

ELEKTRİKSEL ODYOMETRİ

1)ELEKTROKOKLEOGRAFI

I. GİRİŞ

Elektrokokleografi (ECochG) koklea ve koklear sinirde oluşan elektriksel potansiyellerin kaydedilmese dayanan OBJEKTİF ve FİZYOLOJİK bir test yöntemidir. Bu yöntem dış kulak yolundan gönderilen ses dalgalarının kokleada elektriksel akımı yani aksiyon potansiyeller oluşturması ve bu aksiyon potansiyellerini kayıt etmeye dayalı bir yöntemdir.

II. SİNİR HÜCRESİ VE FİZYOLOJİSİ

Sinir sisteminde hücreler iki büyük grupta toplanmaktadır:

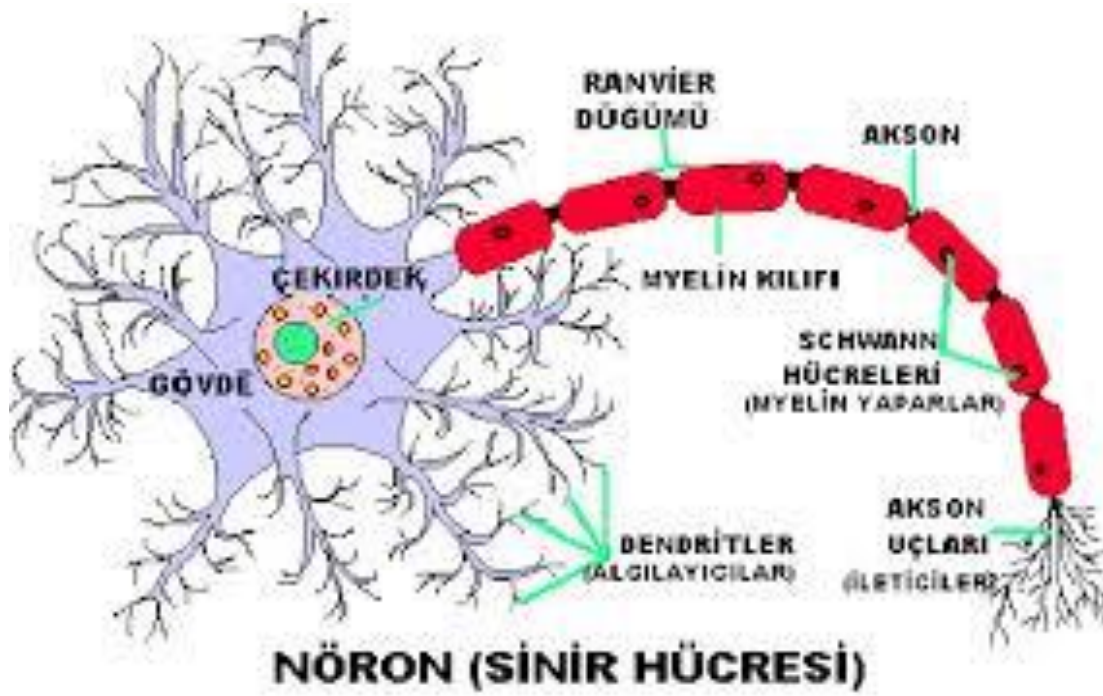
- I. Nöronlar: Sinir sisteminin esas fonksiyonunu yapan hücreler olup, aksiyon potansiyelini oluşturup iletme işi bu hücrelerdedir.
- II. Glia hücreleri: Nöronlara destek görevi yapan hücreler olup, aksiyon potansiyeli oluşturup iletme işine katılmazlar.

Bir nöron; soma, dendrit ve akson denilen üç ana kısımdan oluşur. Soma; çekirdek ve çekirdekçiği içerirken, dendrit soma içerisinden çıkan çok sayıda sitoplazma dallanmalarıdır ve görevi diğer nöronlardan gelen uyarıları alıp, nöron gövdesine iletmektir. Akson, nöron gövdesinden çıkan ve son ucuna kadar dallanma göstermeyen sitoplazmik uzantı kısmıdır. Akson, her nöronda bir tane bulunur. Gövdeden çıkan akson, sinir hücresinden gelen uyarıyı hedef nöron ve/veya dokuya taşımakla görevlidir.

- Böylece sinir hücresini diğer sinir hücreleri veya bir kas hücresi veya bir salgı bezi gibi iş yapan (efektör) hücrelere bağlar ve gerekli uyarıyı tek yönlü olarak taşır.

- Dendritleri aracılığı ile diğer nöronlardan gelen uyarıları alan nöron için bu uyarılar ya inhibitör (baskılayıcı) ya da eksitatör (uyarıcı) niteliktedir. Değişik kaynaklardan gelen zıt yönlü uyarıların nöron gövdesindeki toplamına göre, nöron uyarılır ya da baskılanır ve bu son bilgi nöronun aksonu aracılığıyla bağlı olduğu nöronlara ya da efektör organa (kas,ekzokrin salgı bezi) iletilir.

Uyarının iletimi, aksiyon potansiyelleri denilen elektriksel sinyallerle sağlanır. Basit ve karmaşık davranış arasındaki temel fark, karmaşık davranışta daha çok sayıda ve değişik bilgi içeren nöron gruplarının olaya katılmasıdır.



Dendritler bir ve birden fazla sayıda olabilirken her sinir hücresinin bir adet aksonu bulunur ve aksonların uzunluğu birkaç mikrondan 1m.'ye kadar değişebilir. Aksonlar, akson yumruları veya sinaptik yumrular adı verilen ve içlerinde bol miktarda veziküller içeren çok sayıda düğme şeklindeki oluşumlarla sonlanırlar. Veziküller içinde nörotransmitter olarak tanımlanan ve bir nöronda aksiyon potansiyeli olarak taşınan bilginin, diğer bir nörona aktarılmasında aracılık eden moleküller bulunmaktadır.

Bazı nöronların aksonlarında glia hücreleri tarafından oluşturulan myelin kılıf bulunur. Bu nöronlara myelinli nöronlar denilmektedir. Myelin kılıf aksonun etrafını ranvier boğumları adı verilen kesintili oluşumlarla çevreler ve son derece önemli iki görevi vardır.

- Bunlardan biri aksiyon potansiyelinin akson boyunca son derece hızla yayılmasını sağlamak, diğeri aksonu çevre nöronların uyarılarından etkilenmesini önlemek amacı ile izole etmektir.

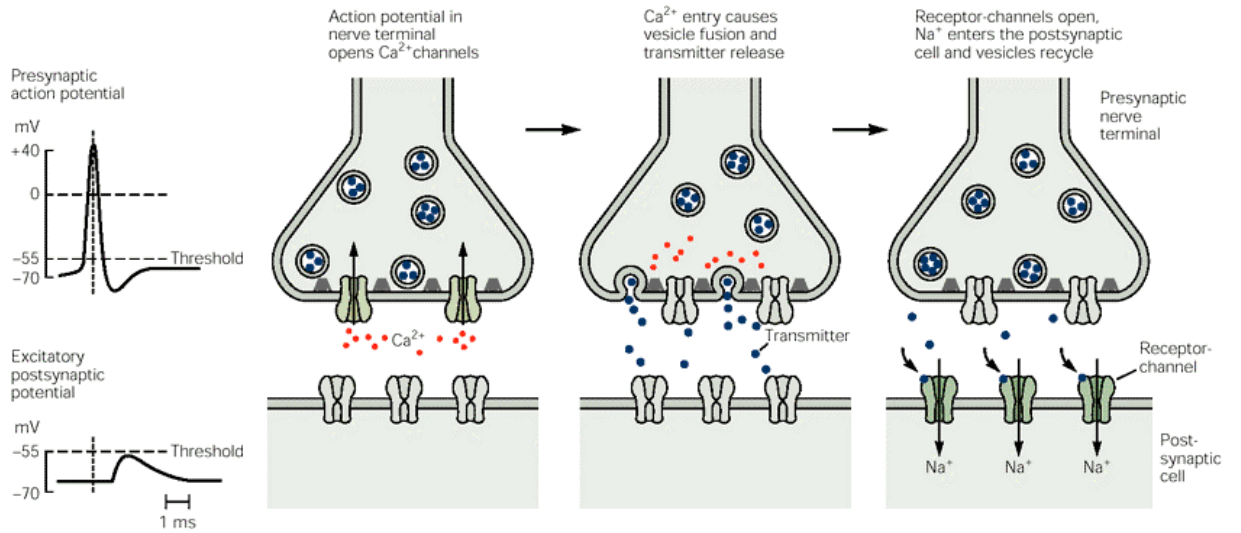
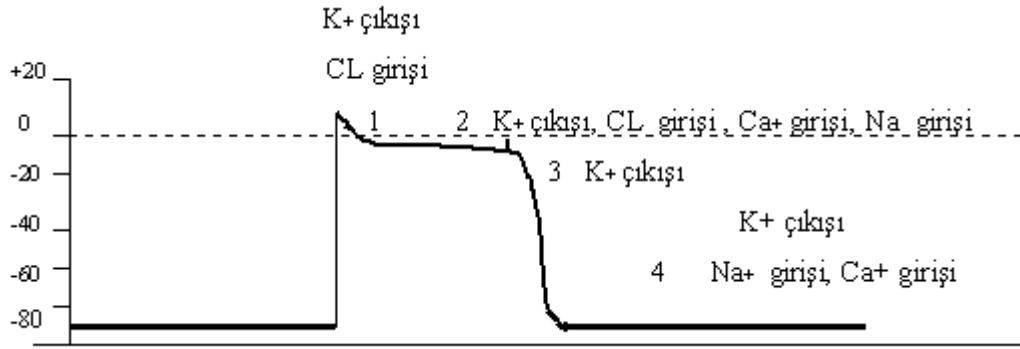
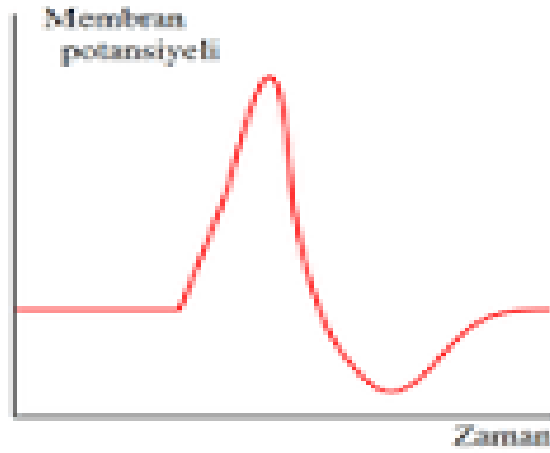
- Myelinli nöronlarda aksiyon potansiyeli bir ranvier boğumundan diğerine sıçrayarak taşınmaktadır. Myelinli nöronlara özgü bu tip taşınmaya saltotori ileti (sıçrayıcı ileti) denilmektedir. Saltotori ileti impuls taşınma hızını bazı nöronlarda 120m/sn kadar çıkarmaktadır.

Sinir hücresinin yarı geçirgen zarı hücre içi ve hücre dışı sıvı arasında membran potansiyel farkının oluşumuna neden olur. Akson zarı sodyum iyonuna karşı geçirgen değildir. Sodyum transferi aktif olarak zardaki Sodyum/Potasyum pompası yoluyla olur. Bu sayede, hücre içi sıvıda yüksek yoğunlukta potasyum (K^+) iyonu ve diğer anyonlar, düşük yoğunlukta sodyum (Na^+) ve Klor (Cl^-) iyonu bulunur. Zarın denge halindeki potansiyeli - 70mV'dur. Zar elektrik uyarı ile uyarıldığında, depolarizasyon olur. Zardaki Na^+ kanallarının Na^+ geçirgenliği artar, sodyum dengelenir ve zar potansiyeli +30mV'a ulaşır, aksiyon potansiyeli açığa çıkar. Bu potansiyel sinir lifi boyunca yayılım gösterir.

Sinaps, bir nöronun aksonunun (presinaptik nöron) diğer bir nöronun (postsinaptik nöron) soması veya dendritleri ile yaptığı özel bağlantı bölgeleridir. Bir postsinaptik nöronun soması veya dendritlerinde binlerce sinaptik bağlantı bulunabilir. Ayrıca bir presinaptik nöronun aksonu tek bir nörona sonlandığı gibi çok sayıda nöronla da sinaptik bağlantı yapabilir. Sinaptik bağlantı bölgeleri elektron mikroskopu ile incelendiğinde sinir kas kavşağı bağlantı bölgelerine benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ancak bu iki yapı kesinlikle birbirlerine karıştırılmamalıdır. Sinaptik yumruları,

postsinaptik nöron hücre zarı ile arasında 20nm lik bir açıklık kalacak şekilde sonlanmaktadır. Bu açıklığa sinaptik kleft=sinaptik açıklık denilmektedir. Sinaptik iletiden sorumlu nörotransmitterler, daha öncede söz edildiği gibi presinaptik nöronun sinaptik yumrusu içinde bulunmaktadır. Presinaptik nörondaki aksiyon potansiyeli, akson boyunca ilerleyip sinaptik yumrulara ulaştığı zaman, veziküller içindeki nörotransmitterler, ekzositoz ile sinaptik aralığa boşalır, bunu takiben nörotransmitterler, postsinaptik nöron zarında bulunan kendilerine özel reseptörlere bağlanarak, postsinaptik nöronu ya uyarırlar ya da baskırlar (inhibisyon). Uyardıkları zaman, aksiyon potansiyeli postsinaptik nöronun aksonu boyunca taşınmaya devam eder. Eğer inhibisyon söz konusu ise postsinaptik nöron uyarılmaz ve sinirsel ileti bu noktada kesintiye uğrar. Postsinaptik nöronun uyarılması veya inhibe edilmesi presinaptik nörondan salıverilen Nörotransmittere bağlıdır. Sinaptik iletide görev yaptığı saptanan çok sayıda kimyasal ajan bulunmuştur ve bunların sayıları yapılan sayısız deneyler sonucunda da her gün artış göstermektedir. Asetilkolin, norepinefrin (noradrenalin), epinefrin (adrenalin), dopamin, serotonin, GABA (gama amino butirik asit) glisin, histamin bunlardan yalnızca önemli olan bir kaçının ismidir.

Bir aksiyon potansiyelin yayılması hücre içinde sodyum ve potasyum dengesinde bozulmaya yol açarak hücrenin içinde negatif veya pozitif yük dengesizliğine yol açmakta olup elektriksel aktiviteye yani aksiyon potansiyellerinin oluşumuna yol açarlar.



Bu potansiyeller bir dış uyaran tarafından deneğin sinirsel yapılarında cevap olarak oluştuğundan bu potansiyellere uyandırılmış (evoked) potansiyeller denilmektedir. Uyandırılmış potansiyel (UP, evoked potential=EP), bir dış uyarana karşı merkez sinir sisteminin

(MSS) elektriksel aktivitesinde ortaya çıkan değişim olarak tanımlanabilir. Dışarıdan verilen uyarılarla zamansal ilişki içinde olan bu aktivite değişimlerinin kaydedilmesi sinir yollarındaki iletim hakkında bilgi sağlar. Ancak, söz konusu biyoelektrik potansiyeller çok küçük voltaj değerlerine sahiptirler ve beyin aktivitesinin ürettiği sinyaller ya da kendilerinden çok daha kuvvetli biyolojik ve çevresel (elektromanyetik) parazitlerin arasında kaybolurlar. Bu nedenle UP incelemesinde uygulanan uyarıyı izleyen belirli bir zaman periyoduna ait sinirsel aktivite elektrodla ile kaydedilip amplifiye edilir. Bu şekilde yapılan çok sayıda kayıtlamanın elektronik olarak ortalamaları alınır. Bu ortalama alınması işlemine averajlama denir. Böylece dışarıdan uygulanan sinyale göre zamansal açıdan rasgele nitelik taşıyan aksiyon potansiyeli dalgaları silinirken, uyarı ile zamansal ilişki içinde olan uyandırılmış potansiyeller kayıt trasesi üzerinde belirginleşir. Birbirini izleyen en az iki averajlama yapılarak elde edilen potansiyellerin uyarıya yanıt olarak kaydedilmiş gerçek biyoelektriksel potansiyeller olduğundan ve herhangi bir artefakt kaynağından doğmadığından emin olunmaya çalışılır. Elde edilen potansiyellerin uyarıya olan zamansal uzaklığı (latans, gecikme), sinir sisteminin farklı yapılarından kaynaklanan potansiyeller arasındaki latans farklılıkları ve söz konusu potansiyellerin genlik değerleri ölçülebilir. Bu değerlerin normal birey gruplarından elde edilenlere oranla belirgin farklılık göstermesi ya da aynı hastanın sağ ve sol tarafları arasında anlamlı derecede farklı oluşu söz konusu uyarıyı taşıyan yollarda iletimin aksadığını gösterebilir.

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme gibi gelişmiş nörolojik görüntüleme yöntemlerinin kullanıma girişi ile UP'lerin klinikte kullanıldığı alanlar kısıtlanmış görünmektedir. Ancak;

- Görüntüleme yöntemleri siniri tutan lezyonlar hakkında daha çok anatomik bilgiler sağlarken, UP'ler yardımı ile sinir sistemi içindeki iletimin fizyolojik özellikleri hakkında veri elde edilebilir.

- Mevcut yöntemlerle görüntülenemeyen lezyonların yol açtığı hasarlar hakkında bilgi verebilir. Çünkü MR’da bir lezyonun görüntülenebilmesi için en önemli kriter lezyonun belirli bir büyüklüğün üstüne çıkmış olması gerekliliğidir.

Bu potansiyeller anatomik olarak oluştuğu sinirin hemen üstünden kayıt edilmekte ise yakın alan tekniği adını alır. Bu nedenle ECochG bir yakın alan tekniğidir. Bu yöntemle;

- a. Koklear Mikrofonu (CM)
- b. Sumasyon Potansiyelleri (SP)
- c. Aksiyon Potansiyelleri (AP) kayıt edilmektedir.

Bu teknik 1940’lı yıllarda uygulanmaya başlamış olmasına rağmen ekstratimpanik yani non-invazif kayıt olanakları 1970’lerin ortalarında geliştirilebilmiştir. Non-invazif teknik halinde ilk ortaya çıktığında bilgisayarların yeni yeni kullanıma giriyor olmasından dolayı gelişen ortalama tekniklerinin kullanılmasından kaynaklı avantaj ile hızla yaygınlaşmış ancak hemen arkasından ABR’nin kullanıma girmesi ile yıldızı birden sönmüştür.

Günümüzde ECochG;

- Meniere/endolenfatik hidrops ve buna bağlı hastalıkların tanısının konulmasında ve izlenmesinde kullanılmaktadır.
- ABR testindeki I. dalgaının temsil ettiği alanın detaylı kayıtlaması olduğundan bu özelliğine yönelik kullanımları da bulunmaktadır.
- İşitsel nöropatisi olan hastalarda kokleada dış tüylü hücrelerin aktivasyonlarının gösterilmesi amacıyla kullanılmaktadır. KM’nin gösterilmesi dış tüylü hücrelerin aktive etmekte olduğu anlamına gelir.

*Polarite Tanımı: Uyarın polaritesi uyarının hoparlör diyaframında oluşturduğu ilk hareket olarak tanımlanır. Üç farklı uyarın polaritesi vardır. Bunlar rarefaksiyon, kondansasyon ve alternedir. Rarefaksiyon polarite fizyolojik olarak timpan membran ve stapes tabanının dış yana doğru hareketine neden olur. Böylece skala vestibulide yukarı doğru bir hareket oluşur ve afferent nöronların daha çok uyarılması sonucu depolarizasyon meydana gelir. Kondansasyon polarite rarefaksiyon polaritenin tam tersi bir etkiye neden olur. Kondansasyon polaritede timpan membran ve stapes tabanı kokleaya doğru hareket eder ve skala timpaninin aşağı doğru hareketi ile hiperpolarizasyon oluşur. Alterne polarite bu iki polaritenin ard arda sunulması sonucunda ortaya çıkmaktadır.

III. KOKLEAR POTANSİYELLER

- Koklear Mikrofonu

Düşük ve orta şiddetteki uyarılara bağılı ortaya çıkmaktadır. Bazal kıvrımdaki dış tüylü hücrelerin oluşturduğu uyarının polaritesini taklit eden potansiyellerdir. Dolayısıyla bu potansiyeller uyarının formasyonunu taklit eder ve uyarın ile eşit süreye sahiptirler.

- Sumasyon Potansiyelleri

İç tüylü hücrelerin aktivasyonundan oluşmaktadırlar. Bu potansiyeller uyarın ses dalgasının özelliklerini yansıtan potansiyellerdir. Süresi uyarın süresi ile uyum göstermekte olduğu halde fazı farklılık göstermektedir. Baziler membran titreşimindeki asimetriyi yansıtmaktadır. Transdüksiyon aşamasında kokleanın non-lineer özelliğinden kaynaklı olarak amplitüdünün meydana geldiğı düşünülmektedir. Yani OAE'daki distorsiyon produkt benzeri özellikler gösteren potansiyellerdir. Bu özellikleri klinikte kullanım alanı yaratmaktadır.

- Aksiyon Potansiyelleri

ABR'deki birinci dalganın karşılığı olan potansiyellerdir. Aksiyon potansiyelleri koklear sinirin ürettiği aksiyon potansiyellerinin kombine yanıtını yansıtan potansiyellerdir. Aksiyon potansiyelleri koklear mikrofondan ayıran en önemli yanı uyaran polaritesinden bağımsız polariteye sahip potansiyeller olmasıdır. Averajlama sırasında koklear mikrofoni bu özelliği sayesinde yok olabilecekken aksiyon potansiyelleri ve sumasyon potansiyelleri varlığını sürdürmektedir. Bu bilgiye göre aksiyon potansiyelleri ile sumasyon potansiyellerinin polaritesi her zaman aynıdır.

IV. ELEKTRODLAR VE YERLEŞİMLERİ

Hücreler tarafından üretilen elektrik potansiyellerinin ölçümü için bu potansiyellerin olduğu bölgede kayıtlanması gerekmektedir. Bu kayıtlamayı elektrodlar aracılığı ile yapmaktayız. Daha önce de bahsettiğimiz gibi koklear potansiyeller yakın alan potansiyelleridir ve mümkün olduğunca sinire yakın bir bölgeden kayıtlanması gerekmektedir. Elektrod pozisyonlanması EcochG'de en önemli konudur.

EcochG'de iki tip elektrod yerleşimi olabilir.

- Transtimpanik
- Ekstratimpanik

Transtimpanik yöntemde timpan membran geçilip promontoriuma direk olarak uygulanmak zorundadır. İnvaziv yani ağrılı bir yöntemdir.

Ekstratimpanik yöntemde ise ya kulak zarına (Timpanomembranik uygulama) elektrodun yapıştırılması gerekmektedir. Bir başka yöntem ise ekstratimpanik yöntem dış kulak yoluna elektrodun uygulanması ile yapılır.

Bu üç uygulamada bilinmesi gereken potansiyellerin kaynağından uzaklaşıldığı ölçüde cevap olarak oluşacak aksiyon potansiyellerinin amplitüdlerinin düşeceği ve parazitlerin artacağını bilmek gerekir.

Elektrod Yerleşimi	Kullanım Alanı	Avantaj	Dezavantaj
Dış Kulak Yolu	• ABR I. Dalga Kayıt Problemi • İşitsel Nöropati • KM Pozitifliği	• Non-İnvaziv	• Amplitüdlere Düşük • İşitme Kayıplı Hastada sınırlı Değerli
Timpan Membran	• Meniere Hastalığı	• Non-İnvaziv • Amplitüdlere Yüksek	• Bazı Hastalarda Uygulanması Zordur. • Teknik Olarak Zor
Transtimpanik (Promontorium)	• Meniere Hastalığı/Endolen fatik Hidrops • Operasyon Sırasında Moniterizasyon	• Terarlayan Yanıtlar • Sabit Yerleşim • Büyük Amplitüdlere	• İnvazif • KBB Uzmanı ile yapılır

Her üç yöntemden de elde edilen sonuçlar güvenilirdir.

V. KAYIT ÖZELLİĞİ

A. Bu test tekniğinin en önemli zorluğu;

- a) Belirgin bir test hazırlığı protokolünün olmaması
- b) Dar bir alanda elektrodların yerleştirilmesi gerekliliği
- c) Dış kulak yolunda kirlilik olması durumunda testin yapılmaması uygun olacaktır.
- d) 40-50 dB HL ve üzeri işitme kaybı olan ve 1000-4000 Hz aralığında testin sonuçları yeterince güvenilir değildir.

B. Elektrodlar

- a) Tuz ve Elektrod Jeli içeren Pamuk Elektrodlar
- b) Hidrojel Fitol Elektrodlar

*Tam iletkenliğin sağlanabilmesi için altına sarılarak kullanılır.

C. Uyarın Tipi

- a) Klik uyarın koklear siniri en iyi uyarın uyarın tipidir
- b) Tone Burst uyarın 1000 Hz'de Meniere Hastalığının tanısında tercih edilir.

D. Uyarın Süresi

- a) AP'nin oluşabilmesi için kısa süreli uyarınlar kullanılmalıdır.

E. Uyarın Sıklığı

- a) Uyarın sıklığı 7,1 sinyal/sn olarak ayarlanmalıdır.

F. Analiz Zamanı

- a) Sadece kokleografi yapılacak ise 5 milisaniye
- b) ABR ile kombine edilecek ise 10-15 milisaniye

VI. KULLANIM ALANI

- Meniere Hastalığının tanısında başlarda kullanılmış olsa da bu hastalığın tanısı için klinisyenler tarafından fazla invazif bulunmaktadır. Çünkü bu kadar invazif bir yöntem olmasına rağmen Meniere Hastalığının tanısında yeterince hassas bir yöntem değildir.
 - i. Meniere, iç kulakta bulunan ve dengeden sorumlu olan sıvılardaki basıncın mikrobiyotik oluşumlar nedeniyle artmasından kaynaklanmaktadır.
 - ii. Hastalığın en önemli belirtisi, ataklar halinde gelen baş dönmesidir.
 - iii. Meniere'de, iç kulak sıvılarındaki basınç değişimi; hastada, denge ve işitme kaybına neden olmaktadır.
- İşitsel nöropatinin tanısında ve izlenmesinde etkin bir yöntemdir.
 - i. İşitsel nöropati , işitsel beyin sapı cevabı yokluğu veya ciddi derecede azalması, koklear mikrofonik ve

otoakustikemisyona cevapı mevcut olan işitme kaybı ile karakterize bir hastalıktır.

ii. Klinik olarak;

1. Bilateral işitme kaybı,
2. Normal dış tüylü hücre varlığı,
3. Auditory Brainstem Response (ABR)'de 1.dalga ile başlayan anormal uyarılmış potansiyeller
4. Düşük konuşma algılaması
5. 110dB seviyesinde ipsilateral akustik refleks cevabı alınamaması ile ortaya konulmaktadır.

iii. İşitsel nöropatide normal dış tüylü hücre fonksiyonu mevcut iken, iç tüylü hücreler, koklear sinir veya bu sinir ile tüylü hücreler arasındaki nöral veya sensöriyel cevapta bozukluk mevcuttur. Fakat santral sinir sisteminde patoloji söz konusu değildir. Günümüzdeki mevcut yöntemlerle patolojinin tam olarak hangi seviyede olduğunu saptamak mümkün değildir.

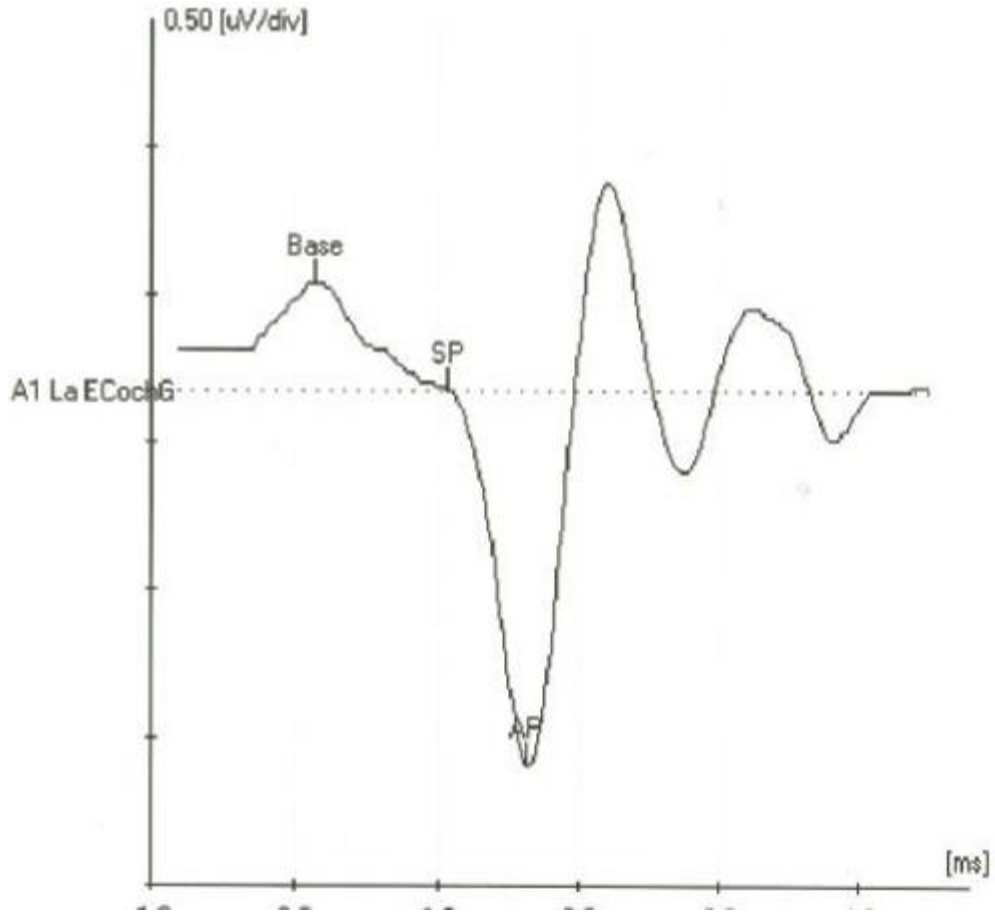
- I. Dalga'nın bulunması

VII. ANALİZ

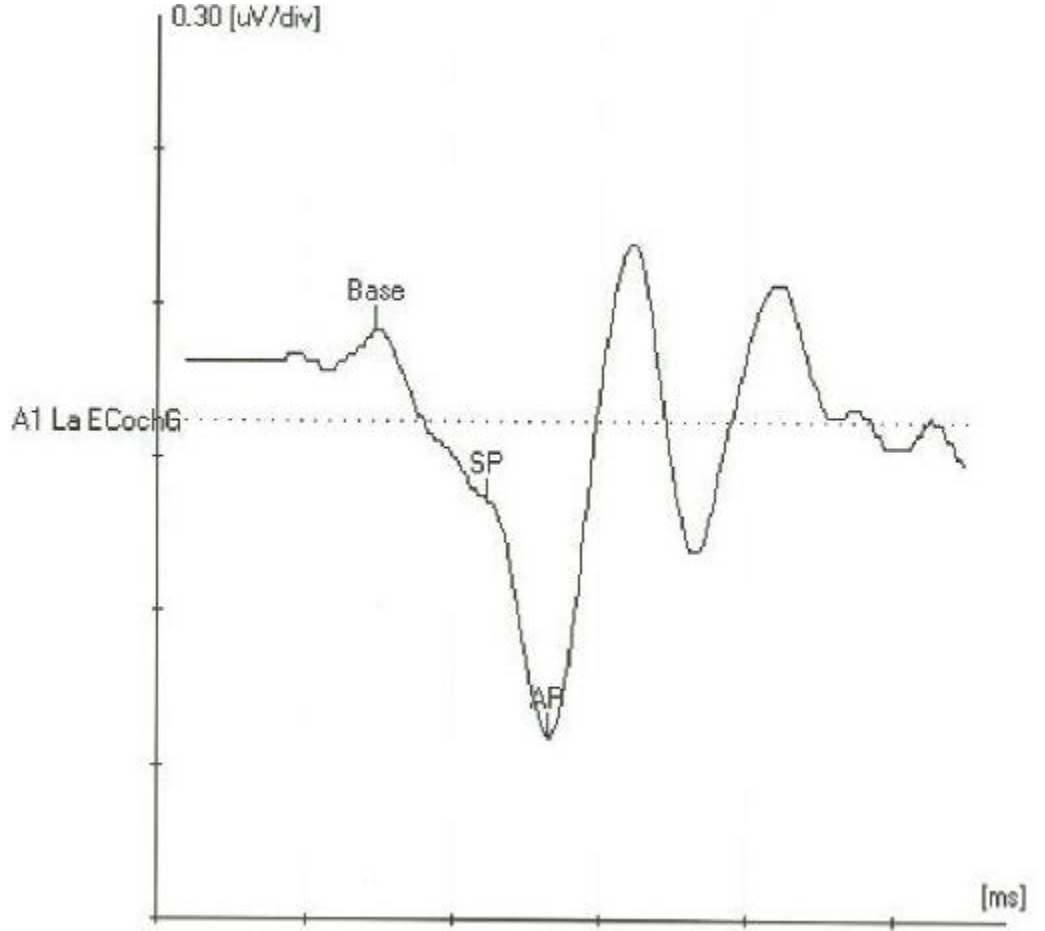
- Elektrokokleogramdaki bazı parametreler ile değerlendirme yapılmaktadır. Bu parametreler;
 - i. Latans
 - ii. Amplitüd
 - iii. Eğri altı alan analizi

A. Amplitüd analizi

- Sumasyon potansiyelleri bazal membranın titreşmesindeki asimetriyi yansıtacağına göre endolenf basıncı artışı ile giden Meniere Hastalığında bu membranın titreşmesindeki asimetri artacaktır. Yani Meniere Hastalığında SP amplitüdları artacaktır. Bu durumda SP/AP amplitüd oranında artış olacaktır.



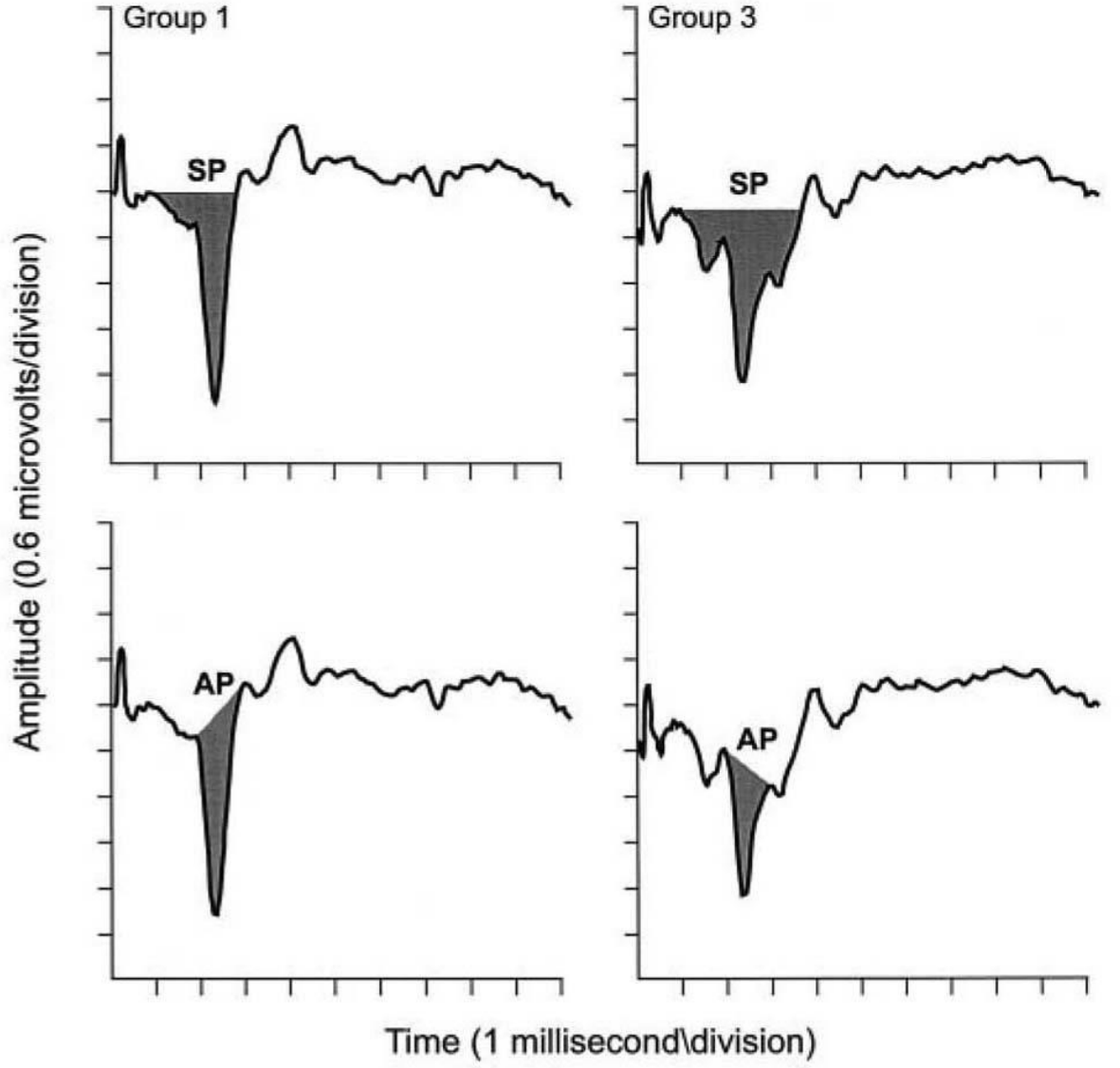
Şekil 1: Normal bir EcoGh



Şekil 2 : Meniere Hastalığı olan bir kişide EcoGh

B. Eğri altında kalan alan analizi

- SP/AP alan analizi potansiyellerin değerlendirilmesinde daha hassas bir yöntemdir. Şekilde gösterildiği şekilde alana analizleri yapmak mümkündür.
- Meniere Hastalığında SP alanı /AP alanı ARTACAKTIR.



Şekil 3: SP ve AP eğri altı alanlarının tespiti

C. Latans Analizi

- Meniere Hastalığı olan bir kişide latanslar artmış olarak tespit edilir.

2)ASSR (AUDİTORY STEADY STATE RESPONSE) (İŞİTSEL KARARLI DURUM CEVABI)

I. GİRİŞ

- Literatürde çeşitli isimleri mevcuttur;
 - SSEP Steady State Evoked Potential
 - SSER Steady State Evoked Response
 - ASSEP Auditory Steady State Evoked Potential
 - AMFR Amplitude Modulation Following Response
 - FFR Frequency Following Response
- ABR'ye alternatif olarak geliştirilmiş bir yöntemdir.
- Uyuyan ve uyanık bireylerdeki işitsel uyaranlara karşı beyindeki cevapları ölçme ile ilgili bir yöntemdir.
- ASSR kaydında kullanılmakta olan eşsiz yöntem sayesinde davranışsal testler ile cevap elde edilmesi mümkün olmayan hastalarda işitme hassasiyetinin OBJEKTİF olarak değerlendirilmesini sağlayan bir testtir.

II. TANIM

- SÜREKLİ, KESİNTİSİZ ve PERİYODİK OLARAK DEĞİŞTİRİLEREK (modüle edilerek) verilen uyarana karşı beyinde meydana gelen KESİNTİSİZ ve PERİYODİK elektriksel cevaplardır.
- ASSR beyinde meydana gelen tek bir değişikliği ölçen bir cevap olmayıp uyarının özelliği gereği pek çok beyin bölgesinin uyarılması sonucu kesintisiz ve periyodik olarak meydana gelen cevapları ölçtüğünden beynin işitsel işlem kapasitesini ölçen bir yöntemdir.

III. ASSR'nin OLUŞUMU

- Öncelikle kokleanın fizyolojisi gereği her bir frekansın uyardığı belirli bir bölge mevcut olduğunu hatırlamak gerekir.
- ASSR'de uyarının iki özelliği vardır.
 - Gönderilen uyarı belirli bir frekansta gönderilmekte olup bu frekansa UYARAN FREKANSI adı verilmektedir.
 - Yine bu uyarı belirli sıklıkta modüle edilerek yani AMPLİTÜDÜ değiştirilerek modüle edilmektedir. Bu amplitüdün değiştirilme sıklığına MODÜLASYON FREKANSI denilmektedir.
- Uyaran Frekansı ve Modülasyon Frekansı belirli uyarın sayesinde koklear membranın BELİRLİ BİR BÖLGESİNE BELİRLİ SAYIDA enerji paketleri gönderilmiş olmaktadır.
- Bir frekansta uyarı gönderildiğinde kokleanın belirli bir bölgesi uyarılmasının yanında bu uyarının kaç defa uyarıldığı da belirlenmiş olur.
- Burada durumun anlaşılması için bir davulu düşünmenizi istiyorum. Davulun belirli bir bölgesine belirli sayıda vuruş gerçekleştirilir ise eğer bu davulun o bölgesi standart gerginlikte ise çıkması gereken ses bellidir. İşte bu ses duyulduğunda davulun normal bir davul olduğuna karar veririz. İşte biz de kokleada belirli bir bölgeye belirli miktarda uyarı yapmakta ve bunun sonunda yeterli sayıda nöral cevap oluşumunu beklemekteyiz.
- Burada anlaşılması gereken bir başka önemli nokta uyarılar gibi cevaplarında üst üste binerek belirli bir yığınla oluşmasını beklediğimizdir. Üst üste binme olayı şu şekilde gerçekleşmektedir. İç tüylü hücreler art arda

uyarıldığında depolarize olmuş hücreler repolarize olmaya zaman bulamadıklarından polarize kalırlar. Bir önceki uyarı sonlanmadan beyinde yeni uyarı oluşmakta ve cevaplar ÜST ÜSTE BİNMEKTE ve KESİTİSİZ (*STEADY STATE*) durumu meydana gelmektedir.

IV. ASSR'de NÖRONLARIN CEVABI

- Kokleanın frekansa özgü bölgelerinin uyarıldığını biliyoruz. frekans modülasyonu da değiştikçe beyinin de uyarılan bölgeleri değiştirmektedir.
- İki tip uyaran frekans modülasyonu yapılmaktadır;
 - 40 Hz ASSR; 35-45 Hz sıklıkla modülasyon yapılan ASSR tekniği
 - 80 Hz ASSR; 70-110 Hz sıklıkla modülasyon yapılan ASSR tekniği
- ASSR tüm işitsel sinir sistemini aynı anda uyarmakta olsa da Frekans Modülasyonu arttıkça daha alt beyin yapılarının uyarılmasının daha baskın hale gelmektedir. Örneğin 20 Hz ve altı frekans modülasyonunda korteks işitsel nöronları daha aktif iken 70 Hz ve üstünde beyin sapı nöronları daha aktif hale gelmektedir. Bu durumda 40 Hz civarındaki frekans modülasyonunda talamokortikal yapıların daha aktif olacağını kestirmek hiç te zor değildir.
- 40 Hz frekans modülasyonunun iki klinik önemi daha mevcuttur;
 - Bebeklerde nöroplastisite daha başlangıç aşamasında olduğundan henüz nöronlar arasında yeterince bağlantı kurulamamış olduğundan cevap zayıftır.
 - Erişkinler de ise uyku halinde iken korteks ile alt beyin yapılarının iletişimi zayıfladığından aynı etki yani cevapta azalma olmaktadır. Dolayısıyla

yüksek frekans modülasyonlarının cevabını
uykuda değerlendirmek daha kolay olmaktadır.

V. UYARAN TİPLERİ

A. Taşıyıcı Frekans

- i. Baziler membran üzerinde uyarılan bölgeyi belirleyen frekans

B. Modülasyon Frekansı

- i. Taşıyıcı frekansın amplitüdünün bir saniye içinde değiştirilme sayısı

C. Amplitüd Modülasyonu

- i. Tüm testlerde olduğu gibi bu testte de frekansa özgü cevaplar aranmaktadır. Bu nedenle uyaranda amplitüd modülasyonu yapılması da gerekmektedir.
- ii. Amplitüd Modülasyonu sayesinde uyarılan bölgeye gönderilen sesin şiddeti saniyede Modülasyon Frekansı kadar değiştirilmektedir.

D. Frekans Modülasyonu

- i. Bazal membranın uyarılan bölgesinde genişletme yapmak gerekebilmektedir. Bu durumda frekansı da modüle ederek bazal membranın uyarılan bölgesinde genişletilmeye gitmek mümkündür. Buna FREKANS MODÜLASYONU denir.
- ii. 1000 Hz saf sesin %50 modülasyonu durumunda uyarın frekansı 1000'in yüzde elli değeri olan 500 Hz kadar değişiklik göstermektedir. Yani sesin frekansı 750 Hz ile 1250 arasında değiştirilmektedir.

E. Karma Modülasyon

- i. Hem amplitüdün hem de frekansın modüle edildiği test uyarı tipidir.

F. Modülasyon Derinliği

- i. Amplitüd ve/veya Frekans modülasyon büyüklüğü

G. Tekli Uyarın Tekniğı

- i. Tek Kulak, Tek Uyarın, Tek Seferde verilen uyarın

H. Eş Zamanlı Çoklu Uyarın Tekniği

- i. Tek veya İki Kulağa, Eş Zamanlı, Çok Sayıda Uyarın
- ii. Kısa test süresi sağlar.
- iii. Bir çeşit maskeleye yaparak frekansa özğü ölçüm olanağını artırır.

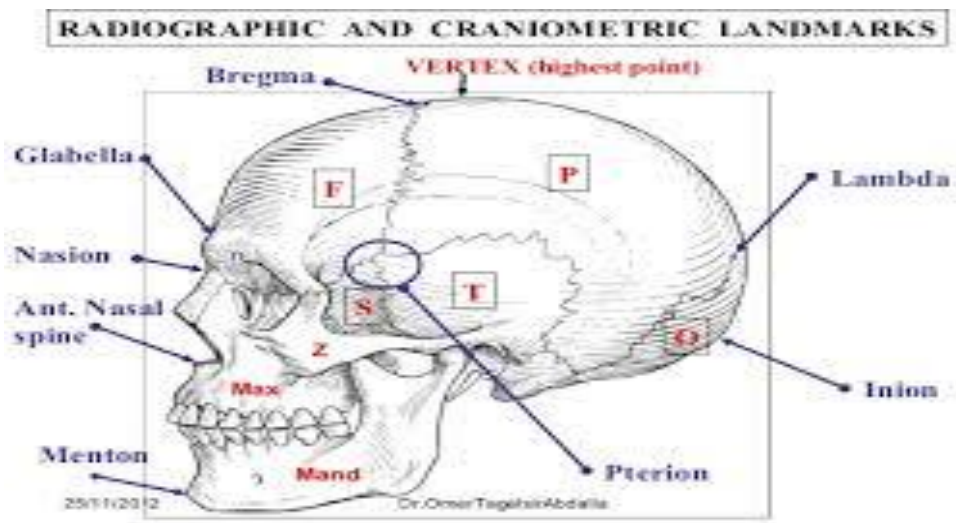
I. Örnekler

- i. Örnek1; Modülasyon frekansı 100 olan 1000 Hz taşıyıcı frekanslı püre ton uyarın
 - o Kokleanın 1000 Hz bölgesi saniyede 100 defa amplitüdü sabit bir uyarın ile uyarılmaktadır
- ii. Örnek2; Modülasyon Frekansı 100 Hz olan Amplitüd Modülasyonu %2 Taşıyıcı Frekansı 1000 Hz saf seste
 - o Kokleada 1000 Hz frekans bölgesi uyarılmakta olduğu halde saf sesin amplitüdü saniyede 100 defa maksimum değerden minimum değere %2 değıştirilerek verilmektedir. Yani kokleanın 1000 Hz bölgesi her biri farklı enerji paketleri içeren ses uyarını ile saniyede 100 defa uyarılmakta olup periyodik olarak uyarının şiddeti de %2 oranında dalgalandırılmaktadır.
- iii. Örnek3; Modülasyon Frekansı 100 Hz olan Amplitüd Modülasyonu %100 Taşıyıcı Frekansı 1000 Hz saf seste
 - o Kokleada 1000 Hz frekans bölgesi uyarılmakta olduğu halde saf sesin amplitüdü saniyede 100 defa maksimum değerden minimum değere %100 değıştirilerek

verilmektedir. Yani kokleanın 1000 Hz bölgesi her biri farklı enerji paketleri içeren ses uyararı ile saniyede 100 defa uyarılmakta olup periyodik olarak uyararının şiddeti de %100 oranında dalgalandırılmaktadır.

VI. UYARANIN VERİLMESİ VE CEVABIN KAYIT EDİLMESİ

- 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'deki taşıyıcı frekanslar verilir.
- Temel olarak iki tip modülasyon frekansı kullanılır.
 - 40 Hz
 - 80 Hz
- Uyarın şiddeti 0 ile 125 dB HL arasında değişmektedir.
- Deri üzerine yerleştirilen uzak alan elektrodları ile kayıt yapılmaktadır.
- Elektrod yerleri değişmekle birlikte;
 - Kulak Memesi arkası mastoid planumlar (ipsi ve kontralateral)
 - Vertex yani alın en yüksek noktası
 - Arkada inion noktası
 - Resim 1 Vertex ve İnion Noktası
 -



- Beyin aktivitesini tümünü değil sadece istenilen bant aralığını kayıt etmek istediğimizde filtrelerin kullanılması kaçınılmazdır. Bu amaçla;
 - 40 Hz Modülasyon frekansında 10-100 Hz
 - 80 Hz Modülasyon frekansında 30-300 Hz filtreler kullanılmaktadır.
- Kayıt edilmek istenen aktivite oldukça küçük olduğundan amplifiye edilmelidir.
- Sinyal/Gürültü oranının arttırılması gereklidir. Hem myojenik hem EEG kökenli oldukça yoğun gürültüden arındırma amaçlı olarak;
 - Uyarının yoğunlaştırılması
 - Elektrod Montajında hassas davranılması
 - Averajlama Yapılması
 - Filtreleme
 - Artefakt Reddetme
 - Hastanın uyku halinde veya olabildiğince gevşek halde olması gerekmektedir.

VII. CEVABIN ANALİZ EDİLMESİ

- ABR’de verilen uyarının cevabı arasındaki zaman farkı yani LATANS’a dayalı değerlendirilme yapıldığı halde ASSR’de değerlendirme FREKANS bilgisi üzerinden yapılmaktadır. Bu nedenle ASSR’de zaman içerikli amplitüd ve latans bilgisi spektral özelliklerine göre yeniden şekillendirilmektedir.

A. SPEKTRAL ANALİZ YAKLAŞIMI

- i. Frekansa dayalı değerlendirme yapılırken arka plandaki EEG gürültüsünden kurtulmak gerekmektedir.
- ii. Bu nedenle elde edilen bilginin komşu dokularda üretilen frekanslardan ayrı olup olmadığı kontrol edilmelidir.

- iii. Saniyede defalarca oluşan frekans bölgesindeki değişimler art alanda meydana gelen EEG ile karşılaştırılır.
- iv. Karşılaştırılırken kullanılan yöntem F-TESTİ'dir.
- v. F-Testine göre İSTATİKSEL olarak anlamlı bir farklılık var ise ASSR cevabı var denilmektedir. Bu yönetime **SPEKTRAL ANALİZ** yöntemi denilmektedir.

B. FAZ ANALİZ YAKLAŞIMI

- i. Faz analizine dayalı bir yöntemdir.
- ii. Cevaplar merkez dışarı olan çizgiler şeklinde verilir.
- iii. Eğer cevaplar bir bölgede kümeleşmiş ise yine istatistiksel bir yöntem olan FAZ İSTATİSTİĞİ'ne göre ASSR cevabı var denilir.

VIII. ASSR'yi ETKİLEYEN FAKTÖRLER

A. Yaş

- i. 40 Hz Modülayon frekansı 14 yaşına kadar anlamlı kabul edilmemektedir.
- ii. Yaşamın ilk döneminde 40 Hz Modülayon frekansı hızlı bir artış dönemi yaşamaktadır ve tekrarlayan testler yapmak yenidoğanlarda anlamlı olmaktadır. Bu yüzden ilk 4-8 haftada testin yapılması testin değerini artırır.

B. Uyku

- i. Erişkinlerde 80 Hz cevaplarını uyanık iken tespit etmek daha güç olmaktadır.
- ii. Uyanık erişkinde 40 Hz cevabın amplitüdüleri azalmaktadır.
- iii. Yenidoğanlarda iç gürültünün yüksek olması sebebiyle ASSR cevaplarını tespit etmek güçleşmektedir.

C. Anestezi

- i. Anestezi altındaki bireylerde cevaplar azalmaktadır.

D. Dikkat

- i. Uyanık bireyde dikkatin başka bir noktada olması cevapları düşürmektedir.

E. İnternal Gürültü

- i. Gürültü arttıkça yapılacak kaydın ve cevapların kalitesi düşmektedir.
- ii. Stres ve kas aktivitesi gösteriyor olmak iç gürültüyü arttıran etmenlerdendir.

IX. ASSR'nin KLİNİK UYGULAMALARI

- ASSR diğer fizyolojik ve elektrofizyolojik testler gibi gerçek bir işitme testi değildir. Bu nedenle davranışsal eşiklerin güvenilir şekilde elde edilemediği durumlarda test bataryası içinde kullanılmalıdır.

A. İşitme Taraması

- i. Gelecekte işitme taramalarının daha güvenle yapılmasını sağlayacak yöntem olarak görülmektedir.

B. Davranışsal Eşik Tahmini

- i. Eşik; bir cevabın oluşması için verilmesi gereken en düşük uyarı miktarıdır.
- ii. Yukarıdaki tanım ışığında Davranışsal Eşik her zaman için Fizyolojik Eşikten **büyüktür**.
- iii. ASSR fizyolojik eşiği belirleyen bir yöntemdir.
- iv. Fizyolojik eşikler davranışsal eşiklerin tahmini için faydalıdır.
- v. Böyle bir tahmin yaparken çeşitli formüller geliştirilmiş olup bunlara **REGRESYON** ve **DÜZELTME YAKLAŞIMI** denilmektedir.

C. Eşik Doğruluğu

- i. Davranışsal Eşiklerin doğruluğu için en uygun yöntem 40 HZ ASSR yöntemidir.

- ii. 40 Hz ASSR eşikleri ile davranışsal eşikler arasında 10 dB fark olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmektedir.

D. İşitme Cihazı Kazançlarının Belirlenmesi

- i. ASSR'nin klinikte şu anda en yaygın kullanım alanı budur.

E. Koklear İmplantlar

- i. Uygun adayın belirlenmesinde faydalıdır.

F. İşitsel İşleme

G. İşitsel Nöropati

X. ASSR'nin AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Avantajlar	Dezavantajlar
Frekansa özgü işitme eşik tahmini	Yenidoğanlarda kullanımı problemlidir
Objektif bir yöntem olması	Gerçek nöral kaynak bilinmiyor
Aynı anda her iki kulakta çok sayıda frekans bölgesinin araştırılabilmesi	Cevaplar küçük amplitüdlü ve gürültüler tarafından maskelenebiliyor
Serbest alan hoparlörleri kullanılabilir	Ölçümün sedasyon-uyku gerektirmesi
Yüksek şiddette uyaran verilebilir	Koklear ve Nöral kayıp ayrımı yok
Eşik güvenilirliği yüksektir.	Hafif dereceli kayıpların belirlenmesinde başarısız
İşitsel işleme hakkında bilgi verir	İletim tipi işitme kayıplarında kullanımı sınırlı
Karma modülasyon konuşma uyarını muadilidir	Yüksek şiddet uyaran olduğunda sahte cevaplar oluşabilir

XI. SONUÇ

- Tüm yöntemlerde olduğu gibi ASSR'de üç elektrodun bağlanıp başlat düğmesine basılarak sonucun elde edilebileceği bir yöntem değildir.
- Tüm testlerin yapılabilmesi için anatomi, fizyoloji ve temel biyolojik bilgiye ihtiyaç vardır.
- Yukarıda anlatılan tüm konulara hakim olmak gerekir ki test bataryası içinde elde edilen sonuçlar doğru olarak

yorumlanabilsin ve bu sonuçlar ışığında rehabilitasyon gerçekleşebilsin

- Yukarıda anlatılan konulara tümüyle hakim olan odyoloğun bile aşağıdaki konulara dikkat etmesi gerekir.
 - I. Ne ABR ne de ASSR işitme testleri değildir.
 - II. Bireye özgü olarak odyolojik test bataryası içinde uygun şekilde kullanılmalıdırlar.
 - III. Tüm testler CROSS CHECK prensibi dahilinde bir başka test ile doğrulanmaya muhtaçtır.