sinirin beyin sapına girdiği bölgeye

yaklaşık 3.5 kat daha yakındır. Elektrot sinirin beyinsapına giriş yerinin ortalama olarak 35 mm altında ve 20 mm önünde yer almaktadır. Mastoide göre yaklaşmanın en fazla olduğu bölüm sinirin proksimali olmakla birlikte kaudal alt ponsa da yaklaşılmış olunur.^(9,10) Bu bölgeler teorik olarak II., III. ve IV-V. dalgaların jeneratörlerine karşılık gelmektedir.⁽¹¹⁾ Jeneratörlerine daha yakından kaydedilmesi durumunda BAEP için yukarıda sözü edilen dezavantajların kısmen aşılabacağı öngörülebilir. Böylece en azından II. dalgayı yüksek sinyal/gürültü oranıyla elde etmek ve I. dalga yerine II. dalgayı referans olarak kullanmak mümkün olabilir. Bu şekilde alt pontin işitsel iletimin göstergesi olarak I-III intermik latansı yerine II-III intermik latansı kullanılabilir.

Nazofarinksten BAEP kaydedilmesi literatürde şimdiye kadar 6 çalışmaya konu olmuştur. Bunlardan birinde işlem başarılı olmamıştır.⁽¹²⁾ İki çalışma kongre bildirisi olup çalışma ayrıntıları yayınlanmamıştır.^(13,14) Diğer ikisinde ise standart yöntemler kullanılmamış ve birlikte konvansiyonel yöntem ile BAEP ölçümü yapılmamıştır.^(15,16) Beş hastada gerçekleştirilen 1973 tarihli bir çalışmada ise nazofarinksten yapılan ölçüm rutin yöntem ile karşılaştırılmış ve avantajı olmadığı kanısına varılmıştır.⁽¹⁷⁾ Bu çalışmaların tarihleri, kullanılan teknik ve denek sayıları dikkate alınırsa nazofarinksten BAEP kaydının yeterince incelenmediği anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada yukarıdaki sorunlar hedeflenerek, nazofarinks arka duvarına yerleştirilmiş kayıt elektrotları ile jeneratörlerin bulunduğu medullopontin bölgeye yaklaşılarak yüksek bir sinyal/gürültü oranı elde etmek amaçlanmıştır.



Şekil 1. Nazofaringeal elektrotlar

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Denekler:

Çalışmaya 15 kadın ve 15 erkek olmak üzere toplam 30 gönüllü alınmıştır. Deneklerin yaş ortalaması 29.2 ± 5.1 'dir. Denekler işitme problemi olmayan hastane personeli ve doktorlarından seçilmiştir. Bütün deneklerden çalışma öncesi bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

BAEP kayıtları:

Kayıt ve ölçümlerde Mystro 25 EMG / Uyarılmış Potansiyel cihazı (Medelec, Londra) kullanılmıştır. Kayıtlar sırtüstü yatar pozisyonda alınmıştır. Xylocain® nasal sprey ile lokal anestezi ardından nazofaringeal elektrotlar yerleştirilmiştir. Inferior mead'dan kendi ağırlığı ile geçen elektrot nazofarinks arka duvarına dayandığında kolu dışarıya çevrilerek fiks edilmiştir (Şekil 1).⁽¹⁸⁾ Skalpte Cz ve her iki mastoid tepe üzerine subkutan iğne elektrotlar yerleştirilmiştir. Toprak elektrotu sol kola yerleştirilmiş ve tüm elektrot impedansları 5 kW altında tutulmuştur.^(6,8,19) İpsilateral mastoid - Cz (MiC), kontralateral mastoid - Cz (McC), ipsilateral nazofarinks - kontralateral nazofarinks (PiPc), ipsilateral nazofarinks - ipsilateral mastoid (PiMi) ve ipsilateral nazofarinks - Cz (PiC)

montajlarında 5 kanal kayıt alınmıştır. Mystro 25 cihazında kayıt sırasında ve gerçek zamanlı olarak dijitize edilmiş sinyaller üzerinde cebirsel toplama ve çıkarma işlemleri yapılabilmektedir. Bu olanaktan yararlanılarak 3 ayrı montaj daha hesap yoluyla elde edilmiştir: PcC (PiPc + PiC), PcMc (PcC + McC) ve PiMc (PiC + McC).

Uyaran ve kayıt parametrelerinde bilinen standart değerler seçilmiştir (işitme eşiğinin 65 dB üzerinde rarefaksiyon tipi klik işitsel uyaran 10 Hz sıklıkta verilirken kontralateral kulak 30 dB aşağı şiddette bir "beyaz gürültü" ile maskelenmiş, 10 ms'lik analiz süresi içinde elde edilen yanıtlar 10 mV / bölüm kazançla amplifiye edilmiş ve 2048 geçişin ortalaması alınmıştır). Her bir kayıt iki kez tekrarlanmıştır. Her denek için sağ ve sol kulaktan ayrı ayrı (monoaural) ve her iki kulaktan birlikte stimulus verilerek (binaural) peş peşe üç ayrı seansta kayıtlar elde edilmiştir.

BAEP ölçüm ve veri analizi: BAEP dalgaları isimlendirilirken verteks pozitif dalgalar sırası ile N1'den N7'ye kadar, bu dalgalar arasındaki verteks negatif dalgalar ise P1'den P8'e kadar numaralandırılarak her bir dalganın latans ve amplitüt değerleri hesaplanmıştır. IV. ve V. dalga ayırt edilemeyecek ölçüde bileşik bir dalga şeklinde elde edilmiş ise bu dalga V. dalga olarak kabul edilmiştir.

Nazofaringeal ve konvansiyonel BAEP kayıtlamaları arasındaki farklılıklar öncelikle PiPc, MiC ve PiC montajlarında incelenmiştir. Çalışılan diğer 5 montajın tespit edilen önemli farklı karakteristikleri kısaca verilmiştir. İncelenen parametreler mutlak pik latansları (MPL), inter-pik latansları (İPL), ortalama amplitüt (her bir tepenin bir önceki ve bir sonraki çukura göre amplitütlerinin ortalaması), pikten pike amplitüt (her bir tepenin bir sonraki çukura göre

amplitütü, "post-pik amplitüt") ve amplitüt oranlarıdır. Ayrıca sağ ve sol taraflar arasında MPL, İPL ve amplitüt farkları ve bu farkların yüzdeleri hesaplanmıştır. BAEP tekrarlanabilirlik özellikleri, iki tekrar arasında ("inter-trial") MPL, İPL ve amplitüt değerlerinin farkları hesaplanarak incelenmiştir. Bu amaçla ayrıca tüm traseler kayıtlamalara katılmayan bir nörofizyolog tarafından incelenmiş ve tüm dalgalar "açıkça belirlenebiliyor" veya "belirlenemiyor" olarak sınıflandırılmıştır.

İstatistiksel değerlendirme:

Değişik montajlarda kaydedilen BAEP'ler için elde olunan MPL, İPL ve amplitüt değerleri arasındaki farklılıklar ANOVA, student-t ve Mann-Whitney U; tekrar-arası ve sağ-sol arası farklar Friedman, paired-t veya Wilcoxon; dalga belirlenebilirliği yüzdeleri McNemar; dağılım normalliği Kolmogorov-Smirnov ve Lilliefors testleri kullanılarak araştırılmıştır. MiC ve PiC montaj yöntemleriyle elde olunan latans değerleri arasındaki uyum Bland-Altman plot⁽²⁰⁾ ve regresyon analizi (Passing-Bablok)⁽²¹⁾ kullanılarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Mutlak Pik Latansları (ms)

	McC	MiC	PiC	PiMi	PiPc
I	1.78 ± 0.10*	1.66 ± 0.11	1.70 ± 0.10	1.87 ± 0.10	1.73 ± 0.13*
II	2.85 ± 0.12	2.75 ± 0.11	2.77 ± 0.12	2.79 ± 0.11	2.68 ± 0.14**
III	3.72 ± 0.13	3.76 ± 0.13	3.82 ± 0.16	3.98 ± 0.22	3.84 ± 0.21*
IV	4.91 ± 0.22	4.98 ± 0.23	4.99 ± 0.20	4.91 ± 0.16	5.01 ± 0.18
V	5.75 ± 0.27	5.63 ± 0.25	5.67 ± 0.24	5.80 ± 0.24	5.58 ± 0.32
VI	7.13 ± 0.27	7.02 ± 0.29	7.04 ± 0.30	7.14 ± 0.36	6.82 ± 0.39*

*: MiC'den uzun, **: MiC ve PiC'den kısa (p<0.05).

Değerler "ortalama ± standart sapma [SD]" olarak gösterilmiştir. Normal değer %95 ve %99 tolerans limitleri hesaplanırken sırasıyla standart sapmanın "1.960" ve "3.064" katı temel olarak alınmıştır. İstatistik değerlendirme için ise yerine göre SPSS® 10.0 ve MedCalc® paket programları kullanılmıştır. P<0.05 istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak seçilmiştir.

Tablo 2. Interpik Latansları (ms)

	McC	MiC	PiC	PiMi	PiPc
I-III	1.90 ± 0.22	2.10 ± 0.15	2.12 ± 0.16	2.11 ± 0.15	2.24 ± 0.20*
III-V	2.04 ± 0.19	1.83 ± 0.23	1.84 ± 0.20	1.83 ± 0.29	1.63 ± 0.28**
I-V	4.01 ± 0.34	3.96 ± 0.26	3.96 ± 0.26	3.96 ± 0.22	3.84 ± 0.34

*: MiC, PiC ve PiMi'den daha uzun; **: Diğer 4 montajdan daha kısa (p<0.05).

Tablo 3. İkinci dalgaya göre interpik latansları (ms)

	MiC	PiC	PiPc
I-II	1.10 ± 0.11	1.07 ± 0.15	0.95 ± 0.13*
II-III	1.01 ± 0.11	1.05 ± 0.10	1.27 ± 0.12**
II-V(IV)	2.89 ± 0.24	2.90 ± 0.21	2.89 ± 0.28

*: Diğer montajlardan daha kısa, **: daha uzun (p<0.05).

Tablo 4. Ortalama ve post-pik amplitütler (nanovolt)

	McC	MiC	PiC	PiMi	PiPc
Ortalama					
I	248 ± 115	346 ± 143*	374 ± 126*	129 ± 98	160 ± 63
II	147 ± 78	133 ± 75	386 ± 157**	346 ± 168	213 ± 133***
III	197 ± 105	273 ± 119	300 ± 122	133 ± 71	293 ± 164
IV-V	276 ± 86	474 ± 137*	487 ± 139**	217 ± 78	256 ± 105
VI	278 ± 90	378 ± 114	394 ± 122*	294 ± 61	255 ± 92
Post-pik					
Ip	142 ± 55	270 ± 107*	253 ± 67*	145 ± 33	158 ± 64
Iip	229 ± 70	176 ± 89	434 ± 160**	329 ± 145	189 ± 114
IIip	159 ± 67	321 ± 123	380 ± 151	193 ± 82	324 ± 156
IV-Vp	427 ± 112	521 ± 130	558 ± 153*	226 ± 83	225 ± 99
Vip	252 ± 79	306 ± 82	308 ± 111	214 ± 52	216 ± 88

*: PiPc'den yüksek, **: MiC ve PiPc'den yüksek, ***: MiC'den yüksek (p<0.05).

SONUÇLAR

Latans ve amplitüt:

Her bir denek için sağ ve sol monoaural uyarım ile elde edilen değerlerin ortalaması alınarak özetlenmiş MPL değerleri Tablo 1'de, İPL değerleri Tablo 2'de, II. dalgaya göre İPL değerleri Tablo 3'te, ve amplitüt değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Çalışmanın en çarpıcı bulgusu nazofaringeal elektrot ile elde edilen II. dalga amplitütünün geleneksel yöntemle göre belirgin derecede yüksek olmasıdır; PiC montajında II. dalga, MiC'e göre ortalama amplitütte 2.91 kat, post-pik amplitütte ise 2.38 kat daha yüksek bulunmuştur (p<10-12). PiC MiC ile karşılaştırıldığında diğer dalgaların da daha yüksek amplitütlü olduğu saptanmış ancak farklar istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır (Tablo 4, Şekil 2 ve 3). PiPc'de ise II ve III. dalga dışındaki dalgalar daha düşük amplitütlü kaydedilmektedir. PiMi'de ise en

yüksek amplitütlü dalga II olup, III. dalga sonrasında amplitütlerde düşme gözlenmektedir (Şekil 3).

MPL, PiPc'de, MiC ve PiC montajlarına göre, II. dalgada kısa, III. dalgada uzun, MiC'e göre PiPc ve McC montajlarında I. dalgada uzun bulunmuş, diğer farklılıklar istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır (Tablo 1).

PiPc'de diğer montajlara göre I-III İPL uzun, III-V İPL kısa, MiC ve PiC'e göre ise I-II İPL kısa, II-III İPL ise uzun bulunmuş, diğer İPL'ler arasında fark bulunmamıştır (Tablo 2 ve 3).

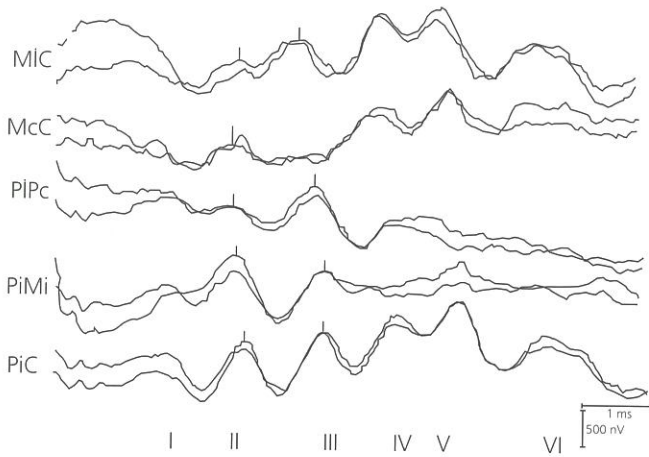
Sağ-sol farkı:

MiC montajı ile karşılaştırıldığında PiC'de gerek mutlak değer gerekse yüzde olarak hesaplanan taraflar arası MPL ve İPL farkları daha küçük olmasına karşın istatistiksel olarak anlamlı değildir. PiPc'de I-V İPL için sağ-sol farkı daha yüksek ve II-III İPL için ise daha küçük olup bu montaj için III. dalgadan sonra kulaklar arası MPL farkının uzadığını işaret eder (Şekil 4a). Sağ-sol ortalama ve post-pik amplitüt farkları II. dalga dışında montajlar arasında belirgin farklılık göstermez iken, bu dalga için taraflar arası fark MiC montajında PiC ve PiPc'e göre daha fazla olarak bulunmuştur (Şekil 4b).

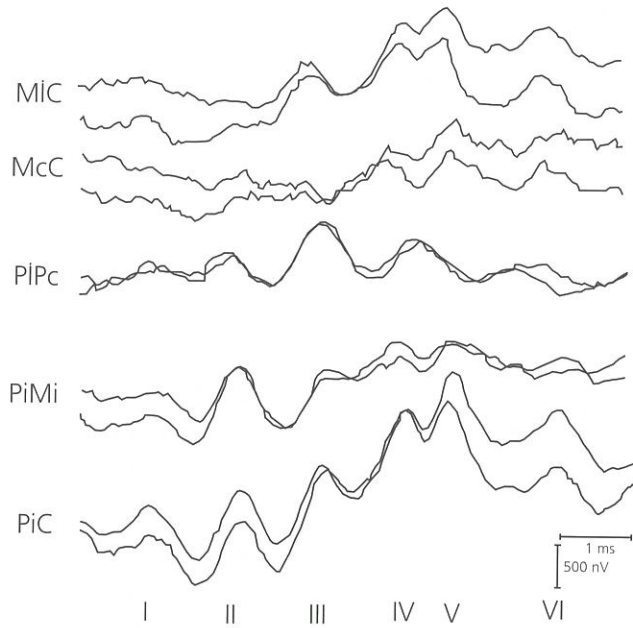
Tekrarlanabilirlik:

Montajların tekrarlanabilirliği ve aralarındaki uyum çeşitli şekillerde incelenmiştir.

İki tekrar arası MPL ve İPL farkları hem mutlak değer hem de yüzde olarak MiC ve PiC montajlarında farklılık göstermemektedir. PiPc'de ise tekrar-arası



Şekil 2. Örnek trase. Nazofaringeal montajlarda (PiC, PiMi, PiPc) II. ve III. dalgaların amplitüt ve sinyal/gürültü oranlarında gözlenen artış görülmüyor.



Şekil 3. Örnek trase. İpsilateral mastoid kaydında (MiC) ilk iki dalga hemen hemen hiç seçilemez iken nazofarinks elektrodu ile elde olunan kayıtlamalarda (PiC, PiPc, PiMi) açıkça kaydedilmişlerdir.

IV-V MPL ve III-V IPL farkları diğer montajlardan daha fazla bulunmuştur (Şekil 5a). Ortalama ve post-pik amplitütlerin mutlak değer ve yüzde olarak belirlenen tekrar-arası farkları, diğer bir deyişle değişkenliği, ilk 3 dalga için PiC'de MiC'e göre daha düşüktür. III. dalgadan sonra değişkenlik farkı benzer düzeye gelmektedir. Bu sonuçlar geleneksel montajlama (MiC) ile karşılaştırıldığında, nazofaringeal BAEP'in

(PiC ve PiPc) ilk üç dalga için tekrarlanabilirliğinin eşit derecede veya daha iyi olduğunu, ancak PiPc BAEP'te III. dalgadan sonra tekrarlanabilirliğin düştüğünü işaret eder (Şekil 5b).

İlk 3 BAEP dalgasının belirlenme sıklıkları PiC'de MiC'e göre anlamlı olarak daha yüksektir. Dördüncü dalga ve sonrasında ise dalgaların açıkça belirlenme sıklıkları bu iki montaj için yaklaşık olarak eşit derecededir (Şekil 6).

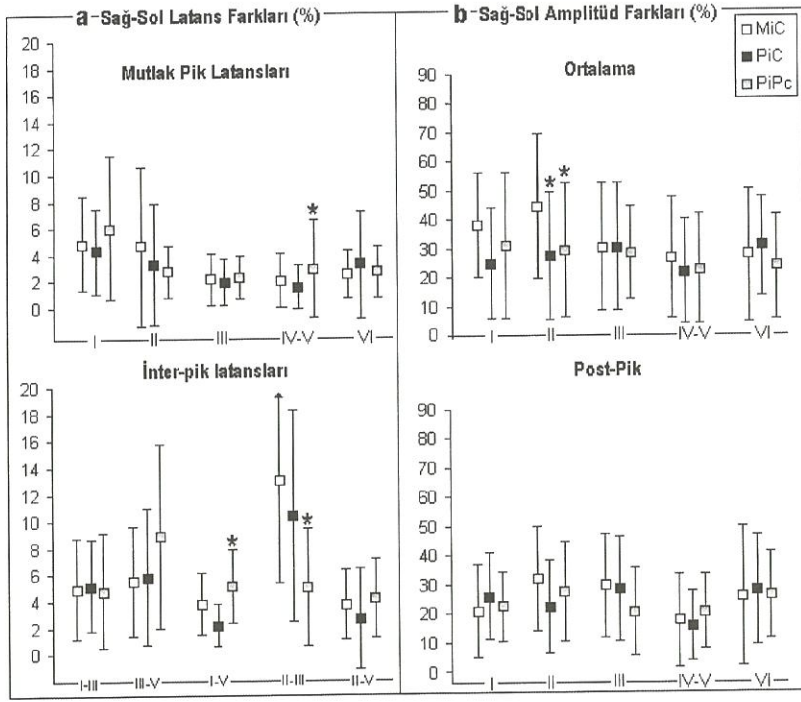
İkinci dalganın PiC montajında her zaman ve yüksek amplitütlü olarak kaydedilebiliyor olması nedeniyle inter-pik latansları hesaplanırken referans noktası olarak konvansiyonel montajlama (MiC) ile kaydedilen I. dalga yerine NF-BAEP'teki II. dalganın kullanılabileceği hipotezini test etmek için MiC I-III ve I-V IPL ile bu hipoteze göre bunların NF montajındaki karşılıkları olacak olan II-III ve II-V IPL arasındaki uyum Bland-Altman ve Passing-Bablok testleri ile incelenmiş ve uyumun yüksek derecede olduğu görülmüştür (Şekil 7).

Diğer özellikler:

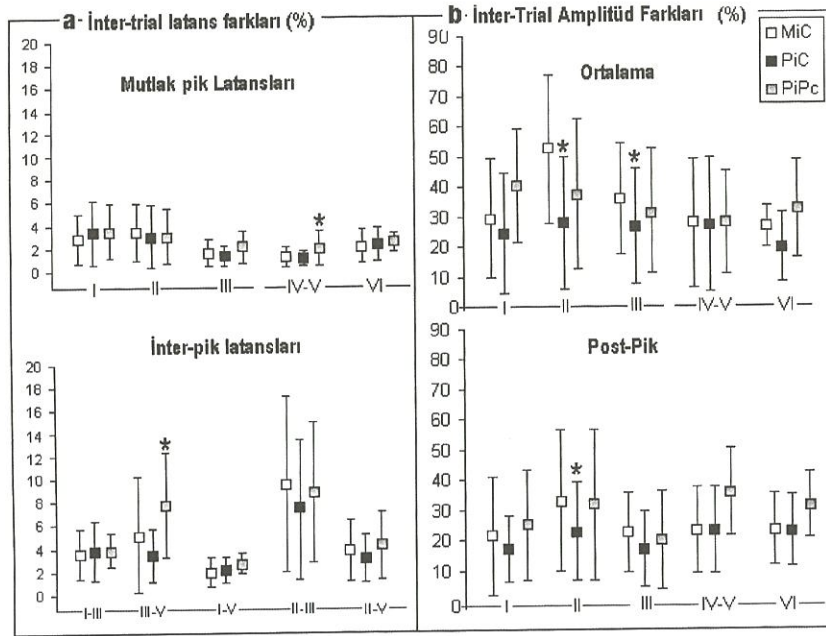
Monoaural uyarım ile gözlenen NF-BAEP özellikleri binaural (soldan kayıt ile) uyarım için de benzer şekilde gözlenmiştir. Tek farklılık binaural stimülasyon ile PiPc montajında dalga formlarının belirlenemeyecek kadar küçük amplitütlü olmasıdır (Şekil 8). Toplam 8 montajı gözden geçirerek yaptığımız incelemede BAEP dalgalarının jeneratörleri hakkında bilgi verecek polarite çevrimine rastlanmamıştır. Son olarak nazofaringeal BAEP için anormalite limit değerleri (normal değer tablosu) hesaplanmış ve Ek'te verilmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada nazofaringeal elektrotlar ile II. dalganın her zaman ve yüksek amplitütlü olarak kaydedilebilmiş olması, santral işitsel yollardaki



Şekil 4. Taraflar arası a: latans ve b: amplitüd farkları (*:p<0.05)



Şekil 5. Tekrar-arası ("intertrial") a: latans ve b: amplitüd değişkenliği. (*:p<0.05)

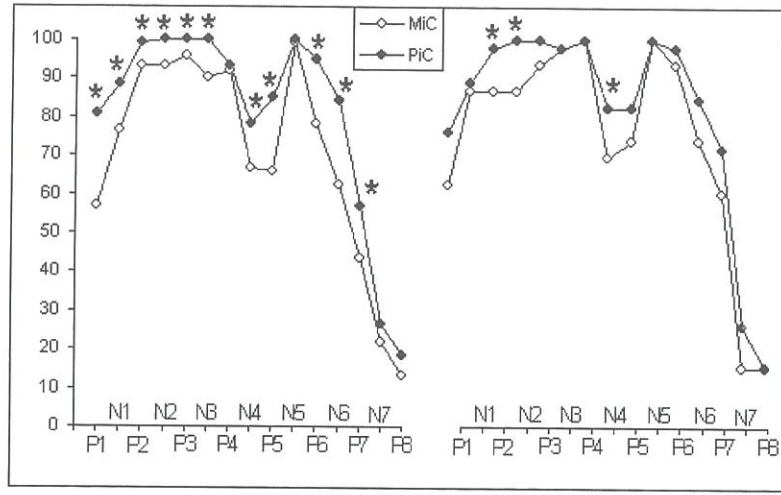
iletimi ölçmek için referans noktası olarak I. dalga yerine bu yöntemle elde edilen II. dalganın kullanılabilme potansiyelini göstermektedir. Ayrıca nazofaringeal II. dalgaya dayanarak yapılan I-II ve II-III İPL ölçümleri ile kohlear sinirin ve alt pontin akustik

yolaklardaki iletiminin ayrı ayrı ölçülebileceği de görülmektedir. Bu durumda I-II İPL spiral ganglion ile anteroventral/posteroventral kohlear nukleuslar arasındaki (başlıca ekstraaksiyel) ve II-III İPL ise kohlear nukleuslar ile superior olivar kompleks arasındaki (intraaksiyel) iletimi gösterecektir.⁽¹¹⁾

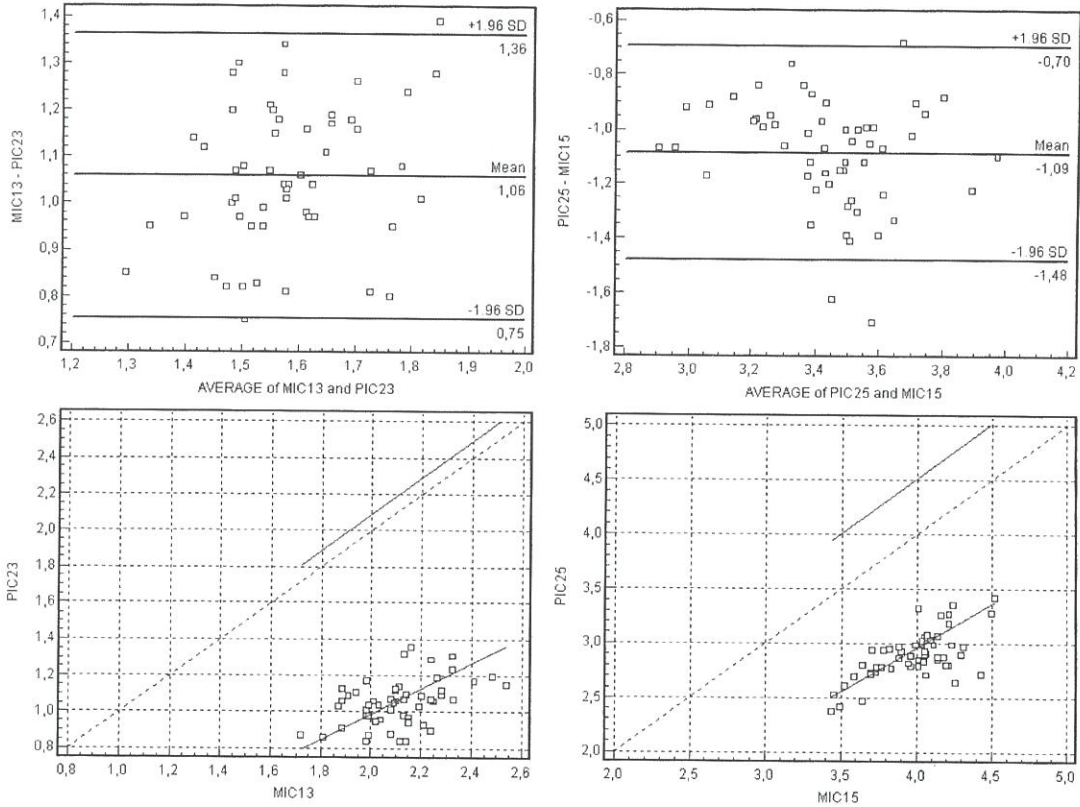
Nazofaringeal elektrotların sağladığı yüksek sinyal/gürültü oranı (tekrar-arası latans ve amplitüd farklarının daha az ve dalga belirlenebilirliklerinin daha fazla olması), yukardaki avantajlarına ek olarak, konvansiyonel yöntemle göre daha az sayıda ortalama ile, daha kısa sürede benzer kalitede bir kayıt elde edilebileceğini de göstermektedir.

Nazofaringeal BAEP yöntemi özellikle intrakanaliküler küçük (<1cm) pontoserebellar köşe tümörlerinin tanısında konvansiyonel yöntemde görülen düşük sensitivite (%50) sorununu^(22,23) giderebilir. Pontoserebellar köşe tümörlerinin en önemli ve erken BAEP bulgusu olan ipsilateral I-III İPL uzaması, birinci dalganın yeterince iyi kaydedilememesi nedeniyle gözden kaçırılabilir.^(24,25) I. dalganın iyi belirmediği bu durumlarda, I-III İPL yerine nazofaringeal II-III İPL uzamasının kriter olarak kullanılabilceği öngörülebilir. Ayrıca I-II İPL de daha güvenilir bir şekilde ölçülebilecektir. I-II İPL'nin, tümöre bağlı vasküler kompresyondan etkilenen sinir bölgesindeki iletimin göstergesi olması

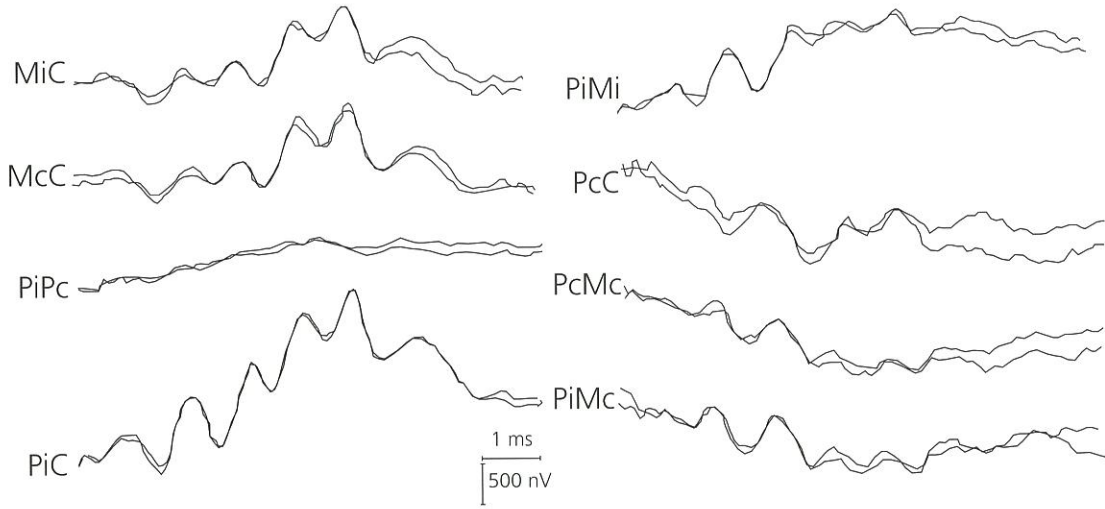
nedeniyle, çok daha erken ve belirgin şekilde bozulması beklenir. Benzer şekilde, posterior fossa mikrovasküler dekompresyonları sırasında intra-operatif monitorizasyon amacıyla kullanımda^(26,27) da nazofaringeal BAEP yöntemi konvansiyonel yöntemle göre daha iyi sonuç verebilir.



Şekil 6. Dalga belirlenebilme sıklıklarının (%) MiC ve PiC montajlarında karşılaştırılması *:p<0.05). İlk grafik monoaural ikinci binaural kayıtlamalar içindir.



Şekil 7. Bland-Altman(17) istatistiği ile MiC I-III İPL ile PiC II-III İPL (Panel A) ve MiC I-V İPL ile PiC II-V İPL (Panel C) arasındaki uyumun iyiliği (farklar ortalamalara göre noktalandığında değerlerin hemen hemen tamamı "ortalama \pm 1.96 SD" aralığı içinde) görülüyor. Bu bulgu test edilen parametrelerin birbiri yerine kullanılabileceğini ifade etmektedir. Passing-Bablok regresyon analizi (18) ile PiC II-III İPL ile MiC I-III İPL arasındaki ilişki incelendiğinde (Panel B) intercept $A=-0.4203$ (%95 Güven aralığı [GA]: $-1.0500-0.0902$) ve Slope $B=0.7043$ (%95 GA: $0.4524-1.0000$) olup sabit miktarda veya oransal olarak ikisi arasında fark olmadığı görülmüştür. Aynı analiz PiC II-V İPL ile MiC I-V İPL'ye uygulandığında (Panel D) intercept $A=-0.3733$ (%95 GA: $-1.0650-0.5100$) ve Slope $B=0.8077$ ($0.6000-1.0000$) olup yine iki ölçüt arasında anlamlı fark olmadığını ifade eder. Ayrıca B ve D'de Cusum testi ile linearityden belirgin deviasyon olmadığı da görülmüştür ($P>0.1$). B ve D'de en alttaki çizgi regresyon doğrusunu, ortadaki kesikli çizgi kimlik çizgisini ($x=y$) ve üstteki çizgi de %95 GA'nın üst limitini göstermektedir.



Şekil 8. Binaural stimulyasyon ile soldan elde edilen BAEP kayıt örneği: PiPc'de BAEP dalga formları seçilemiyor. Monoaural kayıt örneklemlerine benzer şekilde nazofaringeal montajlarda (özellikle PiC'de) II. dalganın amplitüt ve rezolüsyonunda artış meydana geliyor. ("i" sol ve "c" sağ tarafı gösterir; Montaj isimleri için metne bakınız.).

Bu potansiyel yararlılıkları yanında, nazofaringeal elektrot kullanımı invazif bir yöntem değildir. Elektrotların uygun yere takılması için gereken beceri kısa süreli bir eğitim ile edinilebilir. Ayrıca hastalar tarafından tolere edilmesi kolaydır ve artefaktsız kayıt alınması için genellikle sedasyon uygulanması gerekmemektedir.

Nazofaringeal elektrot kullanımı ile ölçülen BAEP dalga-şekilleri morfolojik olarak konvansiyonel kayıtlara benzeyen "uzak alan potansiyelleri"dir. Bir çalışmada tespit edildiğinin⁽²⁸⁾ aksine bu çalışmada nazofarinks montajında faz dönmesi olmaması da uzak alan potansiyellerinden beklenen bir davranıştır.

Bu nedenle nazofaringeal potansiyeller dalga jeneratörlerinin lateralizasyon ve lokalizasyonu konusunda bilgi vermemektedir. Bu açıdan nazofaringeal elektrot kullanımının subdural elektrot veya intra-operatif kayıt tekniklerinin yerini alabilecek bir inceleme-araştırma yöntemi olmadığı söylenebilir.

Özetle, nazofaringeal BAEP, II. dalga başta olmak üzere, mastoid kaydına göre daha yüksek amplitütlü ve daha düşük gürültüdüdür. Bu özellikleri nedeniyle 8. sinir patolojilerini ve santral işitsel iletimi daha kolay ve daha sağlıklı değerlendirmeye olanak sağlayabilir.

EK. Nazofaringeal BAEP anormallik kriterleri

Amplitud (ortalama) (nV)	MiC		PiC		PiPc	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
I	130	684	176	561	52	356
II	13	300	119	781	65	780
III	89	623	77	526	50	910
IV-V	209	776	235	799	89	600
VI	113	538	149	674	136	408
Amplitud (Post-pik) (nV)						
I	111	465	114	390	52	301
II	13	424	186	823	74	698
III	140	595	138	678	60	903
IV-V	218	780	276	853	56	564
VI	109	405	113	592	117	363
Pik latansı (ms)						
	%95 TL	%99 TL	%95 TL	%99 TL	%95 TL	%99 TL
I	1.94	2.00	1.95	2.01	2.06	2.13
II	3.03	3.09	3.07	3.14	3.03	3.11
III	4.09	4.16	4.22	4.31	4.37	4.48
IV	5.56	5.68	5.49	5.60	5.46	5.56
V	6.26	6.40	6.27	6.41	6.38	6.56
VI	7.75	7.91	7.79	7.96	7.80	8.02
Sağ-sol mutlak pik latans farkı (ms)						
I	0.23	0.26	0.22	0.25	0.36	0.42
II	0.56	0.65	0.40	0.47	0.21	0.23
III	0.28	0.33	0.25	0.28	0.24	0.27
IV	0.38	0.44	0.33	0.38	0.22	0.25
V	0.40	0.46	0.34	0.40	0.71	0.83
VI	0.50	0.57	0.90	1.06	0.46	0.53
Sağ-sol mutlak pik latans farkı (%)						
I	13.74	15.74	12.35	14.17	19.41	22.45
II	19.86	23.26	14.93	17.52	7.43	8.45
III	7.04	8.15	6.34	7.34	6.28	7.17
IV	7.34	8.40	6.02	6.95	4.67	5.39
V	7.12	8.26	5.74	6.67	12.22	14.30
VI	6.78	7.79	12.95	15.21	7.29	8.39
İnter-pik latansları (ms)						
I-III	2.48	2.56	2.52	2.61	2.74	2.85
III-V	2.41	2.53	2.34	2.45	2.33	2.49
I-V	4.61	4.76	4.61	4.76	4.69	4.88
I-II	1.38	1.44	1.45	1.53	1.28	1.35
II-III	1.29	1.35	1.30	1.36	1.57	1.64
II-V	3.49	3.63	3.43	3.54	3.59	3.75
Sağ-sol inter-pik latansı farkı (ms)						
I-III	0.31	0.36	0.29	0.32	0.36	0.42
III-V	0.30	0.35	0.34	0.39	0.63	0.73
I-V	0.35	0.40	0.27	0.30	0.47	0.53
I-II	0.38	0.44	0.31	0.36	0.38	0.44
II-III	0.33	0.38	0.41	0.48	0.22	0.25
II-V	0.38	0.45	0.46	0.54	0.82	0.96
Sağ-sol inter-pik latansı farkı (%)						
I-III	14.53	16.66	13.86	15.79	15.69	18.13
III-V	15.98	18.32	18.84	21.76	26.18	30.07
I-V	9.48	10.78	6.10	7.00	11.99	13.56
I-II	34.79	40.06	31.45	36.12	37.84	43.37
II-III	36.24	41.36	33.76	38.98	16.26	18.73
II-V	14.52	16.76	12.56	14.51	22.59	26.15
Amplitüt oranları (%)						
II/I	113.8	128.8	208.0	230.5	300.9	335.2
IIp/Ip	157.9	177.3	325.4	357.5	318.1	356.7
II/III	128.6	146.1	328.9	370.5	238.7	273.2
IIp/IIIp	131.62	149.4	325.4	357.5	255.1	284.1
II/4-5max	80.9	92.5	177.9	199.4	343.1	397.1
II/45p	139.8	156.4	128.6	142.0	155.0	173.4
I/45max	149.9	167.2	147.7	163.2	218.0	250.6
I/45p	139.8	156.4	128.6	142.0	155.0	173.4
III/45max	121.1	135.0	138.2	154.8	245.9	273.9

KAYNAKLAR

1. Markand ON. Brainstem auditory evoked potentials. *J Clin Neurophysiol.* 1994; 11: 319-342.
2. Odabasi Z, Kütükçü Y, Özdağ F, Vural O. İşitsel uyarılmış beyin sapı potansiyelleri. *Norol Bil D.* 1999; 16: #32. <http://www.med.ege.edu.tr/norolbil/1999/NBD05199.html> (Accessed on 27.6.2004).
3. Dumitru D., Jewett D.L. Far-field potentials. *Muscle and Nerve.* 1993; 16: 237-254.
4. Chatrian GE, Wirch AL, Lettich K, Turella G, Synder JM. Click-evoked human elctrocochleogram. Non-invasive recording method, origin and physiologic significance. *Am J EEG Technol.* 1982; 22: 151-174.
5. Brantberg K. Easily applied ear canal electrodes improve the diagnostic potential of auditory brainstem response. *Scan Audiol.* 1996; 25: 147-152.
6. Chiappa K H. Brainstem auditory evoked potentials: Methodology and interpretation. *Evoked Potentials in Clinical Medicine.* Raven Press, New York; 1983; 105-202.
7. Evoked Potential's Committee. Guideline nine: Guidelines on evoked potentials, and guidelines ten: Guidelines for writing clinical evoked potential reports. *J Clin Neurophysiol.* 1994; 11: 40-76.
8. Pratt H, Aminoff M, Nuwer MR, Starr A. Short-latency auditory evoked potentials. *The International Federation of Clinical Neurophysiology Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl.* 1999; 52: 69-77.
9. Lang J, Ohmachi N, Lang J. Anatomical landmarks of the rhomboid fossa, its length end its width. *Acta Neurochir.* 1991; 113: 84-90.
10. Lang J. Facial and vestibulocochlear nerve, topographic anatomy and variations. *The cranial nerves (Samii M, Janetta PJ, eds) New York, Springer-Verlag, 1981; 363-377.*
11. Biacabe B, Chevallier JM, Avan P, Bonfils P. Functional anatomy of auditory brainstem nuclei: application to the anatomical basis of brainstem auditory evoked potentials. *Auris Nasus Larynx.* 2001; 28: 85-94.
12. Clark GM, Dunlop CW. Extracranial auditory response from the base of the skull. *Laryngoscope.* 1970; 80: 1834-1836.
13. Lell ME, Smith DB, Sidman RD. A cross modality study of evoked cerebral potentials using both scalp and nasopharyngeal electrodes referred to a noncephalic lead. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1972; 33: 241 (Abstract).
14. Pyun S, Kang Y. Brainstem auditory evoked potentials recorded from nasopharyngeal wall. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1995; 98 (3): P11 (Abstract).
15. Martin JL, Coats AC. Short-latency evoked responses recorded from human nasopharynx. *Brain Res.* 1973; 60: 497-502.
16. Starr A, Squires K. Distribution of auditory brainstem potentials over the scalp and nasopharynx in humans. *Ann N Y Acad Sci.* 1982; 388: 427-442.
17. Peters JF, Reilly EL. Nasopharyngeal electrodes in auditory evoked response research. *Laryngoscope.* 1973; 83: 1923-1928.
18. Mavor H, Hellen MK. Nasopharyngeal electrode recording. *Am J EEG Tech.* 1964;4: 43-50.
19. American Clinical Neurophysiology Society. 09C-Guideline 9C: Recommended Standards for Short-Latency Auditory Evoked Potentials. <http://www.acns.org> (Accessed on 27.6.2004).
20. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Met Med Res* 1999; 8: 135-160.
21. Passing H, Bablok W. A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods. Application of linear regression procedures for method comparison studies in Clinical Chemistry, Part I. *J Clin Chem Clin Biochem.* 1983; 21: 709-720.
22. Bockenheimer S, Schmidt CL, Zollner C. Neuro-otological findings in patients with small acoustic neuromas. *Arch Otorhinolaryngol -* 1984; 239: 31-39.
23. Schmidt RJ, Sataloff RT, Newman J, Spiegel JR, Myers DL. The sensitivity of auditory brainstem response testing for the diagnosis of acoustic neuromas. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2001; 127: 19-22.
24. Legatt AD, Pedley IA, Emerson RG, Stein BM, Abramson M. Normal brainstem auditory evoked potentials with normal latency-intensity studies in patients with acoustic neuromas. *Arch Neurol.* 1988; 45: 1326-1330.
25. Baran JA, Catherwood KP, Musiek FE. Negative ABR findings in an individual with a large brainstem tumor: hit or miss ? *J Am Acad Audiol.* 1995; 6: 211-216.
26. Schlake HP, Milewski C, Goldbrunner RH, Kindgen A, Riemann R, Helms J, Roosen K. Combined intra-operative monitoring of hearing by means of auditory brainstem responses (ABR) and transtympanic electrocochleography (ECochG) during surgery of intra- and extrameatal acoustic neurinomas. *Acta Neurochir.* 2001; 143: 985-95.
27. Polo G, Fischer C, Sindou MP, Marneffe V. Brainstem auditory evoked potential monitoring during microvascular decompression for hemifacial spasm: intraoperative brainstem auditory evoked potential changes and warning values to prevent hearing loss-prospective study in a consecutive series of 84 patients. *Neurosurgery.* 2004; 54: 97-106.
28. Smith D.B., Lell M.E., Sidman R.D., Mavor H. Nasopharyngeal phase reversal of cerebral evoked potentials and theoretical dipole implications. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1973; 34: 654-658.