

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
DAHİLİ TIP BİLİMLERİ
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Şakir FADİLOĞLU

**SENSORİMOTOR KORTEKS ALANLARININ
FONKSİYONEL ANATOMİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE MEDIAN SINIR KORTİKAL
SOMATOSENSÖRİYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLERİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Raif ÇAKMUR

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İZMİR - 1993

İÇİNDEKİLER :

ÖNSÖZ	2
BÖLÜM 1) GİRİŞ VE AMAÇ :	3
BÖLÜM 2) GENEL BİLGİLER :	6
2.1) DUYSAL SİSTEM VE SOMATOSENSORİYEL KORTEKS	
ALANLARININ FONKSİYONEL ORGANİZASYONU:	6
2.2) SOMATOSENSORİYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLER :	11
2.3) SOMATOSENSORİYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLERİN KÖKENİ:	14
2.3.1) SİNİR SİSTEMİ ELEKTRİKSEL OLAYLARINA GENEL BAKIŞ	14
2.3.2) SUP DALGALARININ KÖKENİ :	20
2.4) MEDİAN SİNİR SUP KOMPONENTLERİ :	22
2.5) MEDİAN SİNİR KORTİKAL SUP'LERİ :	26
2.6) MOTOR VE SOMATOSENSORİYEL KORTEKSLERİN	
İNTRAOP. MEDİAN SİNİR SUP'LERİ İLE LOKALİZE EDİLMESİ	29
2.7) İNTRAOPERATİF SUP MONİTÖRİZASYONU :	32
2.8) ANESTEZİ VE İNTRAOPERATİF KOŞULLARIN SUP'LERE ETKİSİ	33
BÖLÜM 3) GEREÇ VE YÖNTEM :	35
BÖLÜM 4) BULGULAR :	41
BÖLÜM 5) TARTIŞMA :	49
BÖLÜM 6) ÖZET :	60
BÖLÜM 7) KAYNAKLAR :	64
EK	73

ÖNSÖZ

Nöroloji eğitimim ve yetişmemdeki katkılarından dolayı çok değerli hocalarım; Prof. Dr. Şakir Fadiloğlu, Prof. Dr. Egemen İdiman, Prof. Dr. Fethi İdiman, Doç. Dr. Ahmet Genç ve Doç. Dr. Kürşad Kutluk'a, yurt dışında tez çalışmamı yönlendiren ve her aşamada desteğini esirgemeyen Assoc. Prof. Vernon L. Towle'a, bu çalışmanın değerlendirme ve yazım aşamasındaki katkıları için yine Doç. Dr. Ahmet Genç'e ve tüm emeği geçenlere teşekkür ederim.

Dr. Raif ÇAKMUR

İzmir - 1993

Bölüm 1) GİRİŞ ve AMAÇ :

Özgül duysal uyarılara karşı duyu yolları ve merkezleri boyunca gelişen ve özel kayıt sistemleri yardımıyla kayıtlı olabilen nöroelektrik aktiviteye 'Uyarılmış Potansiyeller' ya da 'Evoked Potansiyeller' adı verilmektedir. Bu potansiyellerin elde edilmesindeki ilk çabalar 20. yüzyıl başlarına rastlansa da, asıl gelişmeler bilgisayar teknolojisine koşut olarak son 50 yıl içinde büyük bir ivme kazanmıştır. Uyarılmış potansiyeller bugün için sinir sisteminin fonksiyonel değerlendirilmesinde vazgeçilmez inceleme yöntemleri arasında kabul edilmektedir.

Bugüne kadar pekçok duyu modalitesi ile uyarılmış potansiyeller elde edilmişse de, pratikte daha çok görsel, işitsel ve somatosensoryel uyarımlar kullanılmaktadır. Somatosensoryel uyarılmış potansiyeller (SUP) periferik ya da kranial sinirlerin elektriksel, fizyolojik ya da mekanik yöntemlerle uyarımının duysal sistemde periferik sinirden başlayıp arka kordon-medial lemniskus sistemi ile talamus ve parietal kortekse kadar yollar ve merkezler boyunca oluşturduğu kayıtlı olabilen elektriksel değişikliklerin tümüne verilen isimdir. Elde edilen yanıtlar noninvaziv olarak komşu deri bölgelerinden (saçlı deri, vertebral ve sinir trasesine uyan deri bölgeleri gibi) kaydedilebildiği gibi, invaziv yaklaşımlarla direkt santral sinir sistemi bölümlerinden (kortikal, intrameduller, epidural gibi) de yazdırılabilmektedir.

Klinikte SUP'lerin rutin kullanımı çoğunlukla somatosensoryel yolları etkileyen süreçlerin değerlendirilmesine yönelik olmuştur. SUP'lerin son yıllarda giderek rutine girmeye başlayan yeni uygulama alanlarından biri de sensorimotor korteks alanlarının yerleşiminin intraoperatif olarak saptanması amacıyla kullanımı olmuştur. Aslında SUP'lerin kortikal olarak kayıtlanması oldukça eskiye dayanmaktadır. İnsanda direkt serebral korteks yüzeyinden uyarılmış potansiyeller ilk kez 1949'da Woolsey ve arkadaşlarınınca kayıtlanmıştır.¹²⁷ Literatürde bu yayını kortikal SUP kayıtlanmasına ilişkin pekçok çalışma izlemiştir.^{52,55,64,72,115} Bununla birlikte kortikal kayıtların sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesinde kullanılabilirliğinin ve bu konudaki kriterlerin tanımlanışı daha yakın tarihlerde gerçekleşmiştir.^{4,5,58,124}

Sensorimotor korteks alanlarına yakın yerleşimli lezyonlar sözkonusu olduğunda operasyon anında motor ve somatosensoryel kortekslerin yerleşiminin saptanması ve operatif yaklaşımın bu bilgiye göre planlanması postoperatif nörolojik defisitlerin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla kullanılan klasik yöntem Penfield ve Boldrey'in¹⁰⁵ tanımladıkları intraoperatif kortikal elektriksel stimülasyondur. En basit yöntem ise intraoperatif anatominin inspeksiyonu olarak bilinmektedir. Ancak yapılan çalışmalar inspeksiyon yönteminin basit olduğu kadar da az güvenilir olduğunu ortaya koymuştur.¹²⁴ Örneğin cerrahın ilk görsel tahmininin olguların % 50'sinde yanlış olduğu

saptanmıştır.⁹ Bunun büyük oranda kraniyotomi ile ortaya konan korteks alanının küçük oluşu, sabit bir kortikal paternin sözkonusu olmayışı, yüzeysel damarların kortikal anatomiyi kısmen de olsa örtüşü ve lezyonların anatomide oluşturduğu distorsiyon gibi faktörlere bağlı olduğu değerlendirilmiştir.¹²⁴ Kortikal elektriksel stimülasyon yöntemi de uygulamada birçok dezavantaj ile birlikte. En önemli dezavantajlar kortikal stimülasyonun operasyon sırasında oldukça zaman alıcı bir yöntem oluşu ve genel anestezi altında motor hareketleri uyartmak oldukça güç olduğundan, ya operasyonun lokal anestezi altında yapılması ya da genel anestezinin hafifletilmesinin gerekmesidir.^{58,77,99,124} Diğer bir dezavantaj ve potansiyel tehlike ise premotor korteks alanlarının ve hatta somatosensoryel korteksin uyartılmasıyla motor yanıtların ve bazen de motor bölgelerin uyartılması ile duysal deneyimlerin ortaya çıkmasıdır.¹⁰⁵ Yapılan birçok çalışma ile median sinir kortikal SUP'lerinin bu 2 yönteme alternatif olarak kullanılacağı gösterilmiş ve kriterler tanımlanmıştır.^{4,57,58,117,124} Bu yöntemde stimüle edilen median sinire kontrilateral sensorimotor kortekste, stimülasyondan sonraki 40 ms içinde ortaya çıkan, anestetik ve diğer intraoperatif koşullardan minimal olarak etkilenen "Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller" kullanılmaktadır.

Kısa-latanslı kortikal SUP potansiyellerinin sensorimotor korteksten jenerasyonu konusunda fikir birliği sözkonusuysa da, bu komponentlerin ortaya çıkışında spesifik sensorimotor alanların yeri ve motor korteksin bu komponentlere katkısı yoğun tartışmalara yolaçmıştır.^{2,3,18,19,23,24,32-34,37,67,102,115,123,124} Genel olarak kortikal SUP komponentlerinin multipl korteks alanlarından jenerasyonu kabul edilmektedir. Ancak katkıda bulunan kortikal alanların sayısı ve özellikle lokalizasyonu konusunda farklı görüşler ileri sürülmektedir. Bu konuda en az 4 hipotez ortaya atılmıştır. Bu hipotezler genellikle korteks ya da saçlı deriden kayıtlanan verilerin görsel ve mapping analizinden ve bunların hayvan çalışmaları ile paralellüğünden yola çıkmaktadır. Hayvanlarda yapılan fizyolojik ve anatomik çalışmalar^{56,65,66,69,71,89,94} bu konuda çok önemli bilgiler vermekteyse de, bu bilgileri her zaman insanlara uyarlamak mümkün olmamaktadır. Bu probleme çözüm bulmak amacıyla son yıllarda üzerinde durulan bir yaklaşım ise dipol (source) lokalizasyon yöntemleri olmuştur.¹³⁻¹⁵

Bu çalışmada motor ve somatosensoryel kortekslere yakın yerleşimli tümör, vasküler malformasyon ve epileptik fokus gibi lezyonlar nedeniyle opere edilen ve operasyon sırasında korteks yüzeyinden median sinir SUP kayıtlaması yapılarak sensorimotor korteks alanlarının lokalizasyonunun değerlendirildiği 20 olgulu bir grup incelenmiştir. Çalışmanın ilk amacı intraoperatif kortikal SUP verilerinin sensorimotor korteks alanlarını lokalize etmedeki etkinliğinin değerlendirilmesi ve güvenilirliğinin ortaya konulması olmuştur. Bu amaçla kortikal SUP'lerle elde edilen lokalizasyonlar kortikal elektriksel stimülasyon verileri ile karşılaştırılmış ve ayrıca indirekt bir veri de olsa olguların post-

operatif prognozları da değerlendirilmiştir. Bu yöntemde kullanılan kısa latanslı kortikal SUP komponentlerinin jenerasyonundan sorumlu korteks alanları da halen kesin olarak bilinmemektedir. Elde edilen veriler duysal informasyonun somatosensoriyel korteks alanlarındaki işlemlenmesini yansıtığından, bu verilerin jenerasyonundan sorumlu korteks bölgelerinin saptanması, aynı zamanda sensorimotor korteksin fonksiyonel anatomisine de ışık tutacaktır. Bu nedenle bu çalışmada kortikal SUP potansiyellerini jener eden bölgelerin sayısını, lokalizasyonunu ve bu bölgelerin spatiotemporal aktivitelerini dipole (source) lokalizasyon yöntemi ile analiz ettik. Dipol (source) lokalizasyon yöntemleri elektrofizyolojik yanıtların matematiksel olarak modellenmesini sağlamakta ve böylece elektrofizyolojik fonksiyonların lokalize edilebilmesini sağlamaktadır.



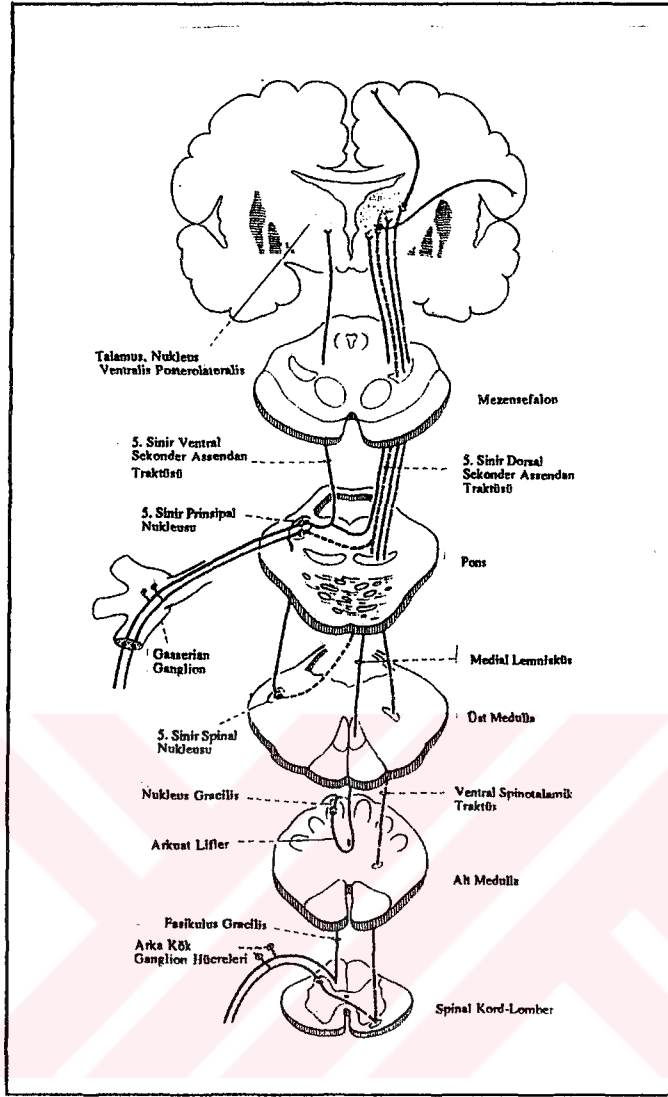
Bölüm 2) GENEL BİLGİLER :

2.1) DUYSAL SİSTEM VE SOMATOSENSORİYEL KORTEKS ALANLARININ FONKSİYONEL ORGANİZASYONU :22, 61, 69, 71, 89, 94, 96

Duysal bilgiler reseptör düzeyinden spinal korda periferik sinirlerin afferent lifleri ile taşınırlar. Bu afferent lifler arka kök ganglionlarında oturan primer duysal nöronların periferik uzantılarıdır. Duysal nöronların santral uzantıları ise spinal korda arka köklerden girerler ve duysal bilgiyi SSS'deki ikincil duysal merkezlere taşırlar. Somatik duysal sinyaller spinal kordda 2 majör çıkıcı sistem ile taşınır : a) Arka Kordon-Medial Lemniskus sistemi ve b) Anterolateral Sistem.

Arka kordon-medial lemniskus sistemi, taktil (diskriminatif) dokunma ve derin duyumları (proprioepsiyon) taşıyan sistem olarak bilinmektedir (Şekil 2.1). Bu sistemi primer olarak arka kök ganglionlarının santral uzantılarından (primer afferent lifler) ve kısmen de arka boynuz III. ve IV. laminalarındaki nöronların aksonlarından oluşmaktadır⁸⁹. Bu aksonlar kaudal medullaya değin sinaps yapmaksızın, ipsilateral olarak ve üst spinal düzeylerden itibaren 2 ayrı fasikül şeklinde yükselir. Medialden laterale doğru sakral, lomber ve aşağı torasik segmentlerden gelen lifler fasikülüs grasilis, yukarı torasik ve servikal segmentlerden gelen lifler ise fasikülüs kuneatus içinde yol alırlar. Bu 2 fasikül sistemi kaudal medulla düzeyinde sırasıyla nukleus grasilis ve nukleus kuneatus adı verilen arka kordon nukleuslarında oturan ikincil duysal nöronlarla sinaps yaparlar. Bu nöronların aksonları ise medulla düzeyinde çaprazlaşarak medial lemniskusu oluştururlar. Arka kordonda olduğu gibi bu düzeyde de duysal lifler somatotopik olarak organize olmuştur. Medial lemniskus beyinsapında yükselerek talamusta sonlanır. Talamus, duysal informasyonun transforme edilmesinde anahtar rol oynamaktadır. Olfaktor sistem dışındaki tüm duysal yollar lateral talamustaki spesifik ara nöronlardan geçerek serebral kortekse projekte olurlar. Somatik duysal bilgiler ventral posterior nukleus aracılığıyla serebral kortekse iletilir. Gövde ve ekstremitelerden gelen bilgiler ventral posterolateral nukleusta, yüz bölgesinden gelen bilgiler ise ventral posteromedial nukleusta sinaps yaparlar. Ventral posterior nukleus grubundaki üçüncül duysal nöronların aksonları ise internal kapsülün arka bacağından geçerek postsantral girusun büyük bölümünü oluşturan primer somatosensoryel kortekse projekte olur.

Anterolateral sistem somatik duyumların iletiminden sorumlu ikinci majör duysal sistemdir. Ağrı, ısı ve basit dokunma duyumlarının yukarı merkezlere taşınmasında işlev görmektedir. Bu sistem 3 ayrı çıkıcı yoldan oluşmaktadır: spinotalamik,



Şekil 2.1: Dokunma ve derin duyumları taşıyan santral sinir sistemi yolları (Kaynak 81'deft)

spinoretiküler ve spinomezensefalik traktüsler. Bu sistemin arka kordon-medial lemniskus sisteminden farkı 4 ana başlık altında incelenebilir : 1) Bu sisteme ait primer afferent lifler ilk sinapslarını medulla spinalisin arka boynuzu düzeyinde yaparlar. Bu nedenle bu sistemde yükselen lifler postsinaptik özellikte olup, primer olarak spinal arka boynuz yerleşimli ikincil duysal nöronların aksonlarından oluşmaktadır. 2) Anterolateral sistem spinal kordta segmental düzeyde çaprazlaşır. Bu nedenle arka kordon sisteminin aksine spinal kordta kontrlateralde yükselir. 3) Medial lemniskal liflerin hemen hepsi talamusta sonlanırken, anterolateral sistemdeki lifler daha yaygın bir dağılım gösterirler ve talamus dışında beyinsapı, hipotalamus gibi bölgelerde de sonlanırlar. 4) Hem lemniskal sistem hem de anterolateral sistem esas olarak duysal bilgilerin kontrlaterale talamus ve duysal kortekse ulaştırılması ile sorumluya da, anterolateral sistem aynı zamanda ipsilateral

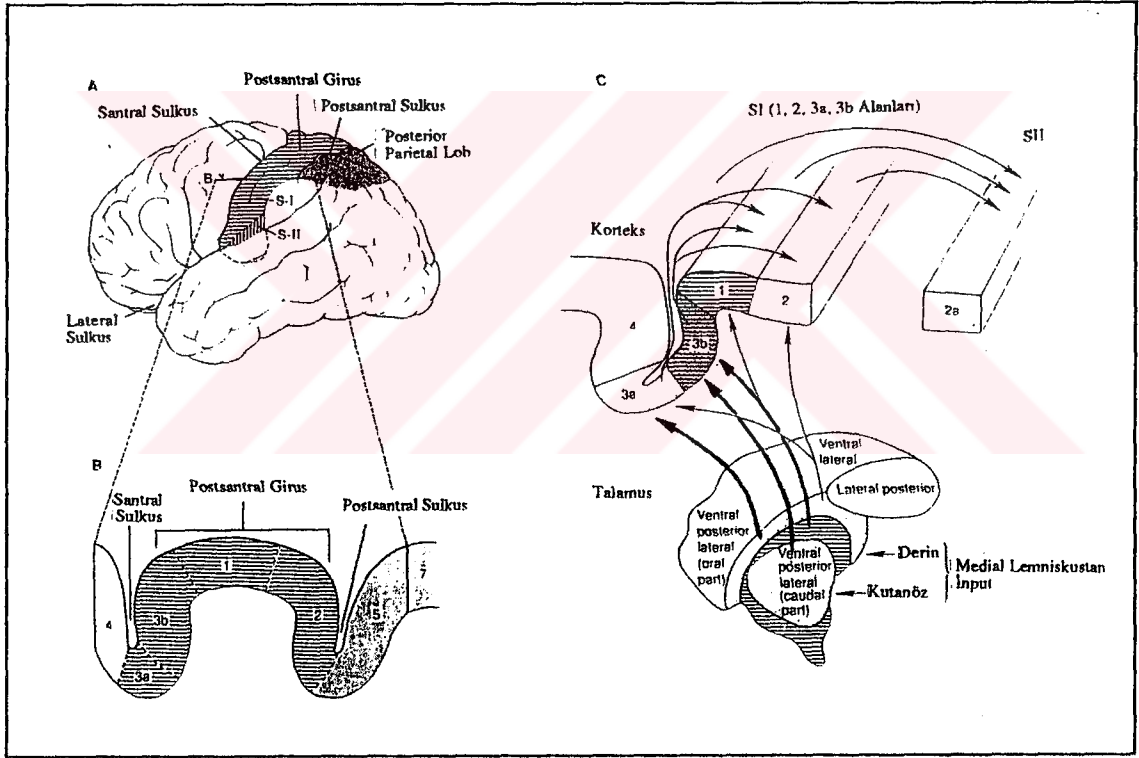
projeksiyon da gösterir. Anterolateral sistem lifleri talamusta da 3 bölgede sonlanır: ventral posterolateral nukleus, intralaminar ve posterior nukleuslar. Ventral posterolateral nukleustan kalkan lifler sadece somatik duysal korteks alanlarına, posterior nukleuslardan kalkan lifler ise somatosensoryel korteks alanları dışında kalan parietal bölgelere projekte olurlar; oysa intralaminar nukleuslar daha yaygın olarak korteks ve bazal ganglionlara projeksiyon gösterirler.

Duyum ve persepsiyonun gerçekleşebilmesi için impulsların serebral korteks düzeyine iletmesi zorunludur. Duyum ile ilgili en önemli kortikal bölge primer somatosensoryel korteks (S-I) olarak isimlendirilmektedir. Bu bölge postsantral girus ve santral sulkusun derinliklerinde lokalizedir. Bu korteks bölümü herbiri somatik duyumla ilgili farklı roller üstlenmiş 4 fonksiyonel alandan oluşmaktadır. Bu alanlar Brodmann'ın sitoarşitektik olarak 1, 2, 3a ve 3b olarak belirlediği korteks bölümlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.2). Somatosensoryel korteks alanlarında fonksiyonel olarak somatotopik bir yerleşim sözkonusudur. Postsantral girusta, motor kortekstekine benzer şekilde, vücut yüzeyinin şekli bozulmuş bir temsili bir haritası bulunur (Duysal Homunkulus). Bu somatotopik yerleşime göre yüz en lateralde, alt ekstremiteler ise en medialde yer almakta ve duyarlılığın daha fazla olduğu parmaklar ve dudaklar gibi bölgeler daha geniş bir alanda oturmaktadır. Sekonder somatosensoryel korteks (S-II) ise lateral sulkusun (Sylvian sulkus) üst duvarında insulaya bitişik yerleşimlidir. Bu korteks alanına duysal bilgiler esas olarak primer somatosensoryel korteksten gelmektedir. Primer ve sekonder somatosensoryel korteksler dışındaki posterior parietal lob alanlarına da bir kısım duysal bilgilerin ulaştığı bilinmektedir.

Somatosensoryel korteks 2 majör nöron grubundan oluşmaktadır: Piramidal ve nonpiramidal hücreler. Piramidal hücreler, korteksin output nöronları olup, lokalizasyonlarına ve projeksiyonlarına göre birçok alt grupta incelenirler. Korteksin 2. ve 3. tabakalarında oturan piramidal hücreler değişik kortikal alanlara projekte olurlar, oysa 5. ve 6. tabakalardaki piramidal nöronlar diğer subkortikal alanlara ve geriye talamusa projekte olurlar. Piramidal nöronlar rekürrent dallara sahiptir. Bu dallar lokal olarak piramidal ve nonpiramidal nöronları eksite ederler. Nonpiramidal hücre grubu ise değişik tiplerde nöronlardan oluşurlar ve çoğunluğu yaygın dallanmalar gösterirler. Bu hücrelerin de çoğu piramidal hücreler gibi asıl inputlarını talamik afferentlerden alırlar, ancak inhibitördürler ve nörotransmitter olarak gamma aminobütirik asit kullanırlar. Oysa sensoryel korteksin piramidal hücreleri eksitatör doğadadır ve nörotransmitter olarak glutamat ve aspartat kullanırlar.

Primer somatosensoryel korteks tüm duysal modalitelerin işlenmesinde önemli bir rol oynar. Talamusun ventral posterior nükleer kompleksinin lateral ve medial kısımlarındaki nöronlar primer somatosensoryel korteksin değişik bölümlerine kortikal

somatotopik yerleşime (duysal homunkulus) uygun olarak projekte olurlar. Bu aksonlar kortekste piramidal hücrelerde sonlanırlar ve onları kuvvetle eksite ederler. Aynı zamanda nonpiramidal internöronlarla da sinaps yaparlar. Talamik afferentlerin sonlandığı piramidal hücreler diğer kortikal ve subkortikal merkezlerle 3 tipte bağlantı kurarlar: Assosiasyon, kallozal ve projeksiyon bağlantıları. Assosiasyon bağlantıları, aynı hemisferdeki duyu ile ilgili diğer kortikal bölgelerle olanlardır. Primer somatosensoryel korteks içinde 1, 2, 3a ve 3b alanları arasında ve bu alanlarla posterior parietal korteks (Brodmann'ın 5 ve 7. alanları) arasında assosiasyon bağlantıları sözkonusudur. Ayrıca bazı assosiasyon bağlantıları karşılıklıdır, özellikle S-I ve S-II arasında ve bu 2 korteks alanı ile motor korteks (Brodmann'ın 4. alanı) arasında bu türde bağlantı sözkonusudur. Kallozal bağlantılar her 2 hemisferin simetrik duysal alanları arasında korpus kallozum aracılığıyla kurulan bağlantılardır. Projeksiyon bağlantıları, korteksten subkortikal yapılara uzanan aksonal bağlantılar şeklindedir.



Şekil 2.2: Somatik duysal korteks ve bölümleri: Primer (S-I) ve Sekonder (S-II) somatosensoryel korteksler ve posterior parietal lob **A.** 3 duysal korteks bölümünün birbirleriyle ilişkisi, **B.** S-I'de Brodmann'ın 4 alanının (3a,3b,1,2. alanlar) yerleşimi, **C.** Talamus VPL nükleusunun S-I alanlarına projeksiyonu ve duysal korteks içi bağlantılar. (Kaynak 71'den)

Primer somatosensoryel korteks 4 majör subkortikal bölgeye projekte olur. Bunlar ipsilateral olarak bazal ganglionlar ve kontrilateral olarak talamus (ventral posterior nükleer kompleksi), arka kordon nükleusları ve spinal kord arka boynuzudur. Subkortikal

yapılar, özellikle talamus, sağlam olduğu sürece ağrı, basit dokunma, basınç ve aşırı sıcaklık duyuları bilinç düzeyine ulaşabilirler, ancak bunların doğru bir şekilde lokalize edilebilmeleri ve iyi bir duysal diskriminasyon yapılabilmesi büyük ölçüde duysal korteksin bütünlüğüne bağlıdır.

Talamik duysal afferentlerin çoğu 3a ve 3b alanlarında sonlanırlar. Bu alanlardaki hücreler daha sonra Brodmann'ın 1 ve 2. alanlarına projekte olurlar (Şekil 2.2). Talamik nöronlar aynı zamanda direkt olarak 1 ve 2. alanlar ile sekonder somatosensoriyel kortekse de seyrek projeksiyonlar gönderirler. Ayrıca S-I'in 4 alanının her birinden de S-II'ye innervasyon gösterilmiştir. Son olarak talamik nöronlar posterior parietal kortekse (5 ve 7. alanlar) ve motor kortekse (4. alan) de projekte olurlar, benzer şekilde bu alanlara S-I'den de projeksiyon sözkonusudur. Görüldüğü gibi talamus birçok duysal alana hemen hemen eşzamanlı olarak aynı bilgileri aktarmaktadır. Parietal kortekste birden fazla alanda vücut yüzeyinin reprezentasyonu (duysal homunkulus) sözkonusudur. S-I'de 1, 2, 3a ve 3b alanlarında ve S-II'de ayrı ayrı vücut yüzeyinin reprezentasyonu saptanmıştır. Bu durum duysal sistem için paralel işleme hipotezi ile uyumludur. Bu hipoteze göre aynı duysal bilgi farklı nöronal yollar ve kortikal bağlantılar sayesinde değişik kortikal alanlarda az da olsa farklı biçimlerde ele alınır ve sonuçta posterior parietal kortekste (5 ve 7. alanlar) duysal assosiasyon alanlarında integre edilen bu bilgiler sayesinde vücudun tam bir reprezentasyonu forme edilir.

Somatik duyuyla ilgili farklı submodalitelerin özel korteks bölgelerinde lokalize olduğu gösterilmiştir. Özellikle primatlarda yapılan deneysel çalışmalar S-I'in farklı alanlarında farklı fonksiyonel bilgilerin işlendiğine dair önemli bilgiler vermiştir. S-I'in 1, 2, 3a ve 3b alanları dahil olmak üzere total eksizyonu sonucunda diskriminatif dokunma duyumu ve pozisyon duyumunun total kaybı gözlenirken, ağrı ve ısı duyumunda total kayıp olmaz. Brodmann'ın 3b alanındaki el reprezentasyonu ile uyumlu bölgedeki küçük lokalize lezyonlar diskriminatif dokunmanın total kaybına yol açarlar. Oysa Brodmann'ın 1 ve 2. alanlarındaki lezyonlar diskriminatif dokunmanın belirli submodalitelerinin tutulması ile birliktedir. Brodmann'ın 1 nolu alanına lokalize lezyonlar objenin yapısının değerlendirilmesine ilişkin defekt oluştururken, 2 nolu alana ilişkin lezyonlar objenin boyut ve biçiminin değerlendirilme yetisinin kaybı ile birliktedir. Bu konudaki genel görüş talamus duysal projeksiyonları için ana hedefin 3b alanı (3a ile birlikte) olduğu; diskriminatif dokunma ve derin duyu ile ilgili tüm bilgilerin öncelikle bu alana ulaştığı ve buradan da 1 ve 2. alanlara projekte olduğu şeklindedir. Bu alandan 1. alana olan projeksiyonlar primer olarak objenin yapısı ile ilgili olan bilgileri, 2. alana olan projeksiyonlar ise objenin boyut ve biçimi ile ilgili olan bilgileri içermektedir. S-II'nin lezyonları ise tüm duyu modalitelerinde bozukluk oluşturduğu gibi maymunun taktil diskriminasyon ile ilgili öğrenmesinin de bozulmasına yol açmaktadır. Son olarak posterior parietal korteksin duyu ile ilgili

yüksek kortikal fonksiyonları gerçekleştiren asosiasyon alanlarından oluşması dolayısı ile bu bölgenin lezyonları kontrilateral vücut yarısında kompleks duyu bozukluklarına (kortikal duyu bozuklukları) neden olur.

Somatosensoriyel korteksin fonksiyonel yapılanmasındaki önemli bir özellik ise bu korteks alanının duysal submodalitelere göre kolonlar şeklinde organize oluşudur. Bu kolonlarda korteksin 6 tabakasının tüm nöronları sadece tek bir reseptör tipine cevap vermektedirler. Aslında bu durum S-I'deki 4 alanın organizasyonu açısından da geçerlidir. Primer somatosensoriyel korteksin 4 alanına (3a, 3b, 1 ve 2) tüm vücut yüzeyinden gelen projeksiyonlar sözkonusuysa da, Merzenich, Kaas ve arkadaşlarının çalışmaları her bir alanda bir modalitenin baskın olduğunu göstermiştir. Bunlardan 3a alanında kas içgiclerinden, 3b alanında tüm kutanöz reseptörlerden, 2 nolu alanda derin basınç reseptörlerinden, 1 nolu alanda ise hızla adapte olan kutanöz reseptörlerden gelen bilgilerin baskın olduğu saptanmıştır. Kısacası 3b ve 1 nolu alanlara primer olarak taktıl inputlar, 3a alanına primer olarak grup 1 kas (gerilim) afferentleri, 2 nolu alana ise primer olarak eklem reseptörlerinden informasyonlar ulaşmakta ve işlenmektedir.

Somatosensoriyel korteksin diğer bir özelliği ise bu korteks alanlarından kalkan bir kısım liflerin kortikospinal traktüse katılmasıdır. Kortiko spinal traktüse katılan liflerin yaklaşık üçte birinin primer motor korteksten kaynaklandığı, diğer üçte birinin premotor ve supplemter motor alanlardan ve geriye kalan liflerin ise parietal lobtan ve özellikle postsantral girusta 3, 1 ve 2. alanlardan köken aldığı saptanmıştır. Bu nedenle bugün artık birçok araştırmacı santral sulkusun 2 yakasındaki kortikal kompleksi "Sensorimotor Korteks" olarak adlandırmayı tercih etmektedir.

2.2) SOMATOSENSORİYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLER :

Özgül duysal uyarılara karşı duyu yolları ve merkezleri boyunca gelişen ve özel kayıt sistemleri yardımıyla kayıtlanabilen nöroelektrik aktiviteye 'Uyarılmış Potansiyeller' ya da 'Evoked Potansiyeller' adı verilmektedir. Uyarılmış potansiyeller (UP) kavramı ilk kez Richard Caton (1875) tarafından ortaya atıldı. İlk UP kaydı ise 1914'te Praudich-Neminsky tarafından yapıldı. Dawson'un³⁰ 1947'de UP kayıtlarını traselerin süperpozisyonu yöntemi ile görüntülemesi hızlı bir gelişmenin başlangıcı oldu. Clark'ın 1958'de ilk elektronik averajörü geliştirmesi ve Rémond'un sistemi kompüterize etmesinin ardından yöntem giderek yaygınlaşmıştır.^{16, 17, 63} Bugün UP'ler sinir sisteminin fonksiyonel açıdan değerlendirilmesi için vazgeçilmez inceleme yöntemleri arasında sayılmaktadır.

Herhangi bir duyu modalitesinin stimülasyonu o modaliteye ilişkin duyu yolları ve merkezleri boyunca bir seri elektriksel potansiyel değişikliklerine yolaçar. Komşu vücut

bölgelerinden kayıtlanabilen bu elektrofizyolojik yanıtların tümü o modaliteye ilişkin uyarılmış potansiyelleri oluşturur. Bugüne değin pekçok duyu modalitesi ile uyarılmış potansiyeller elde edilebilmişse de, pratikte daha çok görsel, işitsel ve somatosensoriyel uyarımlar kullanılmaktadır. Uyarılmış potansiyeller rutin olarak kafatası derisi (scalp) ya da vertebralar ve sinir traselerine komşu deri bölgelerine yerleştirilen yüzeysel elektrodlar aracılığıyla kaydedilmektedir. Ancak gerektiğinde daha invaziv yaklaşımlarla SSS ya da SSS'ne yakın bölgelerden de bu potansiyellerin kaydedilmesi mümkündür. Örneğin intrakraniyal düzeyde subdural, epidural, kortikal ya da intraserebral yerleşimli elektrodlarla UP kayıtları yapılabilmektedir. Benzer şekilde spinal düzeyde epidural, medüller ve intramedüller kayıtlama mümkündür.

Uyarılmış potansiyellerin mikrovoltlarla ölçülecek değin küçük amplitüdü olması, bu potansiyellerin ortamdaki elektriksel gürültü ile EEG ve kas potansiyelleri gibi elektrofizyolojik aktiviteler içinde kaybedilmesi riskini getirmektedir. Bu sorunun aşılması ancak çok sayıda uyarıcı vererek elde edilen yanıtların süperpoze edilmesi ya da averajlanması ile mümkün olmaktadır. Averajlanmış bir UP gözden geçirildiğinde birbiri ardı sıra gelen pozitif ve negatif defleksiyonlar şeklinde potansiyel oynamalarından oluştuğu gözlenir. Bu defleksiyonlardan standart olarak elde edilebildiği gösterilenlerin her biri komponent olarak adlandırılmıştır. Bu komponentler tepe (peak) latans değerlerine ve polaritelerine göre isimlendirilirler. Uyarılan duyu modalitesine ve uyarım türüne göre katkıda bulunan nöral yapılar farklıysa da uyarılmış potansiyeller için elektrogenesis ortak özellikler taşır. Bu konuya daha sonra Bölüm 2.3 de ayrıntılı olarak değinilecektir.

Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SUP) periferik ya da kraniyal sinirlerin elektriksel, fizyolojik (dokunma, eklem hareketleri, vibrasyon, kas kasılması gibi) ya da mekanik yöntemlerle^{41, 62, 95, 107} uyarımının duysal sistemde periferik sinirden başlayıp arka kordon-medial lemniskus sistemi ile talamus ve parietal kortekse kadar yollar ve merkezler boyunca oluşturduğu elektriksel değişikliklerin tümüne verilen isimdir. Dawson³⁰ tarafından ilk SUP kayıtlamasının yapılmasından yaklaşık yarım yüzyıl geçmesine rağmen; SUP, bugün halen rutin kullanımda ve bilimsel alanlarda çekiciliğini korumaktadır.

Güncel pratikte SUP elde edilmesinde ensık kullanılan yöntem geniş mixt periferik sinirlerin uygun deri bölgelerinde (median sinirin bilek, peroneal sinirin diz ve posterior tibial sinirin ayak bileği düzeyinde) kısa elektrik şokları ile uyartılmasıdır. Kullanılan stimulus şiddeti periferik sinirin sadece kalın myelinize liflerini (kutanöz ve subkutanöz somestetik ve proprioseptif lifler ve alfa motor nöron aksonları) uyartabilecek güçtedir.²⁴ Bu tür stimülasyon ile deri, eklem ve kaslar gibi birçok dokudan gelen duysal afferentlerin senkronize aktivasyonu sağlanmakta, aynı zamanda motor efferent lifler de antidromik olarak aktive edilmektedir. Küçük çaplı lifleri aktive edecek şiddetteki stimuluslar klinik

uygulama için aşırı ağırlı olup, deri hasarı oluşmaksızın en küçük (ağrı-C lifleri) lifleri uyarmak mümkün değildir. Rutin kullanımda elektriksel uyarıların yeğlenmesinin nedeni bu uyarım türünün kolaylıkla kontrol edilebilmesi ve büyük amplitüdü net potansiyeller oluşturmasıdır. Elde edilen yanıtlar komşu vücut bölgelerinden (saçlı deri, vertebralar ve sinir trasesine uyan deri bölgeleri, spinal kord, korteks gibi) kolaylıkla kayıtlanamaktadır.

İnsanlar ve maymunlardan elde edilen veriler SUP'ların oluşumundan primer olarak sorumlu iletili sistemin arka kordon-medial lemniskus sistemi olduğunu ortaya koymuştur.²⁴ Diğer assendan duysal yolların SUP'lere katkısı ise tartışmalıdır. Spinal kordta SUP'lerin ağırlıklı olarak arka kordonda taşındığı özellikle hayvanlarda lezyon çalışmaları ile gösterilmiştir. Arka kordonların selektif olarak leze edilmesi ile SUP'lerin büyük oranda amplitüd kaybına uğradığı ya da elde edilemediği saptanmıştır, oysa tam tersine arka kordon izole olarak bırakıldığında SUP'ler görece normal kalmaktadır.²⁹ Klinik çalışmalar da SUP anormalliklerinin hemen her zaman pozisyon, vibrasyon, dokunma ve stereognosis duyularının etkilendiği durumlarda görüldüğünü; tek başına ağrı ve ısı duyularının tutulduğu durumlarda ise SUP'ların genellikle normal kaldığını göstermektedir.^{24, 52, 63, 73, 91}

Kısaca SUP, duysal sinyalin periferik sinirden başlayıp primer olarak arka kordon-medial lemniskus sistemi ile talamus ve parietal somatosensoryel kortekse kadar uzanan yolu boyunca oluşturduğu elektriksel değişikliklerin tümüne verilen isimdir. Bugün artık SUP profilinin değişik latanslı birçok potansiyel komponentinin interaksiyonu sonucunda ortaya çıktığı çok iyi bilinmektedir. Uygun olarak izole ve dökümanite edilen herbir komponentin bir ya da birden fazla nöronal jeneratörün aktivasyonunu yansıttığı bulunmuştur.⁴³ Sonuçta saçlı deriden kayıtlanan SUP'ler periferik sinir ve arka kordon sensoriel liflerinden kaynaklanan aksiyon potansiyelleri, beyinsapından kaynaklanan erken komponentleri, kısa ve orta latanslı kortikal komponentleri ve geç latanslı kortikal komponentleri içermektedir.¹⁰⁸ SUP komponentlerinin latans değerleri arasındaki farkların hesaplanması duyu yollarındaki iletimi ortaya koyar. Üst ekstremitelerde SUP'lerinde erb noktasından, alt ekstremitelerde ise lomber bölgeden yapılan kayıtlarda elde edilen potansiyeller duysal sinyalin yaklaşık olarak spinal korda girmeden önceki latans değerlerini verir. Bu değerler referans alındığında daha sonraki komponentlerin latans değerleri periferdeki gecikmeden arındırılarak santral iletim zamanlarının hesaplanması mümkün olmaktadır.

SUP'ler birçok normal fizyolojik faktörden etkilenmektedir. Bunlar arasında en önemlileri yaş, vücut boyutu ve vücut ile ekstremitelerdeki ısı olarak kabul edilmektedir. Yaşlanmanın SUP'leri diğer uyarılmış potansiyel modalitelerine göre daha az etkilediği saptanmıştır. Yaşlanma ile birlikte saptanan latans uzamalarının daha çok periferik

sinirlerdeki iletim yavaşlamasına bağlı olduğu gösterilmiştir.³⁶ Periferik iletimdeki gecikme ekarte edildiğinde santral iletimdeki gecikmenin ılımlı düzeylerde olduğu bildirilmiştir.^{7,116} Median sinir iletim hızının yaşla 0.16 m/sn/yıl kadar yavaşlama gösterdiği, SUP komponentlerinin latans değerlerinde ise median sinir uyarımında 0.015 msn/m/yıl, tibial sinir uyarımında ise 0.08 msn/m/yıl kadar artış saptanmıştır.⁴⁶ Çocuklarda SUP değerlerinin 5-8 yaşlar arasında normal yetişkin değerlerine ulaştığı bilinmektedir.⁸² Erkeklerde santral iletim zamanının kadınlardan 1 msn kadar daha uzun olduğu bildirilmiş, ancak bu daha sonraki çalışmalarla doğrulanmamıştır.²⁵ SUP'lerin mutlak latanslarını belirleyen en önemli faktörlerden biri duysal sinyalin katettiği yolun uzunluğudur. Bu yolun uzunluğu stimulus lokalizasyonu ile dalga jeneratörü arasındaki mesafeyle ve dolayısıyla vücut boyutu ve hastanın boyu ile doğru orantılıdır.²⁵ Boy faktörü özellikle alt ekstremiteler uyarımıyla elde edilen SUP'ler için önem taşımaktadır. Periferik sinir iletimlerini ve dolayısı ile SUP latanslarını etkileyen faktörlerden biri de ekstremitelerin ısısıdır. Vücut ısısının SUP'ler üzerine etkisi ise tartışmalıdır.²⁵

SUP oluşumundan sorumlu somatosensoryel sistemin periferik sinirden başlayıp kortekse kadar uzanan oldukça uzun bir yol katetmesi, onu birçok noktada pekçok patolojiye açık kılmaktadır. Bugün için SUP'ların nörolojik hastalıklarda tanı yanında, lezyon lokalizasyonu, prognoz tayini, intraoperatif monitörizasyon gibi birçok alanda yaygın kullanımı sözkonusudur. SUP anormallikleri birçok patolojik tablo ile ortaya çıkabilmektedir; bunlar arasında a) Periferik sinir, pleksus ve radikals düzeyinde tutuluşla giden tablolar⁴⁸, b) Santral somatosensoryel yolları etkileyen fokal lezyonlar (tümör , stroke gibi), b) Myelin hastalıkları (multiple skleroz ²⁶, adrenolökodistrofi ve adrenomyelonöropati ⁵¹, metakromatik lökodistrofi ve Pelizaeus-Merzbacher hastalığı⁸⁸ gibi), c) Sinir sistemini diffüz olarak etkileyen hastalıklar (herediter sistem dejenerasyonları , subakut kombine dejenerasyon ve vitamin E eksikliği gibi¹⁰) ve e) Beyin ölümü²⁵ sayılabilir.

2.3) SOMATOSENSORYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLERİN KÖKENİ :

2.3.1) Sinir Sistemi Elektriksel Olaylarına Genel Bakış :

A) Hücresel Düzey :^{20,50,97,108,120,121}

a) İstirahat Potansiyeli = Sinir sistemindeki bütün nöronlar hücre membranı dışında net pozitif, içinde ise net negatif yük fazlalığına sahiptirler. Nöronun içi ve dışı arasındaki bu elektriksel yük farklılığı polarize durum olarak adlandırılır ve istirahat membran potansiyelini (yaklaşık -70 mv) oluşturur. İstirahat potansiyeli, nöronal membranın potasyum (K⁺)'a olan selektif permeabilitesi ve sonuçta membranın 2 yüzü arasında

oluşan iyon dağılımı dengesizliğine bağlıdır. İntra/ekstraselüler K^+ oranının 20/1 olması, K^+ 'un konsantrasyon gradienti etkisi ile hücre dışına kaçmasına neden olmakta; bu olay elektriksel gradient (dışarda +, içerde -) etkisi ile belli bir noktada dengelenmektedir. Bu sırada hücre içinde kalan nonpermeant anyonlar ve hücre dışına çıkan fazlalık K^+ iyonları etkisi ile istirahat membran potansiyeli oluşmaktadır. Sinir sistemindeki bütün nöronal fonksiyonlar istirahat potansiyelindeki değişiklikler ve çalkalanmalar ile gerçekleşmektedir.

b) Aksiyon Potansiyeli = Nöronal membran belli bir eşik düzeyinde (istirahat potansiyelinin yaklaşık +10 mv üzerine kadar) depolarize edildiğinde, sodyum (Na^+) permeabilitesinde çok ani ve otomatik bir artış ortaya çıkar (yani Na^+ kanalı açılır). Voltaja bağımlı bu olay sırasında, Na^+ istirahat anındaki 8/1 ekstra/intraselüler konsantrasyon gradienti ve elektriksel gradient etkisi ile çok kısa bir sürede hücre içine akar. Başlangıçtaki Na^+ akımı depolarizasyona ve bu da daha çok içeriye akıma yol açar. Bu tablo hücrenin -70 mv olan istirahat potansiyelinin yaklaşık +10 mv'a yükselmesi ile sonuçlanır. Na^+ akımı yavaşlar, bunu takiben dışarıya K^+ akımı ve Na^+/K^+ pompası etkisi ile hücre repolarize olur. Aksiyon potansiyeli nöronal fonksiyon ve aksonal iletim süreçlerinin temelini oluşturmaktadır.

c) Sinaptik Potansiyeller = Nörotransmitterlerin sinaptik aralığa salınması ile ortaya çıkan voltajdan bağımsız potansiyellerdir. Hücre membranını depolarize eden nörotransmitterler postsinaptik nöronda eksitator postsinaptik potansiyeller (EPSP) denilen potansiyel değişikliklerine yolaçarlar. Bu olay sırasında hem Na^+ , hem de K^+ permeabilitesinde artış söz konusudur. Bununla birlikte kullanılan kanallar aksiyon potansiyeli ile ilgili kanallardan farklı olup, Na^+ ve K^+ 'un aynı anda akışına olanak sağlamaktadır. Böylece Na^+ 'un içeri akışı ile gelişen eksitasyon, K^+ 'un dışarı akışı ile belli bir derecede dengelenir ve aksiyon potansiyeli ortaya çıkmaz, ancak sonuçta istirahat potansiyelinde depolarizasyon yönünde artış ortaya çıkar. Hücre membranını hiperpolarize eden nörotransmitterler ise inhibitör postsinaptik potansiyeller (İPSP) denilen aksi duruma yolaçarlar. Burada söz konusu olan olay ise membranın K^+ ve/veya Cl^- 'e olan permeabilitesinin artması; K^+ 'un dışarıya ve/veya Cl^- 'un ise içeriye akarak hücrenin daha da polarize olmasına yolaçmasıdır. Sinaptik potansiyeller membran potansiyelinde birkaç milivolt düzeyinde (10 milivolt eşğine ulaşmayan) ancak aksiyon potansiyeline göre daha uzun süren değişiklikler oluştururlar.

B) Kitle İletimi (Volume Conduction) ve Alan Potansiyelleri : 50,53,54,85,97,104-108,112,120,121,125

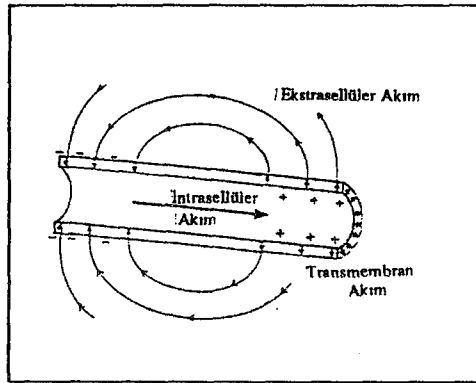
Yukarıda olduğu gibi, nöronal düzeydeki elektriksel değişiklikler anlatılırken sadece hücre içinden ya da hücrenin hemen yanı başından yapılan potansiyel kayıtlarından söz edilmektedir. Oysa, bilindiği gibi tüm canlı dokular 3 boyutlu elektrik iletkenlerdir ve kitle

iletken olarak kabul edilmektedirler (Kitle iletken, elektrik akımlarını taşıyabilme yeteneğine sahip her türlü 3 boyutlu kitle olarak tanımlanmaktadır⁵³). Bu nedenle, non-invaziv elektrofizyolojik testler (EEG, EP gibi) ile saptanan potansiyel değişiklikleri de aslında hücresel düzeydeki olayların kitle iletimi ile vücut yüzeyine olan matematiksel yansımaları göstermektedir.

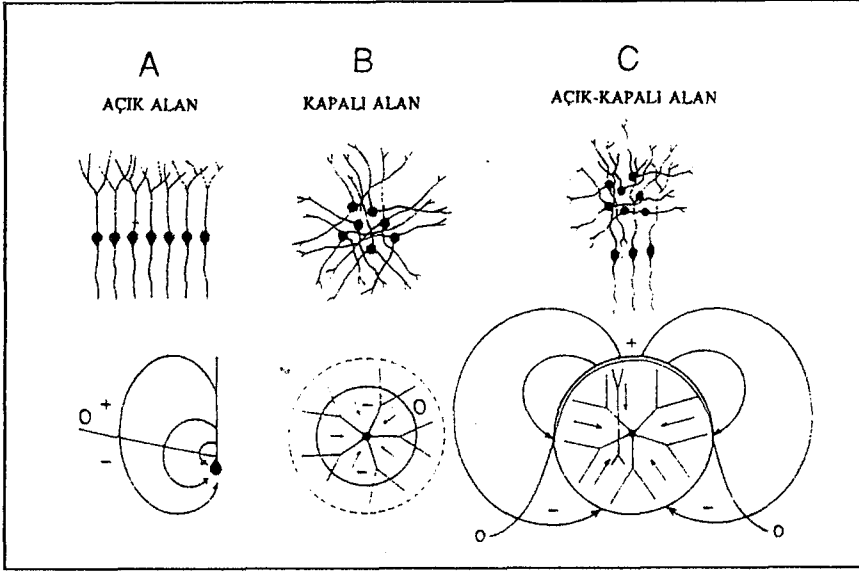
Elektrokortikal potansiyellerin kökeni konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar EEG dalgalarının ve birçok EP komponentinin serebral korteksten kaynaklandığını göstermektedir. Bununla birlikte, hücre membranı düzeyinde yapılan kayıtlarda transmembran direncin (rezistans) çok yüksek olması nedeniyle hücre içi ve dışı arasında milivolt düzeyinde potansiyel farkları saptanırken; vücut yüzeyi gibi uzaktan yapılan kayıtlarda, hücresel potansiyel değişikliklerinin direnci çok daha düşük olan ekstrasellüler alanda oluşturduğu pasif elektrik akımları saptanmakta ve bu nedenle potansiyel değişiklikleri mikrovolt düzeyinde kalmaktadır. Buna ek olarak, korteks ve vücut yüzeyi arasındaki dokuların, özellikle kafatasının elektriksel direncinin çok yüksek olması nedeniyle, herhangi bir potansiyel değişikliğinin saçlı deriden kayıt edilebilmesi için geniş bir korteks alanındaki (EEG için 6 cm^2)²⁸ nöronların senkronize aktivitesi gerekmektedir.

Yukarıda sözü edilen faktörler gözönüne alındığında aksiyon potansiyellerinin elektrokortikal potansiyellere katkısı olanaksız gözükmektedir. Aksiyon potansiyellerinin çok kısa sürede (1 milisaniye ya da daha az) gelişmesi onların senkronize aktivitelerini (in-phase summation) ve aşağıda anlatılmış olan pasif elektrik akımlarına olan katkılarını olanaksız kılmaktadır. Oysa, aksiyon potansiyellerine göre çok daha düşük voltajlı olmalarına rağmen, sinaptik potansiyeller daha uzun süreli olmaları (15-200 milisaniye veya daha uzun) ve çok daha geniş membran alanlarını kapsamaları nedeniyle ekstrasellüler elektrik akımı oluşumundan birinci derecede sorumludur.

Sinaptik potansiyellerde olduğu gibi membranı polarize eden herhangi bir fenomen sırasında hücrenin depolarize olan bölgesinde hücre içine doğru net bir elektrik akımı vardır. Bu akım devresinin tamamlanabilmesi için hücrenin diğer bölgelerinde ise



Şekil 2.3: Bir dendrit segmentinde eksitatör sinapsın oluşturduğu post-sinaptik potansiyeller (Kaynak 120'den)



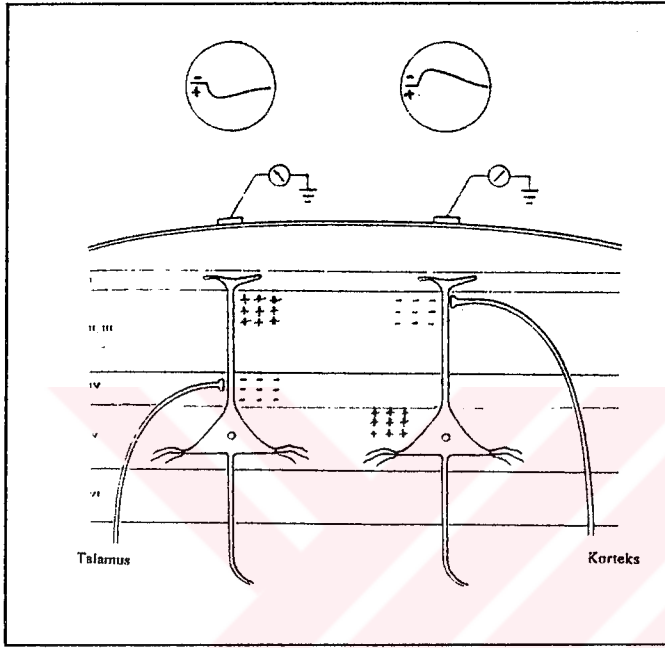
Şekil 2.5: Ekstrasellüler kitle akımları. Paralel yönelimli bir sıra nöronda oluşan senkronize depolarizasyonun oluşturduğu açık alan potansiyelleri (A), hücre gövdeleri merkezde dendritleri radial olarak yerleşimli bir nöron kümesinin oluşturduğu kapalı alan potansiyelleri (B), ve bu alan potansiyellerinin kombinasyonunu jenereden hücre kombinasyonu (Kaynak 108'den)

gerekir.⁵⁴ Elektrik yasalarına göre bu akım ile birlikte gelişen voltaj dağılımı, akım çizgilerini dik açı ile kesen izopotansiyel yüzeyleri olarak gelişir. Bu dağılım (+) kutup çevresinde (+), (-) kutup çevresinde ise (-)'dir. Dipolün 2 kutbu arasındaki bu izopotansiyel hatları tam orta noktada düz bir çizgi şeklinde voltajın "0" olduğu "Sıfır-izopotansiyel hattı" ile sonlanır

Yukarıda anlatılan ve şekildeki idealize piramidal nöronun oluşturduğu türdeki alana "Open-electrical Field" (Açık-elektriksel alan) denmektedir. Bu alan potansiyelleri Dipol kavramı ile açıklanabilmekte ve mesafe ile orantılı olarak güç kaybetse de tüm vücuda (tüm kitle iletkene) dağılmaktadır. Oysa SSS'de bazı hücre grupları dipol kavramına uymayan ve "Closed-Electrical Field" denilen kapalı-elektriksel alanlara yolaçarlar. Tipik örneği beyinsapı nükleusları gibi farklı yönelimli nöronların oluşturduğu hücre gruplarında gözlenen bu tabloda, nöronların eşzamanlı (simultaneous) aktivasyonu ile multiple dipol'ler oluşur ancak, bu dipol'ler yönelimlerinin farklı olması nedeniyle birbirlerini iptal ederler (Şekil 2.5). Bu durumda nükleus içine yerleştirilecek bir elektrod yüksek amplitüdü potansiyeller kaydederken, nükleus dışındaki bir elektrod önemli elektriksel değişiklik kaydetmeyecektir.^{85, 121}

Bilindiği gibi piramidal nöronlar serebral korteksteki en önemli hücre tipini oluşturmaktadır. Korteksteki nöronların yaklaşık % 70'i bu hücre tipindedir Bugüne kadar yapılan çalışmalar piramidal nöronların korteksten kaydedilen elektriksel olaylardan

birinci derecede sorumlu olduğunu göstermektedir.¹⁰⁴ Korteks içindeki karakteristik yerleşim özellikleri (birbirine paralel ve korteks yüzeyine dik) ve apikal dendritlerinin vertikal olarak korteks yüzeyine doğru yükseliyor olması; onların yukarıda anlatılan dipol potansiyellerine ve dolayısıyla korteks ve saçlı deriden yapılan elektrofizyolojik kayıtlara (EEG ve EP gibi) olan katkısını açıklamaktadır.

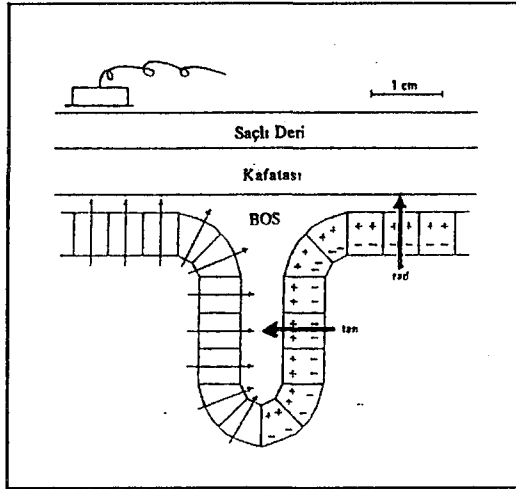


Şekil 2.6 : Saçlı deri yüzeyinden yapılan kayıtlar ve altta yatan şematize postsinaptik potansiyellerin katkısı. **Solda:** Talamokortikal nöronların proksimal dendritte oluşturduğu EPSP ve **Sağda:** Kontralateral korteksten gelen projeksiyonların oluşturduğu EPSP'nin saçlı deri yüzeyinde meydana getirdiği potansiyel değişikliği (Kaynak 104'den)

Piramidal nöronların yerleşim özellikleri ve serebral korteksin kolonlar şeklindeki (columnal) organizasyonu nedeniyle, kortekste gelişen dipol'lerde korteks yüzeyine dik (radial) olmaktadır. Şekil 2.6'de görüldüğü gibi bu durumda sinaptik potansiyelin tipi ve yerleşimi dipol'ün (+) ve (-) kutuplarının yerleşimini ve dolayısıyla yüzey potansiyelini belirlemektedir. Apikal dendritin distal ucunda gelişen EPSP ile hücreye yakın (proksimal) ucunda gelişen İPSP sonuçta aynı tabloyu ve aynı yüzey potansiyelini oluşturmaktadır.

Mikroskopik düzeyden bakıldığında, dipol yaklaşımın çok sayıda nöronun komplike aktivasyonunu açıklamak açısından yetersiz olduğu düşünülebilir. Oysa, bizim elektrodlarımızın bulunduğu uzaklıktan, örneğin deri yüzeyinden, bakıldığında bu komplike aktivasyonun oluşturduğu potansiyel alanı basit bir dipol tabakası şeklinde olacaktır. Deri yüzeyine yansiyacak olan aktivite de, tüm bu nöronal aktivitenin cebirsel toplamı olan equivalent (ekivalan) dipol olacaktır (Şekil 2.7). Aslında günümüzde elektrofizyolojide dipol terimi ekivalan dipol yerine kullanılmaktadır. Çünkü bizim kaydettiğimiz dipol alanları aslında çok sayıda mikroskopik düzeydeki dipol'ün meydana getirdiği ekivalan

dipol tabakası ve vektörüdür. Bu metinde de bu noktadan itibaren dipol terimi ekivalan dipol yerine kullanılacaktır.



Şekil 2.7: Şematik bir korteks görünümü. Korteksin kolonlar şeklindeki (columnal) organizasyonu nedeniyle korteksin aktive olmasıyla ortaya çıkan ekivalan dipoller de korteks yüzeyine dik (radial) olmaktadır. (Kaynak 112'den).

Dipol alanının en önemli karakteristik özelliği yönelimidir (orientation): Bir ekivalan dipol kitle merkezinden geçen ve iki kutbu birleştiren hayali vektör ile sembolize edilir. Bu vektörün iki ucunda Field Maxima (en yüksek pozitif amplitüdü alan) ve Field Minima (en düşük amplitüdü alan) yer alır. Bu 2 merkezin ortasında ve dipol vektörüne dik olarak yer alan hat boyunca ise dipol alanı sıfırdır ve bu hatta sıfır potansiyel hattı denmektedir. Serebral korteksin yukarıda anlatılan karakteristikleri nedeniyle, eğer aktive olan korteks alanı beyin yüzeyinde, yani konveksiteye paralel, ise bu aktivasyon ile bağlantılı dipol de dik Radial Dipol olacaktır. Benzer şekilde serebral fissürdeki korteks segmentlerinin aktivasyonu da konveksiteye paralel olan Tanjansiyel (Horizontal) Dipol oluşumuna yolaçacaktır (Şekil 2.7). Eğer belli bir andaki serebral aktivitenin tek bir nöronal jeneratör tarafından oluşturulduğu kabul edilecek olursa, bu jeneratörün oluşturduğu dipolün yönelimi korteks yüzeyi ve deri üzerinden kaydedilecek potansiyel alanının özelliklerini belirleyecektir. İşte günümüzde dipol (source) lokalizasyon yöntemleri olarak bilinen yaklaşımlar, insan vücudunun kitle iletken (volume conductor) oluşu ve korteks düzeyindeki aktivitelerin basit ekivalan dipoller şeklindeki davranış temelinden yola çıkmaktadır.¹¹² Bu temelde elektrofizyolojik verilerin matematiksel olarak modellenmesi jeneratör bölgelerinin saptanması yönünde çok önemli bilgiler vermektedir.

2.3.2) SUP Dalgalarının Kökeni :

SUP kayıtları sırasında saptanan fazik ekstrasellüler alan potansiyeli değişikliklerinin temelinde iki olayın yattığı düşünülmektedir: bunlardan birincisi senkronize aksiyon potansiyellerinin sinir gövdesi ve duysal traktüsler boyunca yayılımı, diğeri ise Bölüm

2.3.1'de anlatıldığı gibi kortikal nöronların geometrik olarak uyumlu (coherent) dendritlerinin oluşturduğu postsinaptik potansiyeller.^{47,83}

A) Beyaz Cevher Yapılarının Katkısı :

Beyaz cevher traktüsü (ya da sinir gövdesi) boyunca ilerleyen senkronize aksiyon potansiyelleri ancak traktüsün hemen komşuluğundan kayıtlanabilen potansiyel değişikliklerine yolaçarlar. Bu durumda traktüsün hemen yakınında yeralan aktif elektrod sırasıyla aşağıdaki olayları yansıtan trifazik (Üç Fazlı) dalga formunu kaydeder: yaklaşan aksiyon potansiyelinin hücre dışına doğru oluşturduğu akım, aktif depolarizasyon sonucu hücre içine doğru akım ve uzaklaşan aksiyon potansiyelinin oluşturduğu yine dışa doğru akım. Bu tür potansiyel odağının hemen yakınından kaydedilebilen potansiyellere "Near-field Potentials" (Yakın-alan Potansiyelleri, NFP) denmektedir.^{43,83,76} Bu durumda elektrod pozisyonundaki en ufak bir değişiklik kaydedilen sinyalin voltajında büyük değişikliklere yolaçmaktadır.

Bununla birlikte, traktüsün uzağındaki aktif elektrodlar da senkronize aksiyon potansiyellerinin ilerleyişi ile bağlantılı potansiyel değişiklikleri kaydederler. Bu tür potansiyellere de "Far-field Potentials" (Uzak-alan Potansiyelleri, FFP) denmektedir.⁷⁶ Klasik FFP tablosunda, duysal traktüsde ilerleyen senkronize aksiyon potansiyellerinin oluşturduğu ve yukarıda anlatılan trifazik NFP'e yolaçan lokal akım devrelerinin sadece pozitif fazının traktüsün sonlanma noktasının ötesinde yeralan aktif elektrodlar tarafından kitle iletimi (volume conduction) sonucu kaydedilmesi sözkonusudur.^{33, 43} Aksiyon potansiyeli aktif elektroda kadar ulaşmadığından negatif faz kaydedilmez. Bu tür potansiyeller NFP'den farklı olarak geniş bir alana yayılırlar; latans, amplitüd ve morfolojileri elektrod pozisyonundaki değişikliklerden görece az etkilenir. Bu özellikleri nedeniyle FFP'ler "Stationary-field Potentials" (Stasyonel-alan Potansiyelleri) olarak da isimlendirilmektedir.¹³²

Ancak, FFP gelişiminde diğer bazı mekanizmaların da varlığı bilinmektedir. Özellikle Kimura ve arkadaşlarının son yıllarda gösterdikleri gibi periferik sinir bazı sabit noktalarda FFP gelişimine yolaçmaktadır.^{75,76} Yapılan çalışmalar bu noktaların periferik siniri çevreleyen dokuların geometrisinde ya da iletkenliğinde ani değişikliklerin gözlemlendiği bölgelere denk düştüğü gösterilmiştir.^{74,75,114} Gelişen potansiyeller tipik olarak difazik ancak, predominant olarak pozitif ya da negatiftir. Kimura bu tür potansiyellere "Junctional" ya da "Intercompartmental" potansiyeller denmesini önermektedir.

B) Gri Cevher Yapılarının Katkısı :

Bölüm 2.3.1'de ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi belli bir korteks alanında yer alan geometrik olarak uyumlu (coherent) nöronlarda gelişen senkronize postsinaptik potansiyeller EEG dalgalarının ve birçok UP komponentlerinin elektrofizyolojik temelini

oluşturmaktadır. Birbirine paralel ve vertikal yerleşimli piramidal hücreler ve apikal denditlerinin oluşturdukları ekstrasellüler akım devrelerinin SUP'ların primer kortikal komponentlerinin gelişiminden de sorumlu olduğu kabul edilmektedir.^{33,49}

Çeşitli memeli tiplerinde yapılan çalışmalar sensoriyel korteksteki nöronların ilk eksitasyonlarının korteks yüzeyinden kayıtlanan pozitif bir potansiyele (primer pozitivite) yolaçtığını ortaya koymuştur, bu aktiviteyi yaklaşık 10 msn kadar sonra primer negativite izlemektedir.^{6,11,12,122} Primer pozitivitenin piramidal hücre gövdeleri ile korteksin 3. ve 4. katmanlarındaki proksimal apikal dendritlerinde oluşan aktif depolarizasyonun oluşturduğu negativite ile apikal dendritlerin süperfisiyel katmanlarında oluşan pasif pozitivite arasında gelişen elektrik akımları sonucu geliştiği kabul edilmektedir. Bunu izleyen primer negativitenin ise apikal dendritlerin süperfisiyel bölümlerinde daha sonra gelişen depolarizasyonu yansıttığı düşünülmektedir.⁵ Daha sonra ayrıntılı olarak değinileceği gibi bu akım devreleri sonucu gelişen dipol potansiyelleri sensorimotor korteksin lokalizasyonu açısından önem taşımaktadır.

Bölüm 2.3.1'de belirtildiği gibi subkortikal nükleuslar ise genellikle "closed-field" elektriksel alanlar oluşturduklarından dışarıdan kayıtlanabilir elektriksel akımlar oluşturmazlar. Ancak bazı istisnaların da sözkonusu olduğu bilinmektedir. Buna örnek olarak a) servikal ve b) lomber medulla spinalis gri cevherini^{86,113} ve c) kohlear nüklear kompleksi⁷⁹ verilmektedir. Bu nedenle SUP gelişiminde olası bir subkortikal gri cevher katkısının da olabileceği düşünülmektedir.⁴⁹

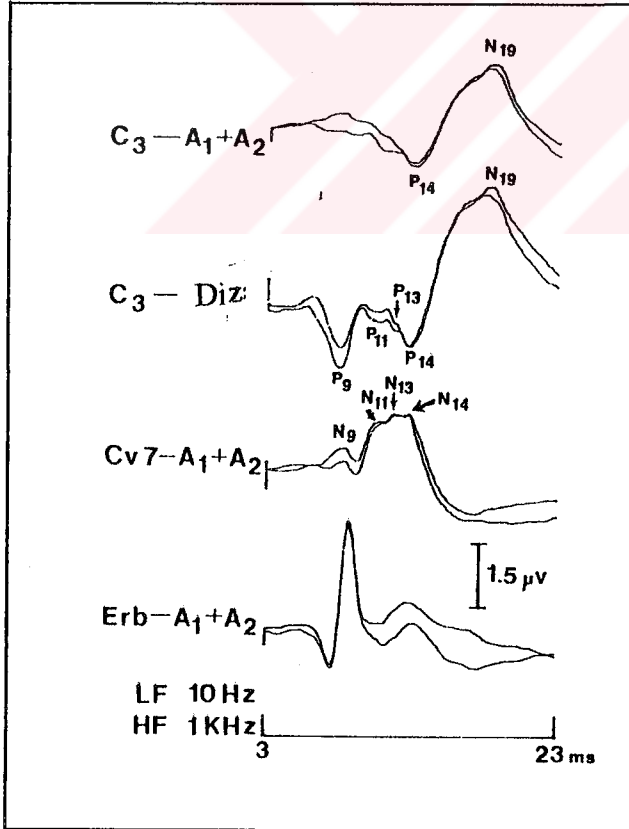
2.4) MEDIAN SINIR SUP KOMPONENTLERİ :

Duysal sinyalin periferik sinirden başlayıp arka kordon-medial lemniskus sistemi, talamus ve somatosensoriyel kortekse kadar uzanan yolu boyunca oluşturduğu elektriksel değişikliklerin tümü SUP profilini oluşturmaktadır. Bölüm 2.3'de açıklanmaya çalışıldığı gibi, duysal sinyal yolu boyunca değişik bölgelerde farklı elektriksel süreçlere (NFP, FFP, EPSP ve/veya İPSP) yolaçmaktadır. Bu elektriksel süreçlerin niteliği ve nöronal jeneratör ile kaydeden elektrodların (hem aktif, hem de referans) konumu sonuçta kaydedilen SUP dalga formlarını belirlemektedir. Uygun olarak izole ve dökümante edilen herbir komponentin bir ya da birden fazla nöronal jeneratörün aktivasyonunu yansıttığı bulunmuştur.⁴³ Sonuçta saçlı deriden kayıtlanan SUP'ler a) periferik sinir ve arka kordon sensoriyel liflerinden kaynaklanan aksiyon potansiyelleri, b) beyinsapından kaynaklanan erken komponentleri, c) kısa ve ortalatanslı kortikal komponentleri ve d) geç latanslı kortikal komponentleri içermektedir.¹⁰⁸

Referans elektrodun sefalik ya da non-sefalik yerleşimli olması birçok SUP komponentinin değerlendirilmesi yönünden önem taşımaktadır. Özellikle bölüm 2.3.2'de anlatılan FFP'ler, duysal traktüsün sonlanma noktasının ötesinde geniş bir alana yayıldıklarından, hemen tüm sefalik elektrodalarda aynı özelliklerle belirirler ve klasik sefalik referans SUP kayıtlarında saptanamazlar. Bunun nedeni amplifikatörün iki girişi arasında herhangi bir potansiyel farkının gelişmemesidir. Oysa aynı FFP'ler nonsefalik referans kayıtlarla kolaylıkla saptanırlar.

A) Brakial Pleksus :

Brakial pleksus düzeyinden yapılan kayıtlarda ensik kullanılan bölge erb noktası olmuştur. Bilindiği gibi sternokleidomastoid kasının posterior sınırı ile klavikula arasındaki köşe erb noktası olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgeden kaydedilen tipik yakın-alan potansiyeli de Erb Potansiyeli (EP) olarak adlandırılmaktadır. EP'nin negatif fazı, yani senkronize aksiyon potansiyellerinin proksimal brakial pleksusa vardığını gösteren komponenti, yaklaşık 9-11 ms latanslıdır.²⁴ Yapılan çalışmalar brakial pleksus düzeyinde EP'den hemen önce ortaya çıkan ve non-sefalik referans



Şekil 2.8 : Saçlı deri, boyun ve Erb noktasından kaydedilen kısa-latanslı somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller. Saçlı deri dize refere edildiğinde P9, P11, P13 ve P14 komponentleri kaydedilirken, Servikal 7 (Cv7) elektrodu kulağa refere edildiğinde ise sırasıyla N9, N11, N13 ve N14 komponentleri yazdırıldı. N9-P9 tepe latanslarının, Erb potansiyelinin negatif tepe latansından hafifçe daha erken ortaya çıktığı saptandı. (Referans 132'den)

kayıtları ile pozitif özellikte bir uzak-alan potansiyelinin varlığını da ortaya koymuştur (Şekil 2.8) Bu potansiyel P9 olarak adlandırılmakta ve distal brakial pleksustan kaynaklandığı kabul edilmektedir.^{33,130,132}

B) Servikal Arka Kordon Duysal Traktüsü :

Non-sefalik referans ile servikal bölgeden yapılan kayıtlarda saptanan yakın-alan potansiyeli N11 olarak bilinmektedir. Servikal N11 ile aynı zamanda kranial bölgede ise P11 olarak bilinen FFP saptanmaktadır (Şekil 1). Bu iki komponentin aynı nöronal jeneratörün oluşturduğu vertikal yönelimli dipol alanı sonucu ortaya çıktığı bulunmuştur.^{39,43,132} N11 komponentinin başlangıç latansının yukarı servikal bölgeden yapılan kayıtlarda aşağı servikal bölgeye göre uzamış olarak saptanması bu dalganın arka kordon da yol alan senkronize aksiyon potansiyelleri tarafından oluşturulduğu görüşünü desteklemektedir.^{25,33,37} N11'in nöronal jeneratörü konusundaki alternatif görüş ise bu komponentin arka kök giriş bölgesinden (dorsal root entry zone) kaynaklandığı şeklindedir.^{68,131,132}

Servikal bölgeden yapılan kayıtlarda N11 diğer bir negativiteye süperempoze olmuş olarak kayıtlanır. N13 olarak bilinen bu potansiyele eşlik eden kranial FFP komponenti ise P13 olarak bilinir. N11'e benzer şekilde servikal N13 ve kranial P13 komponentlerinin de aynı nöronal jeneratörün oluşturduğu dipol alan potansiyelleri olduğu ortaya konmuştur.^{130,132} Ancak N13/P13 komponentlerini oluşturan dipol jeneratörünün yerleşimi konusunda iki ayrı görüş bulunmaktadır. N11'in arka kök giriş bölgesinden köken aldığını savunan araştırmacılara göre N13/P13 dipol'ü arka kordondan kaynaklanmakta ve vertikal yönelimli bir dipol alanı tarafından oluşturulmaktadır.^{86,130,131} Oysa alternatif görüş aşağıda ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi bu komponentlerin servikal kord gri cevherinden kaynaklandığı şeklindedir.⁴³

C) Servikal Arka Boynuz :

Desmedt ve ark.³⁸ servikal bölgeden yaptıkları kayıtlarda N13 komponentine eşlik eden P13 komponentinin özofagus elektrodu ile saptanabileceğini gösterdiler. Deri yüzeyinden yapılan kayıtlar da P13 komponentinin anterior servikal yerleşimini desteklemektedir.⁴⁹ Bu bulgular servikal kordda anterio-posterior yerleşimli bir horizontal dipol lehine yorumlanmıştır.³³ Bu görüşe göre N13/P13 komponentleri servikal arka boynuz IV. ve V. tabakalarda yeralan internöronlarda gelişen postsinaptik potansiyellerin oluşturduğu alan potansiyelini yansıtmaktadır.⁴³

D) Nükleus Kuneatus :

P13 komponentinin nöronal jeneratörü olarak ileri sürülen diğer bir bölge ise nükleus kuneatus olmuştur.^{24,68} Chiappa²⁴ servikal bölge yerleşimli N13/P13 komponentlerinin servikal arka boynuzdan köken aldığını kabul etmekte; kranial P13

komponentinin ise bunlardan farklı olduğunu ve büyük olasılıkla nükleus kuneatus düzeyindeki postsinaptik aktivite sonucu ortaya çıktığını ileri sürmektedir.

E) Medial Lemniskus :

Median sinir SUP'lerinin sadece saçlı deriden saptanabilen ilk komponenti P14'dür. Non-sefalik referans kayıtlarıyla kolaylıkla saptanabilen bu komponent FFP özelliklerini taşımaktadır. Servikal bölgeden saptanamaması ve talamik lezyon saptanan olgularda kaybolmaması nedeniyle P14 nöronal jeneratörünün foramen magnum ile talamus arasında yer aldığı bilinmektedir.^{24,86,92} P14'ün medulla oblongata ya da aşağı pons düzeyinde medial lemniskustan köken aldığı şeklindeki görüş genel olarak kabul edilmektedir.^{24,33,132}

F) Talamus :

P14'ün ardından gelen ve hem ipsilateral hem de kontrateral kranial elektrodlara yayılması nedeniyle subkortikal yapılardan köken aldığı kabul edilen komponent N17 (ya da N18) olarak bilinmektedir. Klasik olarak N18, yaygın dağılımlı, uzamış birnegativite olarak saptanır ve FFP karakteristiklerini gösterir. Bu komponentin orijini konusunda değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunun nedeni talamik lezyon saptanan olgularda saptanan çelişkili bulgular olmuştur. Talamik lezyon saptanan olgularda N18 komponentinin korunduğu⁹² ve kaybolduğu¹²⁹ bildirilmiştir. Sonuçta N18'in beyinsapı yapılarından^{33,49} ve talamustan^{24,132} köken aldığı şeklinde iki görüş bulunmaktadır.

G) Serebral Korteks :

Bugün artık 17 ms'den sonraki median SUP aktivitesinin serebral korteksten kaynaklandığı konusunda görüş birliği sözkonusudur.³³ Halen bazı araştırmacıların²⁴ olasılık olarak gözününe aldıkları ve 16-19 ms arasındaki aktivitenin talamus ve talamo-kortikal radyasyondan kaynaklanıyor olabileceği şeklindeki görüş ise genel olarak terkedilmiş gözükmektedir. Serebral korteksten kaynaklanan SUP aktivitesi iki grupta incelenmektedir. Median sinir stimülasyonundan sonraki 40 ms içinde serebral kortekste gelişen SUP aktivitesi "Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller", 40 ms'den sonra gelişen aktiviteler ise "Uzun-latanslı Kortikal Potansiyeller" olarak bilinmektedir.^{4,6} Gerçi bu ayırım tamamen keyfi gibi gözükmekteyse de; bu 2 kortikal SUP komponenti belirgin farklılıklar göstermektedir. Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller, sadece stimüle edilen median sinire kontrateral somatosensoriel kortekste ortaya çıkmakta, anestetik ve diğer intraoperatif koşullardan minimal olarak etkilenmektedir.⁴ Oysa, Uzun-latanslı Kortikal Potansiyeller somatosensoriel korteks dışındaki kortikal bölgelerde de gelişmekte, hem ipsilateral hem de kontrateral median sinir stimülasyonu ile gelişmekte ve intraoperatif koşullardan daha fazla etkilenmektedir.⁶ Korteksten köken alan SUP'ler bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak irdelenecektir.

2.5) MEDIAN SINIR KORTİKAL SUP'LERİ :

İnsanda direkt serebral korteks yüzeyinden SUP ilk kez 1949'da Woolsey ve arkadaşlarınca kayıtları.127 Daha sonra Jasper ve ark.⁶⁴ uyarılmış potansiyeller yardımıyla kortikal lokalizasyonun hızla başarılabilirdiğini ve bu yöntemin nöroşirürjikal girişimlerde pratik değeri olabileceğini bildiren çalışmalarını yayınladılar. Bu öncü çalışmaları kortikal SUP kayıtlanmasına ilişkin diğer intraoperatif araştırmalar izledi^{52,55-72,115} Bu çalışmaların hemen hepsinde median sinirin elektriksel uyarımıyla elde edilen kortikal potansiyeller ele alınmaktadır. Ancak bu potansiyellerin sensorimotor korteksin lokalizasyonunun değerlendirilmesinde kortikal elektriksel stimülasyona alternatif bir yöntem olarak ele alınışı ve bu konudaki kriterlerin tanımlanışı yakın tarihlere rastlamaktadır.^{4,5,57,58,124}

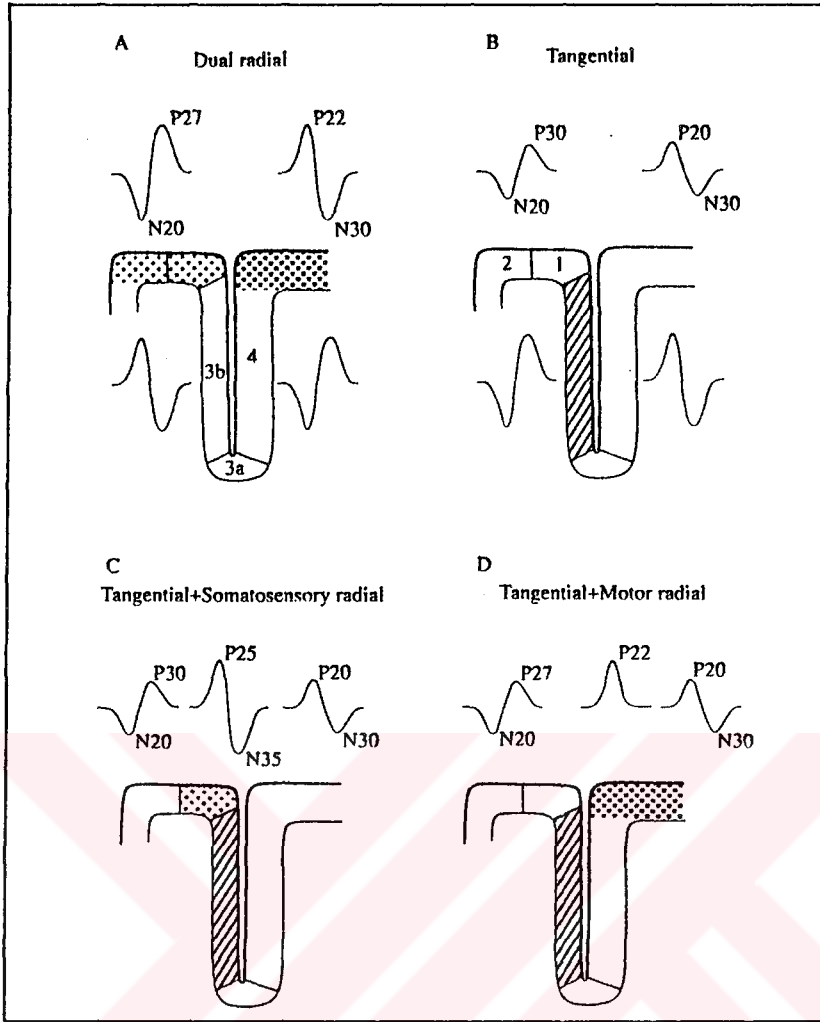
Bugün artık median sinir uyarımıyla 17-18 msn'den sonraki tüm SUP aktivitelerinin serebral korteks kökenli olduğu kabul edilmektedir.³³ Bu görüş hayvan ve insanlardaki kortikal ve transkortikal SUP kayıtlamaları ile de doğrulanmıştır.^{8,12,93} Bu konudaki alternatif görüş 16-19 msn arasındaki aktiviteye talamik ve talamokortikal potansiyellerin de katkısı olabileceği şeklindedir.²⁴ Ancak bu ikinci yaklaşım genel olarak terkedilmiş gözükmektedir.^{5,33}

Median sinir uyarımıyla serebral korteksten kayıtlanan SUP aktiviteleri 2 grupta incelenmektedir. Median sinir stimülasyonundan sonraki 20-40 msn içinde gelişen kortikal aktiviteler 'Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller', 40 msn'den sonra gelişen aktiviteler ise 'Uzun-latanslı Kortikal Potansiyeller' olarak adlandırılmaktadır.⁵ Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller, stimüle edilen median sinire kontrateral sensorimotor korteks alanlarından köken almakta, anestetik ve diğer intraoperatif koşullardan minimal etkilenmektedir.⁵ Oysa 'Uzun-latanslı Kortikal Potansiyeller', hem ipsilateral hem de kontrateral median sinir stimülasyonu ile elde edilebilmekte, sensorimotor korteks dışındaki bölgelerden de köken almakta ve intraoperatif koşullardan büyük oranda etkilenmektedir⁶

Median sinir uyarımıyla subkortikal kökenli ve yaygın dağılımlı N18 (yada N17) komponentinin hemen ardından kontrateral parietal bölgede yaklaşık 18-23 msn arası latanslı negatif bir dalga kayıtlanır. Korteks kökenli ilk SUP aktivitesi yani primer sensorimotor aktivite olarak kabul edilen bu aktivite, polarite-latans nomenklatürüne göre N20 olarak adlandırılmaktadır⁴⁵ Saçlı deri alanlarından yapılan kayıtlarda bu kontrateral parietal negativite ile eş zamanlı olarak fronto-santral bir pozitivitenin (P20) varlığı ortaya konmuştur.¹⁰⁹ Korteks yüzeyinden yapılan kayıtlar ise saçlı deri kayıtlarındaki bu N20-P20 geçişinin aslında santral sulkusun 2 yakası arasında gerçekleştiğini göstermiştir.²⁻⁴ Postsantral bölgede N20, presantral bölgede ise bunun neredeyse ayna hayali şeklinde

P20 komponenti saptanmaktadır. Santral sulkusun 2 yakası arasındaki bu polarite inversiyonunu ilk kez değerlendiren Broughton ve ark. (1967), saçlı deriye de yansıyan bu fenomenin santral sulkusun arka duvarında (3b alanı) yerleşimli kortikal aktivitenin oluşturduğu tanjansiyel (horizontal) dipol modeli açıklanabileceğini önesürdüler.^{18,19} Bu görüşe göre bu dipolü oluşturan postsinaptik aktivitenin yaklaşık 30. msn'deki ters yönde işleyişi ise postsantral alanda P30, presantral alanda ise N30 komponentlerinin ortaya çıkışı ile sonuçlanmaktaydı. Erken dönem bazı çalışmalarda^{52,55,64,72,115} bu inversiyonun bildirilmemiş olması nedeniyle bu görüş uzun bir süre tartışıldı. Ancak daha sonraları Allison ve ark. insan ve maymunlarda korteks düzeyinden yaptıkları kayıtlara dayanarak tanjansiyel dipol görüşünü destekleyen sonuçlarını yayınladılar.^{2-4,8,93,124} Bugün artık Broughton-Allison hipotezi olarak bilinen bu görüşe göre postsantral N20/P30 ve presantral P20/N30 komponentleri santral sulkus arka duvarı yerleşimli 3b alanının aktivasyonu ile gelişen tanjansiyel (horizontal) dipol alanının 2 kutbunda ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak Allison ve ark.^{3,4} kortikal kayıtlar sırasında sıklıkla kayıtlanan diğer bir median sinir 'Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeli' olan P25'in de postsantral girusta 1.alandan köken aldığını ve radial bir dipol alanı ile açıklanabileceğini ileri sürdüler. Bu durumda Broughton-Allison hipotezi ile median sinir stimülasyonu ile 20-40 msn arası tüm aktivitenin yani 'Kısa-latanslı Kortikal Potansiyel'lerin farklı zamanlarda aktive olan 2 dipol alanı ile açıklanmaktaydı. Bu görüş tanjansiyel (horizontal) + somatosensorial radial dipol modeli olarak adlandırılmaktadır.

Desmedt ve ark.^{35,36} saçlı deriden yaptıkları kayıtlara dayanarak frontal pozitivitenin (P20) parietal N20 aktivitesine göre daha geç latansla ortaya çıktığını bildirerek, tanjansiyel dipol hipotezine karşı çıktılar. Bu araştırmacılar frontosantral pozitiviteyi P22 olarak ele aldılar. Bu görüş Papakostopoulos ve Crow'un kortikal SUP çalışmalarında elde ettikleri presantral P20 aktivitesinin postsantral N20'ye göre 1-2 msn gecikmeli ortaya çıktığı şeklindeki sonuçları ile de desteklenmekteydi.¹⁰² Desmedt ve grubu^{34,35,36} bu bulgulardan yola çıkarak tanjansiyel tek bir dipol hipotezine karşı N20 ve P22 komponentlerinin sırasıyla postsantral (3b, 1 ve 2. alanlar) ve presantral (4. alan) yerleşimli kortikal aktivitelerle oluşan 2 ayrı radial dipol ile açıklanabileceğini ileri sürdüler. Bu görüş dual radial dipol modeli olarak bilinmektedir. Ancak daha sonraları saçlı deri ve kortikal SUP çalışmaları P22 aktivitesinin P20'den farklı bir aktivite olduğunu ve santral sulkusa daha yakın yerleşimli elektrodalarda saptandığını ortaya koydu, oysa kontrilateral frontal bölgelerde egemen olan aktivite yine P20 idi.^{2,4,32,40} Elektrofizyolojik kayıtlar yanında median sinir SUP'lerinin Magnetoensefalografik (MEG) kayıtlamaları ile yapılan çalışmalar da dual radial dipol modelinin geçerli olamayacağını,



Şekil 2.9 : Kısa-latanslı Kortikal SUP'lerin orjini konusundaki alternatif hipotezlerin şematik görünümü. A. Dual radial dipol modeli, B. Tanjansiyel dipol modeli, C. Tanjansiyel + Somatosensoriyel radial dipol modeli ve D. Tanjansiyel + Motor radial dipol modeli. Ayrıntılı bilgi metin içinde verilmiştir. (Kaynak 5'den)

N20-P20 komponentlerinin açıklanabilmesi için tanjansiyel dipolar aktivitenin gerekliliğini ortaya koymaktaydı.^{101,123} Dual radial dipol hipotezinin sahibi grup bile daha sonraki çalışmalarında N20-P20 aktivitesi için tanjansiyel dipol modelini destekleyen sonuçlarını yayınladılar.⁴⁰ Bu grup son yayınlarında saçlı deri kayıtlamalarına ve mapping çalışmalarına dayanarak N20-P20 için 3b alanından köken alan tanjansiyel dipolar aktivite yanında P22 komponenti için primer motor korteksten köken alan radial bir dipolün varlığını savunmaktadır.^{32-34,40,43} Bu görüş tanjansiyel (horizontal) + motor radial dipol modeli olarak adlandırılmaktadır.

Özetlenecek olursa median sinir uyarımından sonraki 20-40 msn içindeki SUP komponentleri hemen tamamen kontrateral sensorimotor korteks düzeyinde gelişmekte

ve 'Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller' olarak adlandırılmaktadır. Bu kortikal SUP aktivitesinin orijini konusunda bugün için halen tartışılan 2 görüş bulunmaktadır. Ancak her 2 görüşte de ilk kortikal SUP aktivitesi olarak kabul edilen parietal N20 ve frontal P20 komponentleri için postsantral girusun santral sulkus arka duvarında (Brodmann'ın 3b alanı) yerleşimli korteks bölümünün aktivasyonu sonucu gelişen tanjansiyel (horizontal) bir dipolün varlığı kabul edilmektedir. Bu dipolü oluşturan postsinaptik aktivitenin yaklaşık 30. msn'deki ters yönde işleyişi ise postsantral alanda P30, presantral alanda ise N30 komponentlerinin ortaya çıkışı ile sonuçlanmaktadır. Görüldüğü gibi bugün için parietal N20/P30 ve frontal P20/N30 komponentlerinin orijini konusunda görüş birliği sözkonusudur. Asıl tartışmaya yolaçan aktivite ise saçlı deri kayıtlarında P22 olarak bilinen ilk kortikal pozitive olmuştur. İlk kez Giblin⁵² tarafından korteks düzeyinde kayıtlanan ve primer sensorimotor kortikal pozitive olarak tanımlanan bu aktivite kortikal kayıtlarda P25 olarak adlandırılmaktadır. Bugün için P25'in radial bir dipol alanı şeklinde ortaya çıktığı ve aynı bölgedeki postsinaptik aktivitenin daha sonraki ters yönde işleyişinin ise N35 aktivitesine yolaçtığı konusunda görüş birliği sözkonusudur. Ancak P25/N35 komponentlerinin ortaya çıkışından sorumlu korteks alanının yerleşimi konusunda tartışma halen sürmektedir.

2.6) MOTOR VE SOMATOSENSORYEL KORTEKSLERİN İNTRAOPERATİF MEDIAN SİNİR SUP'LERİ İLE LOKALİZE EDİLMESİ :4, 5, 58, 77, 99, 124

Santral sulkusa yakın yerleşimli lezyonlar sözkonusu olduğunda operasyon anında motor ve somatosensoryel kortekslerin yerleşiminin bilinmesi postoperatif ağır defisitlerin önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bazen anatomik özelliklerden yararlanılarak bu lokalizasyonu yapmak mümkündür. Ancak kraniotomi ile ortaya konan korteks alanının küçük oluşu, anatomideki normal varyasyonların sıklığı ve lezyonların anatomide oluşturduğu distorsiyon gibi faktörler çoğu zaman bu olasılığı ortadan kaldırmaktadır. Bu amaç için klasik yöntem bilindiği gibi Penfield ve Boldrey'in tanımladıkları intraoperatif kortikal elektriksel stimülasyon olmuştur.¹⁰⁵ Ancak bu yöntem uygulamada birçok dezavantaj ile birlikte. En önemli dezavantaj kortikal stimülasyonun operasyon sırasında oldukça zaman alıcı bir yöntem oluşudur, ayrıca genel anestezi altında motor hareketleri uyartmak oldukça güç olduğundan ya operasyonun lokal anestezi altında yapılması ya da genel anestezinin hafifletilmesi gerekmektedir. Diğer bir dezavantaj ise bazen sensoriel bölgelerin uyartılmasıyla motor yanıtların ve bazen de motor bölgelerin uyartılması ile duysal deneyimlerin ortaya çıkışı nedeniyle bu yöntemin güvenilir olmayışıdır.¹⁰⁵ Yapılan çalışmalar median sinir kortikal SUP'lerinin intraoperatif kortikal kayıtlarının bu yöntemle alternatif olabileceğini göstermiştir. Burada kullanılan potansiyeller, median sinir stimülasyonundan sonraki 40 msn içinde stimüle edilen median sinire kontralateraldeki

somatosensoriyel kortekste ortaya çıkan, anestetik ve diğer intraoperatif koşullardan minimal olarak etkilenen "Kısa-latanslı Kortikal Potansiyeller"dir. Bu yöntemin hızlı, basit, komplikasyonsuz ve genel anestezi altında gerçekleştirilebilir olması, onu kortikal stimülasyona üstün kılmaktadır.

Bu yöntemde stimülasyon parametreleri genellikle klasik SUP için kullanılanlarla aynıdır, ancak daha hızlı stimülasyon frekansları kullanılmaktadır. Sıklıkla uygulanan stimülasyon frekansı 5 - 7 Hz arasındadır. SUP'ler direkt korteks üzerinden kaydedildiklerinden çok yüksek amplitütle elde edilirler ve bu nedenle stimülasyon frekansındaki bu artış önemli bir değişiklik oluşturmaz. Stimülasyon hızındaki bu artışın faydası operasyon sırasında daha hızlı ve kısa zamanda kayıt yapılabilmesini sağlamasıdır. Böylece operasyon sırasındaki zaman kaybı daha aza indirilmiş olmaktadır.

Stimülasyon şiddeti yine klasik olarak başparmakta minimal hareket oluşturacak düzeyde tutulmaktadır. Eğer nöromusküler blokaj yapan ajanlar nedeniyle bu hareket elde edilemiyor, ancak preoperatif uyarım değerleri biliniyorsa, stimulus şiddeti bunun 1.5 - 3 katı olacak şekilde, eğer o da bilinmiyorsa, stimulus şiddeti 15 - 30 miliamper arası değerlerde uygulanmaktadır. Analiz zamanı 30 - 50 msn arasında değişebilmekte ve kullanılan hızlı ve yavaş frekans filtreleri genellikle klasik SUP kayıtlarında uygulanan değerlerde tutulmaktadır. Sıklıkla düşük frekans filtreleri (highpass-low cut off) 1 - 30 Hz ve yüksek frekans filtreleri (lowpass-high cut off) 1000 - 3000 Hz arasında değerlere ayarlanabilmektedir.

Kayıt amacıyla değişik elektrodlar kullanılıyorsa da, pratikte ensık olarak yumuşak plastik (silastic) üzerine belirli sıralarla yerleştirilmiş paslanmaz çelik ya da platinium-iridium elektrodlardan oluşan elektrod tabakaları kullanılmaktadır. Bu tabakalar 4 ya da 8 elektrodun tek sıra halinde 1 cm arayla yerleştirildiği tipte olabildiği gibi, 16 elektrodun 4x4, 20 elektrodun 4x5 ya da 64 elektrodun 8x8 olacak şekilde yerleştirildiği daha büyük tabakalar şeklinde olabilmektedir.

Bu yöntemde SUP kayıtları sırasında elde edilen potansiyeller direkt korteks üzerinden arada artefakt oluşturacak herhangi bir doku olmaksızın kaydedilmeleri dolayısıyla yüksek amplitütle ve kolaylıkla elde edilirler. Bu nedenle 100 uyarının, hatta çoğu zaman yaklaşık 20 uyarının averajlanması bile değerlendirmeye yetecek düzeyde potansiyellerin kaydedilmesine yetmektedir. Bu durumda 5 Hz'lik stimülasyon hızı uygulandığı takdirde test için gerekli süre 4 - 20 sn. arasında olacaktır.

Testin uygulaması oldukça kısa sürüyorsa da, operasyon sırasında motor ve somatosensoriyel kortekslerin tam olarak lokalize edilebilmesi için bazen elektrod tabakasının yerleşiminin birkaç kez değiştirilerek testin yinelenmesi gerekebilmektedir. Genellikle elektrod tabakası ilk olarak sensorimotor alanların bulunduğu tahmin edilen bölgeye konur ve test uygulanır, eğer beklenen kortikal potansiyeller yazdırılmazsa,

tabaka sensorimotor alanların bulunma olasılığının yüksek olduğu yöne doğru yer değiştirilir, gerekiyorsa elektrod tabakası dura ya da kafatası altı bölgeye kaydırılır ve test lokalizasyon bulununcaya kadar tekrarlanır.

Bu test ile amaç Bölüm 2.5'de sözü edilen kısa-latanslı kortikal komponentler yardımıyla primer somatosensoriyel ve motor kortekslerin lokalizasyonunu değerlendirmektir. Bu konuda en önemli bilgiyi sağlayan komponentler N20, P20 ve P25 olmaktadır. Bu komponentler kontralateral fronto-parietal bölgede belirli kortikal alanlarda belirli latanslarla ortaya çıkmaları nedeniyle fonksiyonel anatomi konusunda çok önemli lokalizan bilgiler vermektedir. Daha önce (Bölüm 2.5) sözedildiği gibi median sinir uyarımıyla postsantral korteks üzerinde kayıtlanan ilk kortikal SUP aktivitesi N20 olmaktadır. Bununla eş zamanlı olarak presantral korteks üzerinde ise P20 komponenti kayıtlanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi bu 2 aktivitenin jenerasyonundan santral sulkus arka duvarı yerleşimli korteks bölgesinin (3b alanı) eksitasyonu ile oluşan tek bir tanjansiyel dipolün sorumlu olduğu kabul edilmektedir. Bu dipolün oluşturduğu alan potansiyeli santral sulkus posteriorunda N20, anteriorunda ise P20 şeklinde ortaya çıkmaktadır. Dipol aktivasyonu ile ortaya çıkan field maxima ve minima ise presantral ve postsantral giruslarda ortaya çıkmaktadır. Yani N20 aktivitesi en yüksek amplitüdü olarak postsantral girus üzerinde, P20 aktivitesi ise en yüksek amplitüdü olarak presantral girus üzerinde saptanmaktadır. İşte N20 ve P20 komponentlerinin santral sulkusun 2 yakasında arasında gösterdiği bu polarite inversiyonu (faz karşılaşması) primer somatosensoriyel ve motor kortekslerin lokalize edilmesinde büyük değer taşımaktadır. Çünkü bu 2 komponentin arasında yer alan izoelektrik hattın, yani faz karşılaşmasının ortaya çıktığı bölgenin birçok olguda santral sulkusun hemen üzerine denk düştüğü gösterilmiştir. Az sayıda olguda ise 3b alanının korteks yüzeyine tam dik olmamasına bağlı olarak bu hattın santral sulkusun 1-2 mm önünde veya arkasında yerlabildiği saptanmıştır.

N20 ve P20 komponentleri için santral sulkusun 2 yakası arasında varolan keskin polarite inversiyonunun intraoperatif median sinir SUP'ları ile gösterilmesi primer sensoriyel ve motor kortekslerin yerleşiminin saptanmasında önemli bir yol göstericidir. Diğer önemli aktivite olan P25 ise yerleşimi konusunda halen tartışmalar sözkonusu olan radial bir dipolün oluşturduğu alan potansiyeli şeklinde ortaya çıkmaktadır. Genellikle en yüksek amplitüdü olarak postsantral girus üzerinde, ancak N20'ye göre daha medialde, santral sulkusun hemen yanında ortaya çıkmakta ve presantral alana da yayılmaktadır. Bu durum lokalizan değerini azaltıyorsa da, santral sulkus civarında N20-P20'ye göre daha yüksek amplitüdle ortaya çıkan bu aktivite de primer somatosensoriyel ve motor kortekslerin lokalize edilmesinde yol gösterici olmaktadır.

2.7) SUP'LERİN İNTRAOPERATİF MONİTÖRİZASYON AMAÇLI KULLANIMI : 59,98-100,108

Bölüm 2.2'de belirtildiği gibi SUP'ler SSS'deki pekçok hastalık sürecinden etkilenmekte ve bu nedenle tanı, lezyon lokalizasyonu ve prognoz tayini gibi birçok amaç için kullanılabilir. SUP'lerin son yıllarda giderek yaygınlaşan kullanım alanlarından biri de intraoperatif uygulamalar olmuştur. SUP'lerin intraoperatif kullanımını ensık olarak çeşitli SSS operasyonları sırasındaki monitörizasyon çalışmalarını içermektedir. Daha yeni ve daha ender bir intraoperatif uygulama ise motor ve somatosensoryel kortekslerin lokalize edilmesi amacıyla korteks yüzeyinden SUP kayıtlaması olmuştur.

İntraoperatif uygulamada uyarılan periferik sinir ve kayıt yapan elektrodların yerleşimi operasyonun yerleşimine ve izlenmek istenen SUP komponentine göre değişmektedir. Bununla birlikte kullanılan stimülasyon parametreleri her tür uygulama için benzer özellikler taşımaktadır. Stimulus şiddeti genellikle antidromik olarak uyarılan kas gruplarında minimal kas kontraksiyonu yapacak ya da motor eşğin 1.5 - 3 katı olacak şekilde uygulanmaktadır. Stimülasyon sıklığı genellikle 5 Hz ve bazen 15 Hz'e varacak oranlarda kullanılabilir. Stimülasyon sıklığının rutin SUP elde edilmesinde kullanılanlara göre çok yüksek frekanslarda kullanılmasının nedeni operasyon sırasında zaman faktörünün öneminden kaynaklanmaktadır. Hızlı stimulus oranı ile operasyonu uygulayan ekibe çok daha hızlı bilgi "feed-back"i sağlanabilir.

SUP'lerin, periferik sinir düzeyinden başlayarak, spinal kord ve beyinsapı boyunca somatosensoryel kortekse değin neredeyse tüm nöroaksis boyunca yol almaları onları intraoperatif fonksiyonel monitörizasyon açısından değerli yapmaktadır. SUP'lerle spinal kord, beyinsapı ve serebral hemisferler monitörize edilebilmekte; bu yolla SSS'nin birçok seviyedeki bütünlüğü değerlendirilebilmektedir. Buradaki temel amaç SSS'nin intraoperatif olarak uyarılmış potansiyellerle monitörize edilmesi ve böylece postoperatif defisit oluşturabilecek SSS etkilenmelerinin gelişim aşamasında engellenmesidir. Yapılan çalışmalar SUP'lerin birçok cerrahi girişimin monitörize edilmesinde yararlı olduğunu göstermiştir.^{1,59,118} Hayvan çalışmaları ve insanlardaki deneyimler arka kordonların SUP'lerle monitörizasyonunun bu yollara paralel motor yolların bütünlüğünün de indirekt olarak izlenmesinde etkili olduğunu göstermiştir.¹⁰⁰ Bunun nedeni bu 2 yolun hemen her akut durumda birlikte tutulmalarıdır. Ancak bu durumun istisnaları da bildirilmiştir.⁸¹

SUP monitörlemesi ensık spinal bölgeye yönelik cerrahiler sırasında ve özellikle skolyoz cerrahisi gibi spinal enstrümantasyon gerektiren durumlarda uygulanmaktadır. Monitörleme operasyonun yerleşimine göre üst veya alt ekstremitelerde median, ulnar, posterior tibial, peroneal ve diğer periferik sinirlerin elektriksel stimülasyonu ile yapılmaktadır. Elde edilen SUP'ler genellikle noninvaziv olarak saçlı deriden, bazen de direkt operasyon bölgesinden kayıtlanmaktadır. Günümüzde birçok merkezde spinal kord ya da

kauda equina hasarı riski olan her operasyonda SUP monitörlemesi yapılmaktadır. Bu tür operasyonlarda özellikle spinal kord hasarı yönünden potansiyel tehlike taşıyan manevralar sırasında sık monitörleme yapılarak SUP'lerde meydana gelecek olumsuz bir değişiklik (latans uzaması ya da amplitüd düşmesi gibi) olup olmadığı gözlenmektedir. İntraoperatif SUP monitörlemesinin kullanımı sadece spinal kord operasyonlarına sınırlı olmayıp, santral duysal yolları etkileyebilecek her türlü operasyonda kullanımı sözkonusudur. Yapılan çalışmalar SUP'lerin postoperatif defisitlerin önceden tahmininde oldukça duyarlı olduğunu göstermiştir. SUP'lerin diğer bir intraoperatif uygulaması ise Bölüm 2.5'de ayrıntılı olarak üzerinde durulan somatosensoryel ve motor kortekslerin yerleşiminin değerlendirilmesinde korteks düzeyinden yapılan kayıtlardır.

2.8) ANESTEZİNİN VE DİĞER İNTRAOPERATİF KOŞULLARIN SUP'LARA ETKİSİ :1,27, 60, 110

Birçok intraoperatif faktörün SUP monitörlemesi üzerine etkili olduğu bilinmektedir. SUP' ları etkileyen faktörler arasında ameliyat esnasındaki hipotermi, özellikle stimüle edilen ekstremitenin soğuması, hipoksi, hipotansiyon, anemi ve anestetik ajanlar sayılabilir. En önemli etkiyi kullanılan anestetik tipi ve dozajı oluşturmaktadır. SUP monitörlemesi sırasında anestezi ve anestezi dışı faktörlerin mümkün olduğunca stabil tutulması büyük önem taşımaktadır.

Anestetiklerin çeşitli SUP komponentleri üzerine etkileri değişik olmaktadır. Bunun nedeni anestetiklerin değişik jeneratör bölgelere olan etkilerinin farklı olmasıdır. Özellikle subkortikal yapılardan köken alan SUP komponentlerinin anestetik ajanlardan diğer bölgelere göre daha az etkilendikleri bilinmektedir. En fazla etkilenen komponentler ise "Uzun-latanslı Kortikal Potansiyeller" olmaktadır. Genel olarak anestetik ajanların SUP'ler üzerine etkisi, dozaja da bağlı olmak üzere, az ya da çok latans uzaması, amplitüd düşmesi ve ender olarak bazı komponentlerin kaybı şeklindedir. Bazı ajanlar belirli dozajlarda SUP'lere herhangi bir etkide bulunmayabilirken, bazı ajanlar beklenin aksine SUP'leri potansiyalize edebilmekte ve amplitüd yükselmesi oluşturmaktadır.

İntraoperatif monitörlemede ensık kısa-latanslı kortikal komponentler kullanılmaktadır. Bu komponentler anesteziye minimal etkilenmektedir.^{5,98,100,124} Yine de saçlı deriden yapılan kayıtlarda bazı anestetik ajanların etkisiyle bu komponentlerin kaybolabileceği bildirilmiştir.⁶⁰ Ancak direkt korteks yüzeyinden yapılan kayıtlarda kısa-latanslı kortikal komponentler için anesteziye kritik bir faktör olmadığı; hangi anestetik kullanılırsa kullanılsın bu potansiyellerin rahatlıkla elde edilebildikleri bildirilmiştir.⁹⁹

İnhalasyon anesteziğinde çok sık kullanılan bir ajan olan isoflurane'in, intraoperatif SUP monitörlemesi sırasında belirli konsantrasyonlarda (% 0.5-1) kullanımı önerilmekle

birlikte, yüksek dozajlara (% 1.5-2) çıkıldığında saçlı deriden yapılan SUP kayıtlarında bazı kısa latanslı kortikal potansiyellerin kaybına yolaçabildiği saptanmıştır.¹¹⁰ Oysa aynı ajanın korteks yüzeyinden yapılan kayıtlarda ciddi bir SUP değişikliğine yolaçmadığı bildirilmiştir.⁹⁹ Bu durum isofluorane'in kortikal komponentlerde bir miktar amplitüd düşüşü oluşturmasıyla açıklanmaktadır. Bu amplitüd düşüşü belli bir kritik noktaya ulaştığında saçlı deri kayıtlarında bazı komponentlerin kaybı gözlenebilmektedir. Oysa direkt korteks yüzeyinden yapılan kayıtlarda potansiyellerin kortikal jeneratörün hemen üzerinden kayıtlanmaları nedeniyle amplitüd düşmeleri asla komponent kaybı ile sonlanmamaktadır.⁹⁹ İnhalasyon anesteziinde kullanılan diğer bir ajan olan nitrous oxide (N₂O) de belirli konsantrasyonlarda (% 55-60) SUP monitörlemesi sırasında kullanılabilir.⁶⁰

İntravenöz anesteziide sık kullanılan ajanlar olan kısa etkili narkotik analjeziklerin (fentanyl, sufentanil) de kortikal SUP'leri etkilediği bilinmektedir. Bu ajanların primer anesteziik olarak kullanımında, SUP'lerde bir miktar latans uzaması oluşmakla birlikte, kortikal SUP komponentlerinin korunduğu saptanmıştır.¹⁰³ Diğer bir intravenöz kullanımlı anestetik olan Propofol (Diprivan)' ün latans uzaması oluşturmakla birlikte kortikal SUP'leri potansiyalize ettiği ve amplitüdüde artış oluşturduğu saptanmıştır.⁷⁸ Etomidate de SUP'leri potansiyalize eden ajanlar arasında sayılmaktadır.

Bölüm 3) GEREÇ VE YÖNTEM :

Bu çalışma Ekim 1991 ile Eylül 1992 tarihleri arasında "The University of Chicago" Nöroloji Anabilim Dalı Klinik Nörofizyoloji Laboratuvarları bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışılan olgu grubu aynı üniversitenin Nöroloji ve Nöroşirürji Anabilim Dalları hastalarından oluşmaktadır.

Bu çalışmada motor ve somatosensoriyel kortekslere yakın yerleşimli tümör, vasküler malformasyon ve epileptik fokus gibi lezyonlar nedeniyle opere edilen ve operasyon sırasında korteks yüzeyinden median sinir SUP kayıtlaması yapılarak primer motor ve somatosensoriyel kortekslerin lokalizasyonunun değerlendirildiği 20 olgu incelenmiştir. Olgular primer somatosensoriyel korteks ve duysal yolların direkt hasarlanmasına yolaçmayan lezyonlar nedeniyle opere edileceği ve kortikal median sinir SUP kayıtlamasının yapılacağı önceden bilinerek izlenen bir grup olgu içinden yeterli kortikal SUP kayıtlamasının yapılabildiği olması kriterine göre seçilmiştir. Primer somatosensoriyel korteks veya duysal yollarda hasarlanmadan şüphelenilen olgularda median sinir SUP'leri preoperatif olarak kortikal komponentler yönünden değerlendirilmiş ve kortikal komponentlerin elde edilemediği olgular çalışmaya alınmamıştır. Kortikal SUP kayıtlamasının yapılma nedeni motor ve somatosensoriyel kortekslerin yerleşiminin intraoperatif olarak saptanmasının operasyon planlaması açısından gerekli olduğunun operasyonu yapacak beyin cerrahı tarafından bildirilmesi olmuştur.

Bu çalışmaya olgu seçimi şu şekilde gerçekleşmiştir: 1) Median sinir SUP'leri ile intraoperatif olarak motor ve somatosensoriyel kortekslerin lokalizasyonunun saptanmasının operasyon planlaması açısından gerekli olduğuna dair istek Klinik Nörofizyoloji Laboratuvarına ulaşır ulaşmaz, ilgili hekim ile bağlantıya geçilmiş ve öncelikle olgu ve olgunun lezyon tipi ve lokalizasyonu ile ilgili bilgiler elde edilerek, nöroradyolojik incelemeler gözden geçirilmiştir. 2) Eğer olgu hastanede yatıyorsa ya da operasyondan önce kontrole gelecekse olgu görülerek, preoperatif nörolojik tablosu değerlendirilmiş ve preoperatif median sinir SUP'leri elde edilmiştir. Preoperatif SUP kayıtlamasında aşağıda ayrıntılı olarak tanımlanan intraoperatif SUP stimülasyon ve kayıt kriterleri aynen kullanılmış, ancak daha düşük stimulus frekansı ile (2-3 Hz) çalışılarak, saçlı deriden yüzeysel disk elektrodlarla kayıt gerçekleştirilmiştir. Bu sırada hastanın median siniri için bilekten motor stimülasyon eşliği de öğrenilmiş ve daha sonra intraoperatif uygulamada gerekirse kullanılmak üzere not alınmıştır. Preoperatif SUP kayıtlamasında aktif elektrodlar sadece uyarılan median sinirin kontrateralinde olanlar kullanılmak üzere 10-

20 sistemine göre C3 (C4), C3' (C4'), yani 10-20 sistemindeki C3 ve C4'ün 2 cm posterioru ve F3 (F4) lokalizasyonlarına yerleştirilmiş ve elektrodlar kontrilateral mastoid elektroda refere edilmiştir. Eğer duysal semptom ve bulgular sözkonusuysa ve primer somatosensoryel korteks veya duysal yollarda hasarlanmadan şüpheleniliyorsa, preoperatif median sinir SUP'lerinde kortikal komponentlerin elde edilememesi planlanan intraoperatif kayıtlamanın iptal edilmesi için yeterli kriter kabul edilmiştir. İki olgu bu nedenle çalışmadan çıkarılmıştır. Bu olgulardan birinde preoperatif sonuca rağmen intraoperatif SUP kayıtlaması denenmiş ve başarısızlığa uğramıştır. 3) Eğer olgu preoperatif dönemde hastanede yatmıyorsa ve kontrole de gelmeyip, direkt operasyon sabahı hastaneye ulaşacaksa, bu tür olgular operasyon başlamadan hemen önce görülmüş, nörolojik olarak değerlendirilmiştir. Eğer duysal sistemde hasarlanmadan şüpheleniliyorsa ve vakit varsa, yine preoperatif SUP testi uygulanmış ve kortikal komponentler yönünden değerlendirilmiştir. 4) Yukarıda açıklanan biçimde izlenen olgulardan operasyon sırasında korteks yüzeyinden yeterli SUP kayıtlaması yapılabilmüş ve daha sonra izlenebilmiş olan olgular çalışmaya alınmıştır. Operasyon sırasında SUP kayıtlama işlemi dışındaki teknik ve operatif nedenlerden dolayı yeterli SUP kayıtlaması yapılamayan olgular çalışmadan dışlanmıştır.

Yirmi olgunun 11'i erkek ve 9'u kadın olup, yaş dağılımı 9 - 69 (yaş ortalaması 30.2) idi. Erkeklerde yaş dağılımı 10 - 58 (yaş ortalaması 31.9); kadınlarda ise 9 - 69 (yaş ortalaması 28.1) idi. Tablo 3.1'de olguların alfabetik sıraya göre yaş ve cins dökümleri görülmektedir. Yine bu tabloda olguların başvuru nedenleri ve öyküleri özetlenmektedir.

Olgularda operasyona neden olan lezyonun tipi ve anatomik lokalizasyonu preoperatif olarak manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve/veya bilgisayarlı beyin tomografisi sonuçları ile değerlendirilmiş; operasyon sırasında eksizyon yapılan tüm olgularda eksize edilen materyalin patolojik değerlendirme sonuçları gözden geçirilmiştir. Olguların 11'inin çeşitli tiplerde beyin tümörü, 4'ünün vasküler malformasyonlar ve geriye kalan olguların ise tedaviye dirençli epilepsi nedeniyle operasyonu planlanmıştı. Tablo 3.1'de görüldüğü gibi postoperatif patolojik değerlendirmede 8 olguda nöroepitelial ve 3 olguda ise metastatik beyin tümörü sözkonusuydu. Metastatik tümörlerden ikisinde primer odak akciğer kanseri idi, 1 olguda ise primer odak ortaya konamamıştı. Vasküler malformasyon saptanan 2 olguda AVM, 2 olguda ise kavernoöz hemangiom sözkonusuydu. Geriye kalan 5 olgu dirençli epilepsi nedeniyle operasyona alınmıştı.ve bunlardan patolojik olarak sadece bir olguda fokal kortikal displazi ve telenjektazi değerlendirilmişti, diğerlerinde patolojik ve radyolojik değerlendirme sonuçları normaldi.

Çalışmanın bir amacı da Kortikal MSSUP tekniğinin güvenilirliğinin değerlendirilmesi olduğundan Tablo 3.2'de görüldüğü gibi olguların preoperatif ve erken postoperatif dönemdeki nörolojik tabloları, özellikle sensorimotor defisitler yönünden, değerlendirildi.

OLGU	YAŞ /SEKS	ÖYKÜ (Ğ=Sağ, L=Sol)	TANI : RADYOLOJİK (R) /PATOLOJİK (P)
AB	20/K	Baş ağrısı, Atipik Nöbet (1 ay önce), Anksiyete Bozukluğu	Ğ Fronto-parietal Tm (R)/ Miket Astrositoma-Oligodendrogloma(P)
AW	14/K	2 Kez Epileptik Nöbet (JTK) Geçirme (Son 1 ay içinde)	L Frontal Tümör -Glioma- (R)/ Düşük Dereceli Astrositoma (P)
BL	58/E	JTK Nöbet Geçirme (1 ay önce)	L Frontal Tümör (R)/ Glioblastoma Multiforme (P)
GK	33/E	Dirençli Epilepsi, JTK Nöbetler (5 yaşından beri)	Normal (R)/ Normal (P)
HP	9/K	Nöbet Geçirme (son 2 aydır) Atipik Dalma Nöbetleri	L Parietal Kitle (Tm ?) (R)/ Kavernöz Hemanjioma (P)
IT	47/E	L Üst Ekstremitede Uyuşukluk (1 aydır)	Ğ Parieto-okspital AVM (R)/ AVM (P)
JA	37/K	JTK Nöbet Geçirme (1 ay önce) Opere Akc. Ca Öyküsü	Ğ Parietal Tümör (R)/ Az Differansiye Adenocarcinoma (P)
JB	10/E	Dirençli Epilepsi (9.5 yıldır) JTK Nöbetler (~her gece)	Normal (R)/ Normal (P)
JC	34/E	Dirençli Epilepsi (30 yıldır) Psikomotor Nöbetler	Normal (R)/ Normal (P)
JD	69/K	Baş ağrısı, (6-8 haftadır) Depresyon	L Parietal Metastatik Tm (R)/ Metastatik Az Differansiye Ca (P)
JG	28/K	Subaraknoid Kanama Epizodu (1.5 ay önce)	L Parietal AVM (R)/ -----
JN	12/E	Uykuda JTK Nöbet Geçirme (Son 3 aydır)	L Fronto-parietal Kavernöz Hemanjiom (R)/ K.Hemanjioma (P)
JT	23/E	Epileptik Nöbet (JTK, KPE) Geçirme (6 yıldır)	Ğ Frontal Tümör (R)/ Düşük Dereceli Astrositoma (P)
ML	20/E	Epileptik Nöbet (JTK) Trafik Kazası Geçirme	L Frontal Tm-Astrositoma?- (R)/ Ganglioglioma (P)
MP	14/K	Dirençli Epilepsi- Ğ Fokal Motor Nöbetler (4 yıldır)	Normal (R)/ Normal (P)
PW	42/K	Görme Bulanıklığı, L Alt Ekstr. Uyuşukluğu (1 aydır)	Ğ Talamik Tm (R)/ Intermediate Grade Astrositoma (P)
RK	50/E	L Dil ve Yüz Yarısında Uyuşma, Güçsüzlük (7-8 aylık), Epileptik Nöbet, Konuşma boz. (6 aydır)	Ğ Posterior Frontal Tm (R)/ Glioblastoma Multiforme (P)
TT	26/E	Dirençli Epilepsi (14 yıldır) Psikomotor Nöbetler	Normal (R)/ Fokal Kortikal Displazi ve Telenjektazi (P)
WS	38/E	L Üst Ekst. Fokal Motor Nöbet (1 gün önce), Akc. Ca Öyküsü	Ğ Fronto-parietal Tümör (R)/ Metastatik Az Differansiye Ca (P)
ZH	20/K	Progresif Ğ Hemiparezi (8 aylık) Fokal Motor Nöbetler (4 aydır) Stereotaktik Biopsi (3 ay önce)	L Fronto-parietal Tümör -Glioblastoma Multiforme?- (R)/ Glioblastoma Multiforme (P)

TABLO 3.1 : Olguların tümü için yaş, seks, öykü ve tanısal yaklaşımların dökümü.

* Kısaltmalar : Ğ= Sağ, L= Sol,

R= Radyolojik (MRG ve/veya BBT) Tanı,

P= Patolojik Tanı,

JTK= Jeneralize Tonik-Klonik Nöbet

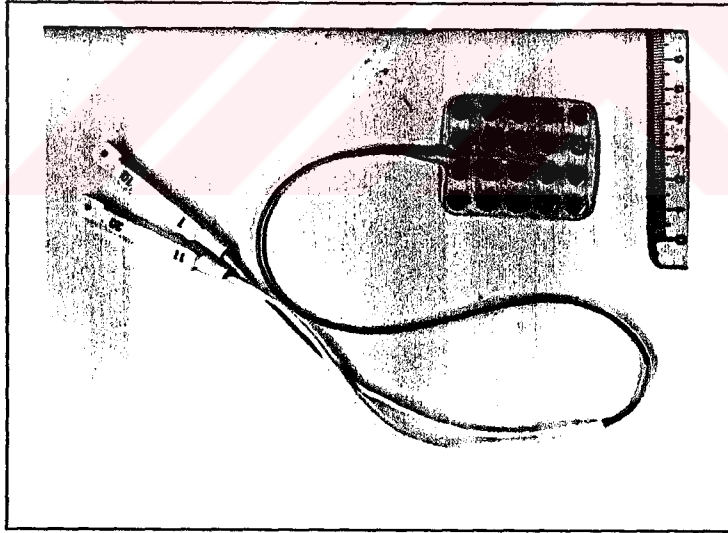
OLGU	PREOP. NÖROLOJİK. BAKI	POSTOP. NÖROLOJİK. BAKI	OPERASYON	ANESTEZİ	ANESTEZİK AJAN
AB	Normal	Ğ Hemiparezi (1-3/5) Tamamen Düzelmeye	Total Tm. Rezeksiyonu	Genel	Sufentanil, Propofol
AW	Normal	Erken İlimli Ğ Üst Ekst. Distal Parezi/Düzelmeye	Total Tm. Rezeksiyonu	Genel	Isoflurane, Propofol, N2O
BL	Normal	Ekspressif Afazi Tamamen Düzelmeye	Subtotal Tm. Rezeksiyonu	Genel	Isoflurane Sufentanil, N2O
GK	Normal	Erken Psikotik Reaks.. Tamamen Düzelmeye	Ant.Temporal Lobektomi	Lokal	----/Fentanyl Midazolam
HP	Normal	Normal	K.Hemanjiom Rezeksiyonu	Genel	Isoflurane, N2O, Fentanyl
IT	Normal	Normal	Total AVM Rezeksiyonu	Genel	Isoflurane, N2O, Alfenta
JA	Normal	Normal	Total Tm. Rezeksiyonu	Genel	Fentanyl, Thiamylal, N2O
JB	Normal	Normal	Epileptik Fokus Rez. (EFR)	----	-----
JC	Normal	Afazi (Postop İSH) Minimal Düzelmeye	Ant.Temporal Lobektomi+EFR	----	-----
JD	Normal	Normal	Total Tm Rezeksiyonu	Genel	Alfentanil, N2O
JG	Normal	Ğ Alt Eks.Distal Duyusal Kayıp/Kısmi Düzelmeye	Besleyici Arter Oklüzyonu	Genel	Sufentanil, N2O, Propofol
JN	Normal	Normal	K.Hemanjioma Ekizyonu	Genel	Isoflurane, Fentanyl, N2O
JT	Normal	Normal	Total Tm. Rezeksiyonu	Lokal	----/Propofol Fentanyl
ML	Normal	Normal (Kısa süreli konuşma bozukluğu.)	Total Tm. Rezeksiyonu	Lokal	----/Fentanyl Droperidol
MP	İlimli Ğ Hemiparezi (Todd ?), Duyusal ?.	Ekspressif Afazi + Preop. Bulgular	Epileptik Fokus Rez. (EFR)	----	-----
PW	Quadrantanopla (Homonim L-Inferior)	Preop. ile Aynı Bulgular	Subtotal Tm. Rezeksiyonu	Genel	Isoflurane, Thiamylal, N2O
RK	Motor Afazi, Sol Santral Fasial Parezi.	Preop. ile Aynı Bulgular	Subtotal Tm. Rezeksiyonu	Lokal	----/Fentanyl Midazolam
TT	Normal	Normal	Ant.Temporal Lobektomi+EFR	Genel	Isoflurane, N2O
WS	Monoparezi (L Üst Ekstremitte)	Preop. Monoparezi Düzelmeye	Total Tm. Rezeksiyonu	Genel	Isoflurane, Fentanyl, N2O
ZH	Ğ Hemiparezi Proksimal 3-4/5	Preop. ile Aynı Bulgular	Subtotal Tm. Rezeksiyonu	Lokal	----/Propofol Fentanyl

TABLO 3.2 : Olguların tümü için preoperatif ve postoperatif nörolojik bakı ile operatif ve anestezi yaklaşımının dökümü.

* Ğ= Sağ, L= Sol, İSH= İntraserebral Hemoraji, EFR= Epileptik Foküs Rezeksiyonu

Nörolojik defisitler gelişen olgularda postoperatif izleme operasyondan 1-3 ay sonrasına kadar devam edildi. Yine Tablo 3.2'de olgulara uygulanan operatif girişim, operasyon sırasında uygulanan anestezi tipi ve anestetikler görülmektedir. Tümör saptanan olguların 7'sinde total rezeksiyon, 4'ünde ise subtotal rezeksiyon yapılmıştı. Vasküler malformasyon saptanan olgulardan 3'ünde lezyon rezekte edilmiş, 1 olguda ise sadece besleyici arter oklüzyonu uygulanmıştı. Dirençli epilepsisi olan olguların 2'sinde sadece epileptik fokus rezeksiyonu, 1'inde sadece anterior temporal lobektomi ve geriye kalan 2 olguda ise her 2 operasyon tipi birlikte uygulanmıştı.

Operasyon sırasında median sinirin elektriksel stimülasyonu bilek düzeyinde disk elektrotlarla sağlandı. Bu amaçla stimülasyonda kullanılacak elektrotlar operasyon başlamadan ve hastanın üzeri steril örtüler ile örtülmeden önce bileğe, katot anodun 2 cm proksimalinde olacak şekilde yerleştirildi ve stabilize edildi. Tüm olgularda opere edilecek hemisfere kontralateraldeki median sinir uyartıldı. Stimülasyon için 0.2 milisaniye süreli kare dalgalar kullanıldı. Stimulus sıklığı genellikle 5-6 Hz düzeyinde tutuldu. Stimulus şiddeti başparmakta minimal hareket oluşturacak düzeyde uygulandı. Anestezi ve nöromusküler blokaj yapan ajanların etkisi ile motor hareketin uyartılmadığı durumlarda eğer preoperatif motor stimulus eşiği biliniyorsa stimulus şiddeti bu eşiğin 2-3 katı olacak şekilde ayarlandı. Anestezi altında kullanılan stimulus şiddeti 15 - 30 miliamper düzeyleri arasındaydı



Resim 3.1 : İnteroperatif kayıtlar sırasında kullanılan elektrod tabakası

Median sinir SUP kayıtları korteks üzerine yerleştirilen 20 elektrodluk (4x5) yumuşak plastik (silastic) elektrod tabakası (Cortec-TM Model 2111-20, PMT Corporation, Minneapolis, MN) ile yapıldı (Resim 3.1). Elektrotlar 3 mm çaplı stainless

steel disk elektrotlar şeklindeydi ve elektrotların merkezleri arası mesafe 1 cm'di. Kortikal kayıtlar sırasında bu elektrotlardan sadece 16'sından kayıt yapıldı. SUP kayıtları 8 kanallı Nihon-Kohden Neuropack 8 (Nihon-Kohden Corporation, Tokyo, Japan) cihazı ile yapıldı ve bu nedenle ortalama işlemi her seferinde 8 kanal şeklinde 2 etapta yapıldı. Elde edilen veriler daha sonraki analiz (off-line analiz) için manyetik disketlere yüklendi. Test sırasında 50-150 kadar stimülusun ortalama alınması ile elde edilen SUP komponentleri en az 2 kez kaydedildi ve dalga formlarının yinelenebilirliği gösterildi. SUP elde edilmesinde kullanılan yavaş frekans filtresi (highpass-low cut off) 1 Hz, hızlı frekans filtresi (lowpass-high cut off) ise 1500 Hz idi. Analiz zamanı stimülus verilmesinden 5 saniye sonra başlayarak 50 milisaniyelik (5-55 milisaniye) süreci kapsamaktaydı. Kayıtlar sırasında kontrlateral mastoid elektrod, ortak referans elektrodu (common elektrod reference) olarak kullanıldı ve tüm elektrodlar bu elektroda referans edildi.

Operasyon sırasında korteks yüzeyine ulaşıldığında 20 elektrod (4x5) steril elektrod plakası nöroşirürjiyen tarafından sensoriyel ve motor alanların bulunduğu tahmin edilen korteks bölgesine yerleştirildi ve üzeri ıslak, steril petlerle kapatılarak yeterli kontakt sağlandıktan sonra ilk SUP kaydı yapıldı. Beklenen kortikal potansiyellere rastlanmadığı durumda elektrod tabakası sensorimotor alanların bulunma olasılığının yüksek olduğu yöne doğru kaydırılarak yeni kayıtlar gerçekleştirildi. Bölüm 2.7'de sözü edilen kısa latanslı kortikal potansiyellerden herhangi birine rastlandığında elektrod tabakasının yeri bu bilgiye göre değiştirildi. Eğer sadece N20 komponenti kayıtlanmışsa bu durum elektrod tabakasının yerleşiminin santral sulkusun posteriorunda, eğer sadece P20 komponenti kayıtlanmışsa anteriorunda kaldığı şeklinde yorumlandı ve elektrod tabakasının yer değişimi bu bilgiye göre planlandı. Gerekiyorsa elektrod tabakası dura veya kafatası altına kaydırıldı. SUP kayıtlaması her lokalizasyonda tekrarlanarak somatosensoryel ve motor kortekslerin lokalize edilmesinde kullanılacak kortikal komponentler elde edilinceye kadar teste devam edildi. Kortikal SUP kayıtlamasına son verilme kriteri N20 ve P20 dalgalarının aynı lokalizasyonda saptanmasıydı. Sensorimotor korteks bölgesinden yapılan kayıtlarda elektrod tabakası ve elektrodların santral sulkus ve önemli korteks bölgelerine göre olan konumu fotoğraf, video ve/veya çizimlerle postoperatif analiz için kaydedildi. Kortikal SUP'lerle somatosensoryel ve motor kortekslerin lokalizasyonu gerçekleştirildiğinde kortikal ve subkortikal lezyonların rezeksiyondaki planlama ve kortikal insizyon bölgesinin seçimi bu bilgiye göre yapılmaktaydı.

Yukarıda anlatıldığı şekilde ortaya konan kortikal komponentlerin tepe (pik) noktalarına kadar olan latans değerleri ölçüldü ve komponentler polarite- latans nomenklatürüne göre isimlendirildi. Bu komponentlerin latans ve amplitüd değerleri kayıtlandı ve daha sonra bu değerler istatistiksel olarak analiz edildi. Amplitüd değeri

hesaplanırken Bölüm 2.5'de anlatıldığı gibi aynı korteks bölgesinden köken alan ve aynı elektrodalarda ama farklı latanslarla kayıtlanan komponentlerin tepe latanslar arasındaki (N20/P30 gibi) potansiyel farkı hesaplanarak elde edildi. İstatistiksel analiz için non-parametrik "Mann-Whitney U Testi" ve "Wilcoxon Eşleştirilmiş 2 Örnek Testi" uygulandı. Kaydedilen SUP komponentleri için tepe latans değerlerindeki anlık voltaj haritaları (instantaneous voltage mapping) da elde edildi. Böylece 16 elektrodadan gelen voltaj değerleri interpolasyon yöntemi ile daha kolay anlaşılır topografik haritalar şeklinde elde edildi.

Median sinir uyarımı ile korteks yüzeyinden kayıtlanan tüm veriler daha sonra Scherg ve von Cramon (1985) tarafından tanımlanan spatio-temporal dipol modeli ile yeniden analiz edildi. Bu amaçla veriler BESA (Brain Electrical Source Analysis, Neuroscan Inc.) programına transfer edildi. BESA programı ile elde edilen verileri en iyi açıklayabilecek matematiksel dipol modeli ortaya koyuldu. Bu model seçilen herhangi bir kortikal aktivite için hipotetik ekivalan dipol ya da dipollerin modellenmesine olanak sağlamaktaydı. Bu spatio-temporal dipol modelinde dipol analizi küresel kafa modelinde fikse yerleşimli ancak, değişik zaman aralığında ve üst üste binen (overlapping) aktivite fonksiyonlu multipl ekivalan dipoller şeklinde ele alındı. Bu algoritma ile belirli latansdaki SUP aktivitesini (N20 gibi) en iyi açıklayan ve elektrofizyolojik verilerle matematiksel model arasındaki varyansı minimize eden en-iyi uyan (best-fitting) ekivalan dipol çözümü elde edildi. Nörofizyolojik bilgiler temel alınarak dipol çözümleri öncelikle N20 ve P25 komponentleri için uygulandı. Bu uygulama için her bir komponentin başlangıç latansı ile tepe latansı arasındaki interval seçilerek analiz buradan gerçekleştirildi. Bu 2 dipol modele konulduktan sonra açıklanamayan aktivite ya da aktiviteler için uygun latansa üçüncü bir dipol eklenerek analize devam edildi. Yukarıda tanımlanan dipol ya da dipollerin analizinden sonra "rezidüel varyans", yani elektrofizyolojik verilerle matematiksel model arasındaki uyumsuzluk oranları elde edildi. Rezidüel varyans, modele konulan dipol veya dipollerin aktivitesi ile modellenemeyen, bir diğer deyişle arta kalan elektrofizyolojik aktivitenin modellenen aktiviteye oranının yüzde olarak değeri şeklindeydi. Yine BESA programı ile elde edilen dipollerin kortikal elektrodalara göre lokalizasyonu, korteks yüzeyi ile yaptığı açı ve santral sulkusa göre konumları da hesaplandı.

Tablo 3'de görüldüğü gibi 10 olguda somatosensoriyel ve motor korteksin lokalizasyonunun değerlendirilmesi amacıyla kortikal elektriksel stimülasyon tekniği de uygulandı. Elektriksel stimülasyon "Grass Stimülatör" (Grass Instrument Co., Quincy, Massachusetts) ile 1-10 miliamper şiddetinde 0.5 ms süreli 50 Hz sabit akım (constant current) dizileri şeklinde verildi. Kortikal elektriksel stimülasyon operasyon sırasında oldukça zaman alıcı bir yöntem olarak bilinmektedir. Özellikle genel anestezi altında

eksitabilite eşiğinde meydana gelen yükselme nedeniyle stimulus şiddetinin giderek artırılarak birçok korteks alanının defalarca uyartılması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada kortikal stimülasyon sadece SUP kayıtları ile korele edilerek uygulandı. Önce kortikal SUP kayıtlaması ile santral sulkus lokalize edildikten sonra presantral girus olarak değerlendirilen girus elektriksel olarak stimüle edildi. Lokal anestezi altında değerlendirilen olguların bazılarında postsantral girusta stimüle edildi. Elektriksel stimulus korteks düzeyinde özel olarak dizayn edilmiş pensetin yaklaşık 5 mm aralıklı uçları ile sağlandı. Lokal anestezi altında yapılan tüm operasyonlarda elektriksel stimülasyon uygulandı. Genel anestezi uygulanan olguların sadece 2'sinde kortikal stimülasyon denendi.

Onyediyi olguda Kortikal Median Sinir SUP kayıtlaması operasyon sırasında ve genel ya da lokal anestezi altında yapıldı; epileptik fokus yönünden değerlendirilen 3 olguda ise kayıtlar operasyon ile yerleştirilen subdural elektrodlar ile postoperatif olarak anestezi etkisi olmaksızın, ancak sedatif-trankilizan (benzodiazepinler) ilaçların etkisi altında gerçekleştirildi. Anestezi ajanlarının elektrofizyolojik kayıtları etkileyebileceği bilindiğinden Tablo 3.2'de görüldüğü gibi olguların anestezi kayıtları da gözden geçirildi. Genel anestezi genellikle % 0.5 -1.0 Isoflurane ve % 50 -60 N₂O ile ya da kısa etkili narkotik analjezikler (Fentanyl citrate , Sufentanil, Alfentanil) ile sağlanmıştı. Anestezi indüksiyonu inhalasyon anestezi uygulanan olgularda genellikle barbitüratlar (Pentotal ya da Thiamylal) ile diğer olgularda ise birincil anestezi ile yapılmıştı. Lokal anestezi ile yapılan operasyonlar sırasında ise analjezi yanında hafif sedasyon sağlayacak dozda değişik ajanlar (Fentanyl citrate, Propofol, Midazolam, Droperidol) düşük dozlarla ve aralıklı olarak kullanılmıştı. Operasyonlar sırasında genel strateji kraniotomi ardından dura açıldığında SUP kayıtlaması öncesi anestezi etkisini azaltmak için anestezi konsantrasyonunun düşürülmesi şeklindeydi. Özellikle SUP'ler üzerine olumsuz etkisi bilinen Isoflurane'in dozajı SUP kayıtlamasından birkaç dakika önce % 0.3-0.5 düzeyine indirilerek kayıtlama boyunca bu düzeyde tutuldu. Lokal anestezi altında yapılan operasyonlarda ise SUP kayıtlaması öncesi sedasyon sağlamak amacıyla verilen düşük doz anesteziyelere ara verilmekteydi.

Bölüm 4) BULGULAR :

Tüm olgularda median sinir kortikal SUP kayıtları ile sensorimotor korteks bölgeleri başarı ile lokalize edildi. Çalışmaya alınmamış olan 2 olguda yöntem başarısız oldu. Bunlardan birincisi primer somatosensoryel korteksi ağır bir şekilde harap eden bir glioblastoma multiforme olgusuydu; preoperatif SUP uygulamasında kortikal yanıtların kaybolduğu gözlenmiş ve bu nedenle çalışmaya alınmamıştı, buna rağmen intraoperatif kayıtlama denendi ve başarısız oldu. Diğer olgu ise tam santral sulkus üzerine oturmuş, presantral ve postsantral girusları tamamen kaplamış büyük bir AVM olgusuydu. Bu olguda elde edilen verilerin anatomi ile yeterli korelasyonu yapılamadı.

Motor ve somatosensoryel kortekslerin lokalize edilebilmesi için yeterli kortikal kaydın yapılabilmesi gerekliydi. Bu nedenle elektrod tabakası gerektiğinde birkaç kez yer değiştirilerek SUP kaydı yinelenildi. Olgularda kortikal lokalizasyon saptanıncaya değin elektrod tabakasının en az 2, en çok 6 kez (ortalama 3.2 kez) yerinin değiştirilmesi gerekti. Bu da kullandığımız SUP kayıt düzeneği ile operasyon sırasında optimal şartlarda yaklaşık 1 - 12 dakika arasında zaman kaybına neden olmaktaydı.

Median sinir uyarımıyla yeterli kortikal SUP kaydı yapıldığında, kaydedici elektrodun sensorimotor korteks üzerindeki konumuna göre sistematik olarak değişen kombinasyonlarla median sinir kısa latanslı kortikal potansiyelleri elde edildi. Sadece serebral korteksten köken alan komponentlerin elde edilmesinin nedeni kayıtların direkt korteks yüzeyinden ve sefalik referans kullanılarak yapılmış olmasıydı. Yeterli kayıt yapıldığında tüm olgularda N20, P20, P25, P30, N30 ve N35 komponentleri elde edildi. Olgularda saptanan latans ve amplitüd değerleri Tablo 4.1'de görülmektedir. İlk kortikal aktivite olarak kabul edilen N20 için latans değeri 21.1 msn +/- 1.9 idi. Genel anestezi alan grupta N20 latansı 21.2 msn +/- 2.0, genel anestezi almayan grupta ise 21.0 msn +/- 2.0 olarak ölçüldü. N20 komponenti ve diğer komponentlerin latans değerleri için ayrı ayrı uygulanan "Mann-Whitney U Testi" genel anestezi alan ve almayan gruplarda tüm kortikal komponentler için latans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ortaya koydu. N20 ile eşzamanlı olarak ortaya çıktığı kabul edilen P20 komponentinin latansı ise 21.3 +/- 1.9 olarak değerlendirildi. Aynı komponent için genel anestezi alan ve almayan olgularda latans değerleri 21.3 msn +/- 1.9 ve 21.2 msn +/- 2.1 şeklindeydi. P20 ve N20 komponentleri olguların 9'unda eşzamanlıydı, olguların 8'inde P20 komponentinin N20'ye göre ılımlı bir latans gecikmesi (0.5 msn +/- 0.16) ile ortaya çıktığı saptandı. Tam tersine olguların 3'ünde ise N20 komponenti bir miktar (0.5 msn +/- 0.2) daha gecikmişti. İlk kortikal pozitivite olarak adlandırılan P25 komponentinin latansı 24.4 msn +/- 2.5 idi, bu komponent genel anestezi alan grupta 24.6 msn +/- 2.7, genel

INTRAOPERATİF MEDIAN SINIR KORTİKAL SUP'LERİ

PREOP. SUP

No	Olgu	N20 Latans	P30 Latans	N20/P30 Amp.	P20 Latans	N30 Latans	P20/N30 Amp.	P25 Latans	N35 Latans	P25/N35 Amp.	KORTİKAL STİM.	N20/P30/P20/N30/P25 Latansları
1	AB	20.5	27.8	9.3	20.5	29.3	12.6	22.3	34.5	61.0	M	19.0/24.2/19.2/24.5/21.5
2	AW	20.6	35.6	3.6	21.2	36.1	1.9	22.7	39.1	1.5	M	19.1/31.3/19.7/31.3/21.3
3	BL	24.5	36.9	41.9	23.8	35.4	30.2	28.2	41.0	53.8	-	
4	GK	22.2	35.5	46.1	22.5	35.5	33.9	23.9	37.6	37.6	M/D	
5	HP.	18.1	26.1	13.2	18.1	26.1	20.4	22.5	39.8	35.6	-	16.8/25.2/17.0/25.5/20.0
6	IT	21.8	34.0	8.1	22.5	34.0	15.5	25.3	45.6	16.1	-	
7	JA	19.6	28.8	24.4	20.0	27.7	28.3	21.6	28.8	95.4	-	
8	JB	17.5	27.8	20.0	17.5	26.8	6.7	23.7	32.0	34.3	M/D	16.8/25.2/17.0/25.0/23.4
9	JC	22.2	33.0	7.6	22.5	35.6	5.5	23.7	32.0	16.1	M/D	21.8/27.6/22.0/28.0/23.6
10	JD	24.6	34.0	92.6	24.6	34.7	43.8	27.5	37.6	82.1	-	20.1/29.2/20.5/29.0/25.3
11	JG	20.0	30.4	10.9	20.0	33.5	12.3	22.7	36.1	69.3	-	19.3/25.8/19.5/25.8/21.8
12	JN	19.0	29.3	20.2	19.0	29.3	17.2	21.2	32.5	27.0	-	
13	JT	21.0	28.3	27.3	20.5	27.8	14.7	22.7	33.0	44.3	M/D	19.8/27.0/19.8/27.2/22.0
14	ML	22.5	34.0	15.6	23.2	35.5	14.6	25.3	41.3	31.8	M/D	20.3/29.1/20.8/30.0/23.4
15	MP	21.7	31.0	39.5	21.4	31.0	25.7	23.7	32.0	89.2	M/D	21.1/27.4/21.5/27.4/23.4
16	PW	21.2	32.0	30.6	21.2	32.5	49.8	28.2	38.3	71.1	-	
17	RK	22.7	32.0	18.8	23.2	34.5	7.2	28.3	39.7	21.7	M	21.1/28.5/21.5/29.0/24.0
18	TT	21.8	31.2	26.9	21.8	34.7	25.1	26.7	42.7	90.4	-	19.1/29.2/19.4/30.0/21.7
19	WS	22.7	32.5	17.8	22.7	33.0	11.5	26.3	38.6	15.1	-	22.5/28.8/23.0/29.0/25.2
20	ZH	18.5	26.8	54.6	19.0	26.8	48.7	20.5	31.1	48.3	M	18.0/25.0/19.0/26.6/21.1

TABLO 4-1: Olguların tümünde intraoperatif ve preoperatif SUP komponentleri için elde edilen latans (msn) ve amplitüd değerleri (uV) ile kortikal elektriksel stimülasyon yanıtları (M= Motor yanıt, D= Duyusal yanıt).

	GENEL ANESTEZİ	LOKAL ANESTEZİ - UYANIK	TOTAL
Olgu Sayısı	12	8	20
N20 Latans (msn) Ort. +/- SD (Maks-Min)	21.2 +/- 2.0 (18.1-24.6)	21.0 +/- 2.0 (17.5-22.7)	21.1 +/- 1.9 (17.5-24.6)
P30 Latans (msn) Ort. +/- SD (Maks-Min)	31.5 +/- 3.3 (26.1-36.9)	31.0 +/- 3.2 (26.8-35.5)	31.3 +/- 3.1 (26.1-36.9)
P20 Latans (msn) Ort. +/- SD (Maks-Min)	21.3 +/- 1.9 (18.1-24.6)	21.2 +/- 2.1 (17.5-23.2)	21.3 +/- 1.9 (17.5-24.6)
N30 Latans (msn) Ort. +/- SD (Maks-Min)	32.2 +/- 3.3 (26.1-36.1)	31.7 +/- 4.1 (26.8-35.6)	32.0 +/- 3.5 (26.1-36.1)
P25 Latans (msn) Ort. +/- SD (Maks-Min)	24.6 +/- 2.7 (21.2-28.2)	24.0 +/- 2.2 (20.5-28.3)	24.4 +/- 2.5 (20.5-28.2)
N35 Latans (msn) Ort. +/- SD (Maks-Min)	38.0 +/- 4.6 (28.8-45.6)	34.8 +/- 4.1 (31.0-41.3)	36.7 +/- 4.5 (28.8-45.6)
N20-P30 Amp.(uV) Ort. +/- SD (Maks-Min)	25.0 +/- 23.9 (3.6-92.6)	28.7 +/- 16.4 (7.6-54.6)	26.5 +/- 20.8 (3.6-92.6)
P20-N30 Amp.(uV) Ort. +/- SD (Maks-Min)	22.4 +/- 13.9 (1.9-49.8)	19.6 +/- 15.4 (5.5-48.7)	21.3 +/- 14.2 (1.9-49.8)
P25-N35 Amp.(uV) Ort. +/- SD (Maks-Min)	51.5 +/- 31.8 (1.5-95.4)	40.4 +/- 22.4 (16.1-89.2)	47.1 +/- 28.3 (1.5-95.4)

TABLO 4.2 : İntraoperatif kortikal SUP komponentleri için genel anestezi alan ve almayan gruplarda ortalama latans ve amplitüd değerleri ile standart deviasyonlar (SD).

* Maks= Maksimum Değer, Min= Minimum Değer

anestezi almayan grupta ise 24.0 msn +/- 2.2 olarak değerlendirildi. Daha sonra ortaya çıkan komponentlerden P30 komponenti için genel anestezi alan ve almayan gruplardaki latans değerleri sırasıyla 31.5 msn +/- 3.3 ve 31.0 msn +/- 3.2, N30 komponenti için 32.2 msn +/- 3.3 ve 31.7 msn +/- 4.1 ve N35 komponenti için bu değerler 38.0 msn +/- 4.6 ve 34.8 msn +/- 4.1 şeklindeydi. Bu komponentler için amplitüd değerleri ise N20-P30 için genel anestezi almayan ve alan gruplardaki değerler 22.4 uV +/- 13.9 ve 28.7 uV +/- 16.4, P20-N30 için 22.4 uV +/- 13.9 ve 19.6 uV +/- 15.4, P25-N35 komponentleri için 51.5 uV +/- 31.8 ve 40.4 uV +/- 22.4 şeklindeydi. Elde edilen değerlerin genel anestezi alan ve almayan gruplar ve tüm olgular için özet dökümü Tablo 4.2'de görülmektedir. Bazı olgularda yukarıda tanımlanan komponentlere ek olarak P25'in hemen ardından gelen diğer bir pozitifitenin varlığı saptandı. Sadece 10 olguda saptanan bu aktivitenin P25'ten yaklaşık 3.1 msn (+/- 1.5 SD) kadar sonra ortaya çıktığı ve ortalama latansının 25.5 msn +/- 1.9 olduğu saptandı. Bu komponent için en yüksek amplitüd 7 olguda postsantral, 3 olguda ise presantral korteksi gören elektrodalarda değerlendirildi.

Olgulardan elde edilen verilere BESA (Brain Electrical Source Analysis, Neuroscan Inc.) programı ile spatio-temporal dipole modeli uygulandı. Bu amaçla daha önce insan ve hayvanlardan elde edilen nörofizyolojik bilgilerden yola çıkılarak birincisi N20, ikincisi P25 ve üçüncüsü de ilk 2 dipolden arta kalan aktiviteye yönelik olmak üzere 3 hipotetik ekivalan dipol, modele konuldu ve analiz edildi. Bu dipollerin analizinden sonra "rezidüel varyans", yani elektrofizyolojik verilerle matematiksel model arasındaki uyumsuzluk oranı değerlendirildi. Rezidüel varyans, matematiksel dipole modeli ile açıklanamayan elektrofizyolojik aktivitenin açıklanabilen aktiviteye oranının yüzde olarak değeri şeklindeydi. Tablo 4.3'de median sinir uyarımı ile korteks yüzeyinden kayıtlanan verilerin spatio-temporal dipole modeli ile analiz sonuçlarının dökümü görülmektedir. Tüm olgularda tek dipole (N20), 2 dipole (N20 ve P25) ve son olarak da 3 dipole modele konulduğunda saptanan rezidüel varyans oranları Tablo 4.3'de görülmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlar tekrarlanabilir özellikteydi ve tek bir olgu için varyans değerlerinin kayıtlar arası değişkenlik (variabilite) oranı % 5-10 arasında değişmekteydi. N20 dipole modele girildikten sonra ortalama rezidüel varyans 49.1 +/- 18.2 olarak saptandı. P25 dipole de modele eklendiğinde ortalama rezidüel varyans % 21.2 +/- 7.8 olarak elde edildi. Bu dipollere 3. bir dipole eklenmesi ile rezidüel varyans % 13.5 +/- 4.5 oldu. Bu çalışmadaki dipole analizleri ile özetle şu sonuçlar elde edildi : 1) N20 dipole tüm olgular için total kortikal aktivitenin % 50.9 +/- 18.2'sini modellemekteydi. Bu dipole tüm olgularda tanjansiyel olma eğiliminde olduğu ve ekivalan dipole vektörünün korteks yüzeyi ile yaptığı açı ortalamasının (yönelim ya da "orientation") 5.3° +/- 19.0 olduğu değerlendirildi. Bu dipole tüm olgularda postsantral girusta yer aldığı ve santral sulkusa yakınlığının 3.1 mm +/- 1.7 olduğu saptandı. 2) P25 dipole'nün yöneliminin genellikle

OLGU	DİPOL (SOURCE) 1 : N20/P30			DİPOL (SOURCE) 2 : P25/N35			DİPOL (SOURCE) 3 : P27		
	REZİDÜEL VARYANS ^a (Dipol1)	YÖNELİM ^b Açı (°)	SANTRAL SULKUSA UZAKLIK ^c (mm)	REZİDÜEL VARYANS ^a (Dipol1+2)	YÖNELİM ^b Açı (°)	SANTRAL SULKUSA UZAKLIK ^c (mm)	REZİDÜEL VARYANS ^a (Dipol1+2+3)	YÖNELİM ^b Açı (°)	SANTRAL SULKUSA UZAKLIK ^c (mm)
AB	%71.3	-32.9	4.0	%9.4	73.2	2.0	%6.7	48.7	11.4
AW	%37.4	7.6	5.0	%28.9	53.5	4.6	%19.6	62.8	3.6*
BL	%39.6	5.1	1.4	%9.4	65.4	1.4	%5.6	32	11.0
GK	%39.5	3.1	3.2	%22.3	7.81	5.2	%16.2	1.4	5.3*
HP	%31.5	-14.1	1.4	%24.9	8.8	12.8	%13.3	29.3	1.2*
IT	%22.1	5.8	2.8	%16.4	59.5	5.8	%12.7	19.6	19.0
JA	%59.5	-13.4	2.2	%26.5	74.8	4.4	%14.5	27.6	6.0
JB	%84.6	-26.7	1.2	%27.2	61.9	10.0	%24.9	21.2	4.2*
JC	%28.3	29.1	7.8	%13.2	52.4	2.0	%10.1	67.1	4.6
JD	%40.5	25.4	6.0	%22.4	41.8	3.8	%14.1	38.3	0.2*
JG	%69.3	-3.6	2.2	%27.7	59.8	3.0	%16.7	50.2	4.6
JN	%40.4	2.9	2.4	%21.9	35.4	0.6	%14.1	38.5	17.0
JT	%44.9	-16.7	4.2	%24	9.7	0.4	%15	36	0.6
ML	%66.8	9.9	2.6	%25.8	23.2	3.6	%10.3	4.9	8.6
MP	%74.5	26.6	1.6	%25.2	4.9	1.4	%15.9	20.3	3.0
PW	%61.4	7.9	1.6	%10.3	47.8	6.6	%8.6	21.6	23.6*
RK	%39.1	27.1	4.4	%22.1	1.1	8.8	%18.6	3.9	9.6
TT	%57.2	4.8	3.6	%13.4	66.7	1.0	%11.8	54.4	23.6
WS	%21.2	28.8	3.4	%13.9	48.7	2.4	%9.5	17.8	8.0
ZH	%53.2	29.9	1.6	%39.3	45.8	4.0	%12	26.9	6.8*
ORT. ^d SD	%48.1 +/-18.2	5.3° +/-19.1	3.1mm +/-1.7	%21.2 +/-7.8	42.7° +/-23.7	4.2mm +/-3.3	%13.5 +/-4.5	31.9° +/-17.8	7.9mm +/-6.2

TABLO 4.3: Tüm olgularda dipol (source) analizi ile elde edilen sonuçlar. Ortalama^d ve standart sapma değerleri (SD).

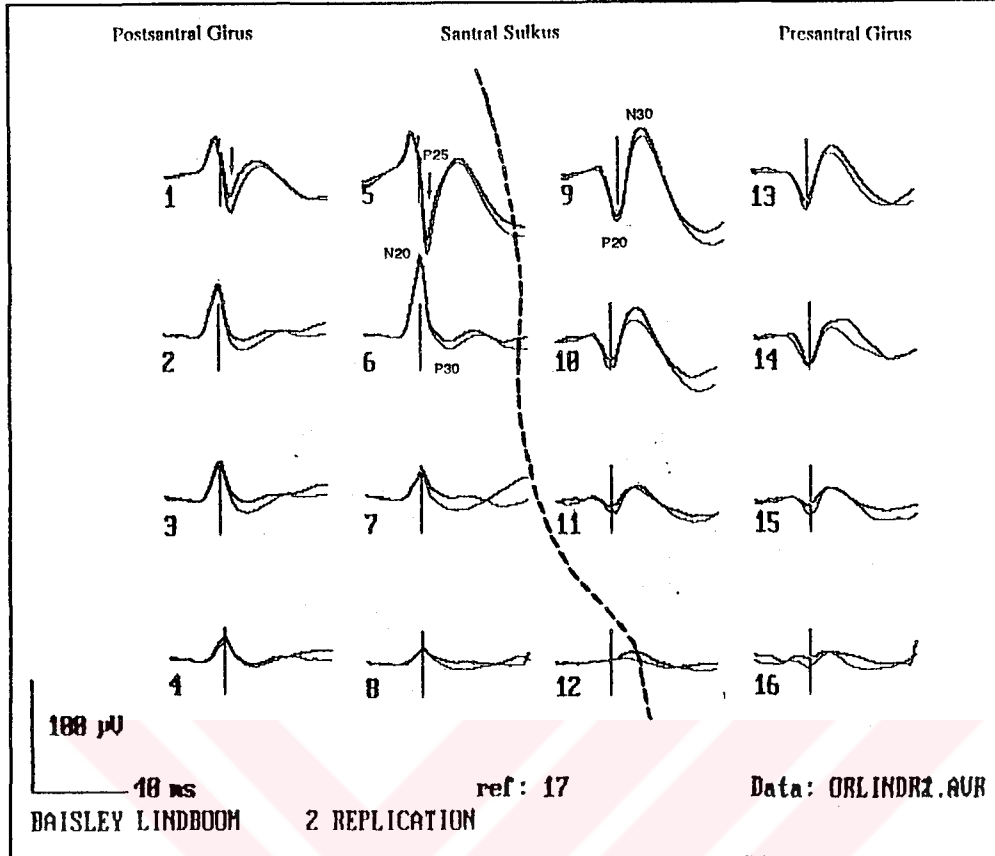
a: Rezidüel Varyans: Elektrofizyolojik verilerle matematiksel model arasındaki uyumsuzluk oranı (veriler ve model arası farkın karesinin veri miktarının karesine oranı).

b: Yönelim (Orientation): Dipol vektörünün korteks yüzeyi ile yaptığı açı miktarı. (-) değerler vektörün yönünün derin serebral bölgeye doğru olduğunu göstermektedir.

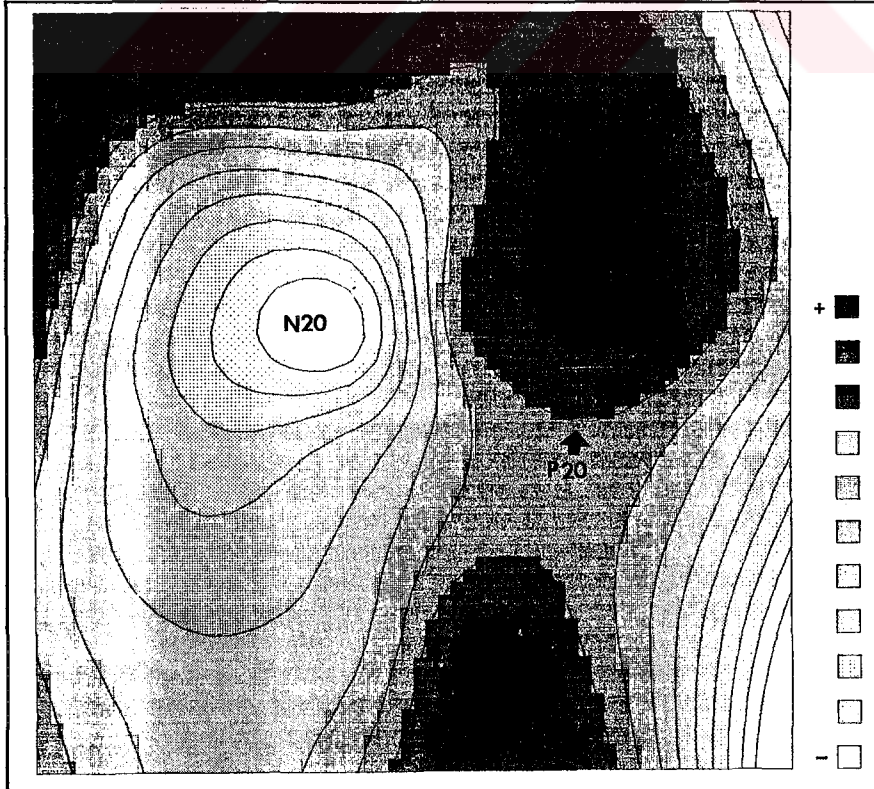
c: Postsantral girusa lokalize edilen dipollerin intraparietal santral sulkusa uzaklığıdır. *: Postsantral dipol lokalizasyonu.

radial değil oblig özellikte olduğu saptandı. Bu dipolün korteks yüzeyi ile yaptığı açı ortalaması $42.7^{\circ} \pm 23.7$ olarak bulundu. Bu dipolün de olguların tümünde postsantral girusta lokalize olduğu ve santral sulkusa yakınlığının ise $4.2 \text{ mm} \pm 3.3$ olduğu saptandı. Bu dipol eklendiğinde N20 dipolü ile birlikte tüm elektrofizyolojik aktivitenin ortalama % 78.8 ± 7.8 'i matematiksel modelle açıklanabilmekteydi. 3) Modele katılan 3. dipol de genellikle oblig oryantasyonluydu; korteks yüzeyi ile olan açısının $31.9^{\circ} \pm 17.8$ olduğu saptandı. Bu dipolün eklenmesi Tablo 4.3'de görüldüğü gibi olguların büyük çoğunluğunda önemli bir rezidüel varyans düşmesine yolaçmadı. Bu dipol için santral sulkusa olan uzaklık $7.9 \text{ mm} \pm 6.2$ olarak hesaplandı, lokalizasyonunun 13 olguda postsantral, 7 olguda ise presantral olduğu saptandı. Ayrıca diğer dipollerin lokalizasyonları stabil özellik gösterirken, bu dipolün yerleşiminin aynı olgudan ard arda yapılan 2 kaydın analizinde bile farklı olabildiği ve birçok olguda bu dipolün aktivasyon fonksiyonunun fizyolojik proseslerle uyumlu olmadığı gözlemlendi. Yine de bu dipolün eklenmesi total kortikal SUP aktivitesinin % 86.5 ± 4.5 'lik kısmının matematiksel dipol modeli ile açıklanmasını sağlamaktaydı. N20'ye yönelik 1. dipol ile P25'e yönelik 2. dipolün korteks ile yaptıkları açı miktarları arasındaki ilişkinin istatistiksel anlamlı ölçüde (Mann Whitney U Testi, $p < 0.05$) farklı olduğu saptandı. Ancak bu 2 dipolün santral sulkusa uzaklıkları arasındaki ilişkinin istatistiksel bir anlam taşımadığı gözlemlendi. N20 ve P25 aktivitelerini açıklayan dipollerin konumları değerlendirildiğinde 2 dipol arasındaki mesafenin $9.5 \text{ mm} \pm 5.4$ olduğu saptandı. İki olgu dışındaki tüm olgularda 2. dipolün 1.'ye göre daha medialde yer aldığı saptandı.

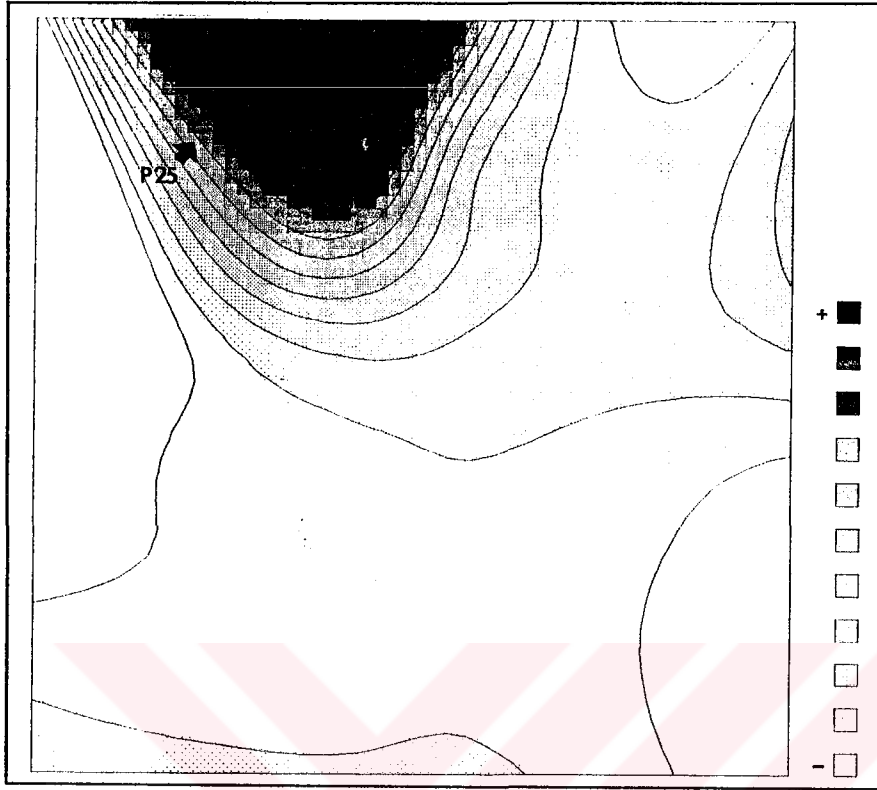
Şekil 4.1A'da frontal glioblastoma multiforme nedeniyle genel anestezi altında opere edilen bir olguda (BL) elde edilen intraoperatif kortikal median sinir SUP'leri ve bunların santral sulkus ile ilişkileri görülmektedir. Görüldüğü gibi tüm dalga formları için en yüksek amplitüdümlü yanıtlar santral sulkusun hemen komşuluğundaki elektrodalarda kayıtlanamaktaydı. Sensorimotor el reprezentasyonu alanlarından uzaklaşıldıkça amplitüdümler giderek düşme gösterdi. Postsantral alanda (1 - 8. elektrodlar) tipik dalga formu önce negatif daha sonra geniş süreli pozitif bir komponent şeklindeydi. Presantral alandaki (9 - 16. elektrodlar) tipik dalga formu ise neredeyse postsantraldekinin ayna hayali şeklinde aynı tepe latansları ile ortaya çıkan önce pozitif ve ardından geniş süreli negatif komponent şeklindeydi. Santral sulkusun 2 yakası arasında elde edilen bu komponentler polarite-latans nomenklatürüne göre N20/P30 ve P20/N30 olarak adlandırılmaktadır. Trasede konulan işaret (cursor) 24. msn'yi, yani N20 ve P20 tepe latanslarını göstermektedir. Bu latans değerinde korteks yüzeyinden kayıtlanan kortikal aktivitelerin topografik dağılımı Şekil 4.1B' de görülmektedir. Bu topografik mapping'de de daha rahatlıkla görüldüğü gibi N20-P20 geçişini gösteren polarite inversiyonu yaklaşık olarak elektrod tabakasının ortasından geçen bir hat boyunca gerçekleşmektedir. Bu hat



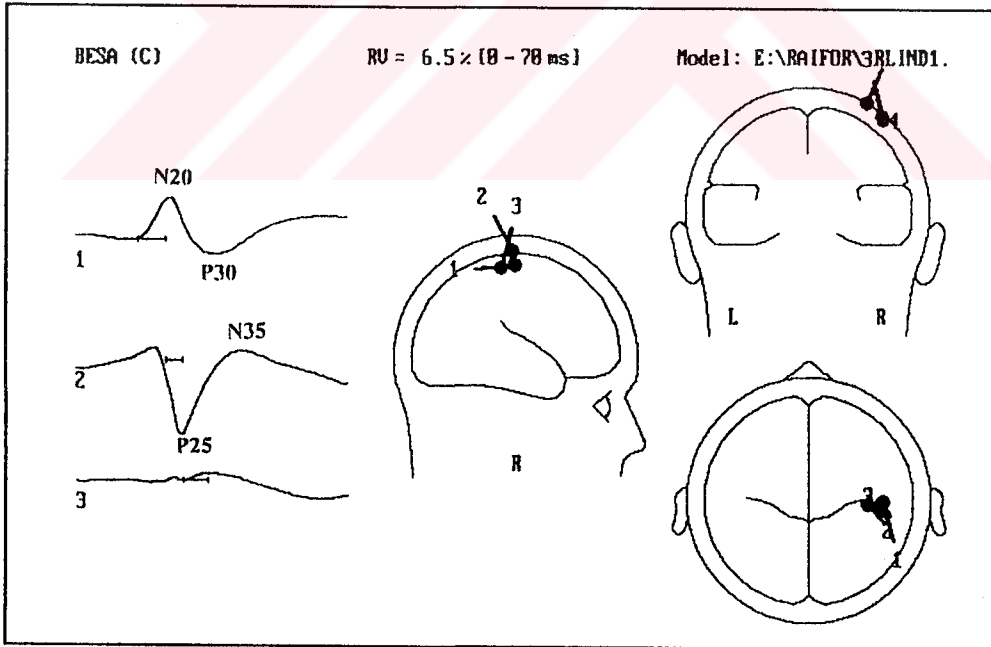
Şekil 4.1A : Bir olguda (BL) elde edilen intraoperatif kortikal median sinir SUP'leri ve elde edilen verilerin intraoperatif olarak değerlendirilen santral sulkus ile olan ilişkileri. Trasede konulan işaret (cursor) 24. msn'yi, yani N20 ve P20 tepe latanslarını göstermektedir. P25 dalgası 1 ve 5. elektrolarda ok ile gösterilmiştir.



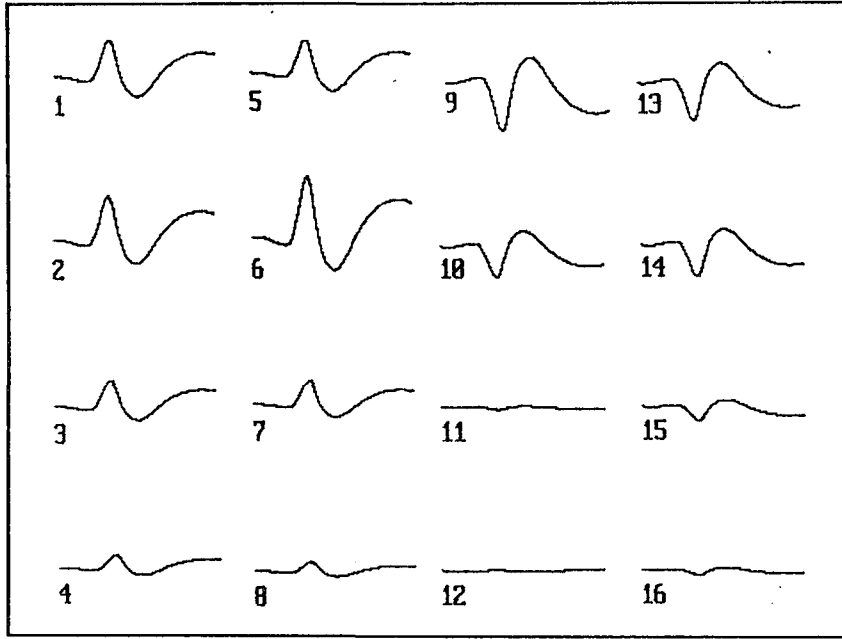
Şekil 4.1B: Aynı olguda N20-P20 latans değerinde korteks yüzeyinden kayıtlanan kortikal aktivitelerin topografik dağılımı. Bu topografik mapping'de de daha rahatlıkla görüldüğü gibi N20-P20 geçişini gösteren polarite inversiyonu yaklaşık olarak elektrod tabakasının ortasından (santral sulkustan) geçen bir hat boyunca gerçekleşmektedir.



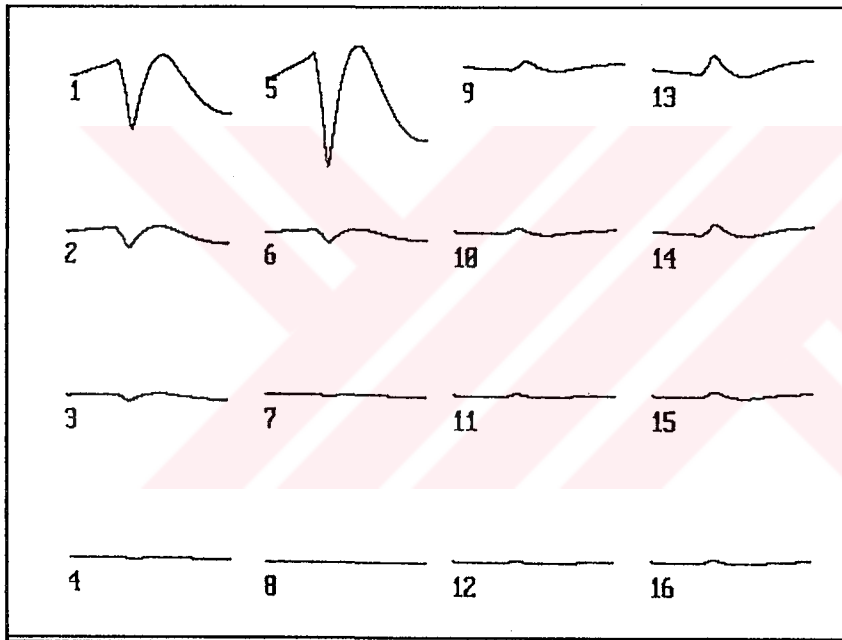
Şekil 4.1C: Aynı olguda (BL) P25 aktivitesinin korteks yüzeyindeki topografik dağılımı görülmektedir.



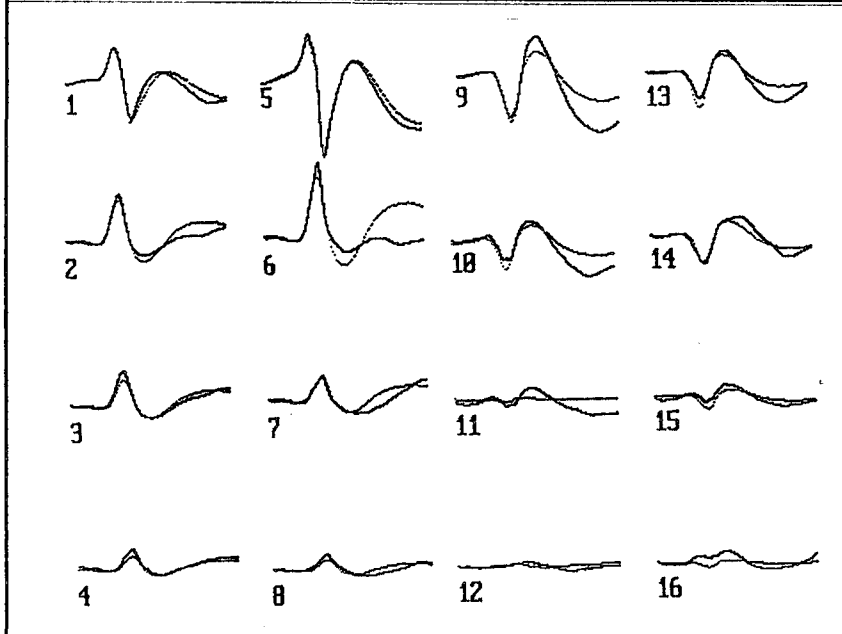
Şekil 4.1D: Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 3 dipolün korteks yüzeyine göre lokalizasyon ve orientasyon görünüşleri ve bu dipollerin köken (source) dalga formları görülmektedir. Görüldüğü gibi 3. dipol önemli bir aktiviteyi modellememektedir.



Şekil 4.1E: Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 1. dipolün N20-P20 aktiviteleri için modellediği dalga formları görülmektedir.



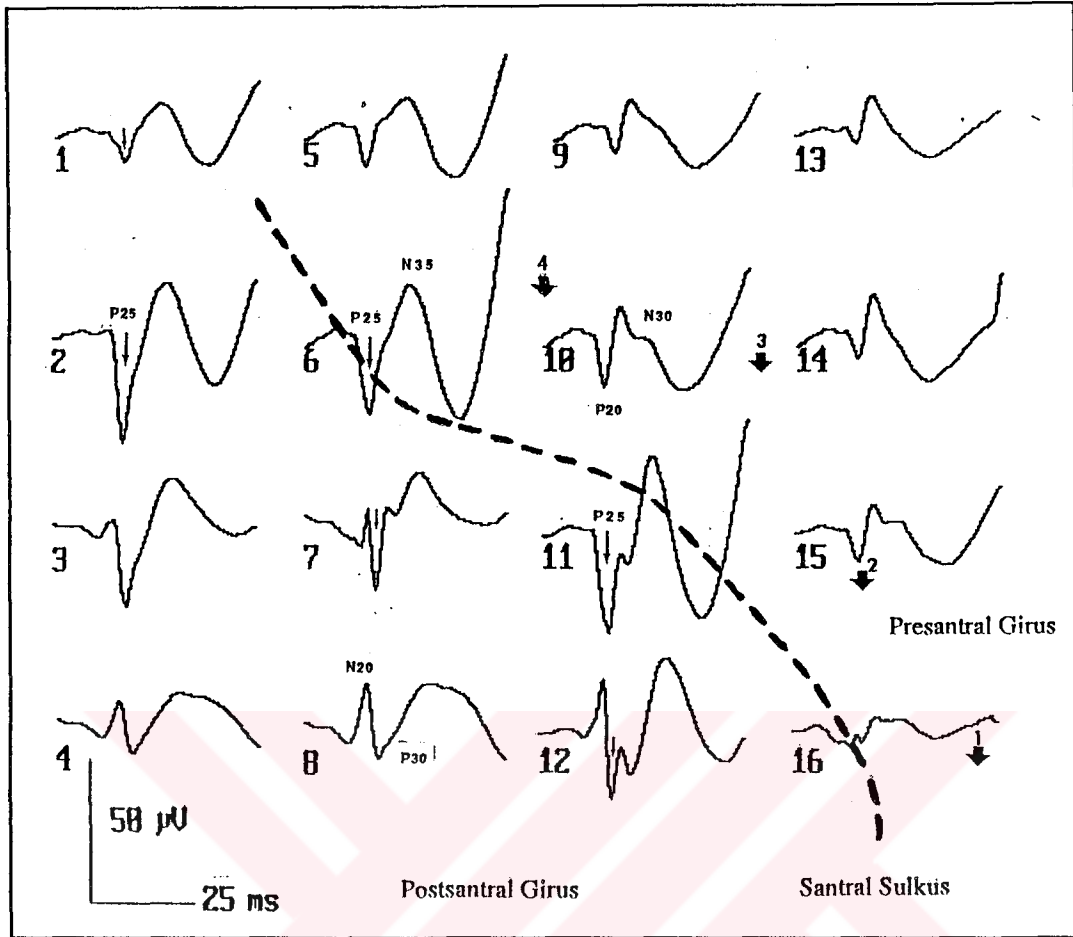
Şekil 4.1F: Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 2. dipolün P25 aktivitesi için modellediği dalga formları görülmektedir.



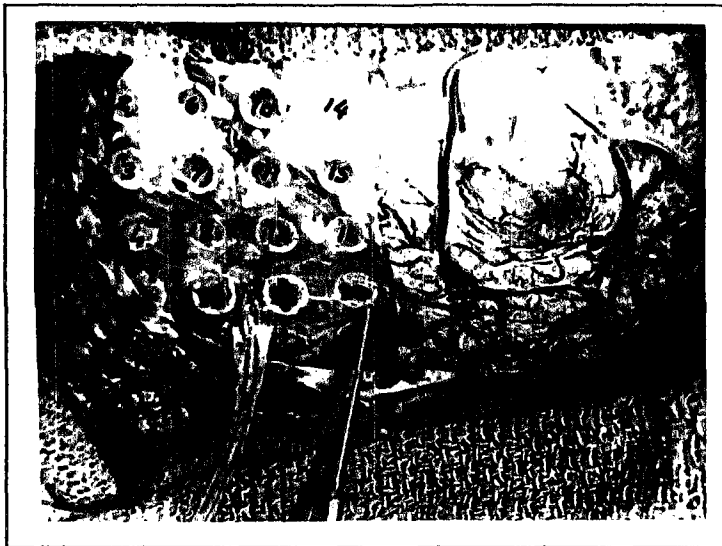
Şekil 4.1G: Bu olguda elektro-fizyolojik verilerle (daha koyu renk olan dalgalar) dipol analizi ile modellenen aktivitenin (kesikli dalgalar) süperpoze edilmiş görünümü

operasyon sırasında santral sulkus olduğu düşünölen sulkusun anatomisi ile uyumluydu. N20 ve P20 dalgaları için en yüksek amplitüd değeri göröldüğü gibi santral sulkusun hemen komşuluğunda gerçekleşmekteydi. Santral sulkustan uzaklaştıkça amplitüd değeri giderek düşmekteydi. Şekil 4.1A'da göröldüğü gibi postsantral bölgede 1. ve 5. elektrodalarda işaret (cursor) ile N20 komponenti arasındaki ilişki değışmekte ve bu bölgede N20'den yaklaşık 4 msn kadar sonra ortaya çıkan P20'den farklı bir pozitifitenin varlığı dikkati çekmektedir. Diğer elektrodalara göre sensorimotor korteksin daha medial bölümünü gören elektrodalarda kayıtlanan bu aktivite P25 olarak, bunu izleyen aktivite ise N35 olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4.1C'de P25 aktivitesinin korteks yüzeyindeki topografik dağılımı görölmektedir. Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 3 dipolün korteks yüzeyine göre lokalizasyon ve orientasyon görünömleri ve bu dipollerin köken (source) dalga formları şekil 4.1D'de görölmektedir. Aynı olguda elektrofizyolojik verilerle modellenen aktivite arasındaki ilişki de Şekil 4.1 E-G'de görölmektedir. Bu olgu için N20 tepe latansına uyarlanan dipolün tanjansiyel dipol özelliklerini gösterdiği ve aynı anda hem N20 hem de P20 komponentlerini modellediği saptandı. Aynı dipolün daha sonraki aktivitesi ise P30-N30 komponentlerini modellemekteydi. Tüm kortikal aktivitenin yaklaşık % 60'ını modelleyen bu dipolün korteks yüzeyi ile yaklaşık 5 derecelik açı gösterdiği hesaplandı. Aynı kortikal aktivite için tanjansiyel olarak sınırlanan dipolde hemen hemen aynı sonucu vermekteydi. P25 aktivitesi için uygulanan dipol ise korteks yüzeyi ile yaklaşık 66 derecelik açı göstermekteydi,

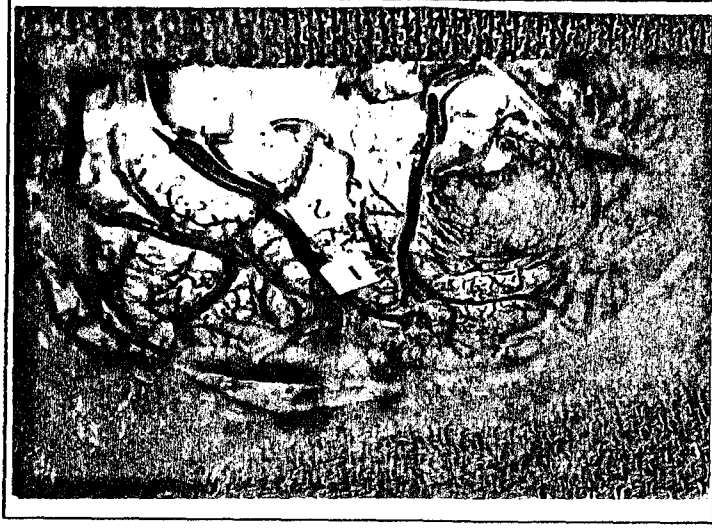
Şekil 4.2B'de frontal düşük grade'li astrositoma rezeksiyonu amacıyla lokal anestezi altında opere edilen bir olguda (JT) kortikal SUP kayıtlaması sırasında elektrod tabakasının kortikal anatomiye göre yerleşimi ve şekil 4.2C'de bu olguda kortikal elektriksel stimölasyonla motor yanıtların uyartıldığı bölgelerin lokalizasyonları görölmektedir. Şekil 4.2A'da ise aynı olguda intraoperatif kortikal SUP kayıtları görölmektedir. Bu olguda 3 boyutlu MRG konstrüksiyonunda lezyon, operatif bölge ve santral sulkus ile kortikal lokalizasyon alanlarının yerleşimleri görölmektedir (Şekil 4.2D). Göröldüğü gibi bu kayıтта en yüksek amplitüdü yanıtlar santral sulkusa yaklaştıkça kaydedildi. Dikkati çeken diğer bir özellik ise santral sulkusun hemen komşuluğunda ve özellikle postsantral bölgede oldukça kompleks dalga formlarının görölmeye başlanmasıydı. Bu bölgede baskın aktivite en belirgin olarak 2 no'lu elektrodta ortaya çıkan 22.7 msn latanslı pozitifite yani P25'di. Bu aktivitenin etkinliği postsantral bölgede 1, 3, 6, 11 ve kısmende 7 ve 12 no'lu elektrodalarda da saptanmaktaydı. Santral sulkusa görece daha uzak kalan elektrodaların santral sulkusun 2 yakası arasında N20/P30 ve P20/N30 komponentlerini kaydettikleri gözlemlendi. Postsantral bölgede 3, 4 ve 8 no'lu elektrodalar ve presantral bölgede 9, 10, 13,14 ve 15 no'lu elektrodalar bu polarite



Şekil 4.2A: Bir olguda (JT) intraoperatif kortikal SUP kayıtları ve bunların santral sulkusa göre konumları görülmektedir. P25 dalgası ince oklarla gösterilmiştir; kalın oklar ve üzerlerindeki numaralar kortikal stimülasyon ile motor yanıt alınan bölgelerdir. (Bkz Şekil 4.2C)



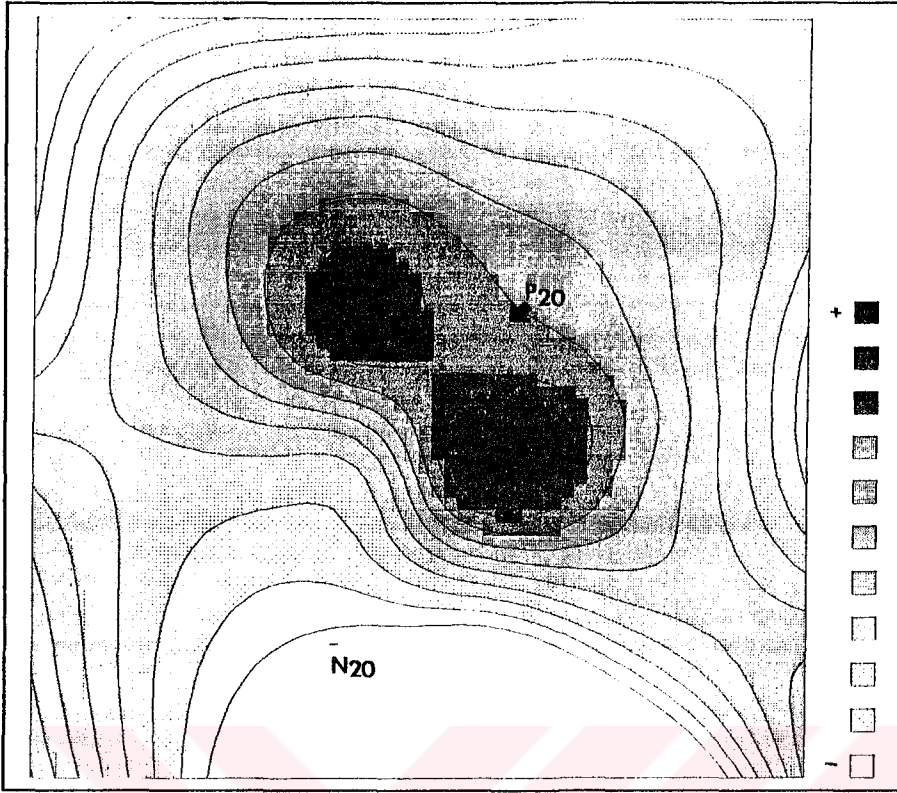
Şekil 4.2B: Aynı olguda kortikal SUP kayıtlaması sırasında elektrod tabakasının kortikal anatomiye göre yerleşimi görülmektedir. Bu olguda santral sulkusun 6, 11 ve 16 no'lu elektrodların hemen altından geçen venöz yapı tarafından kısmen gizlendiği saptanmıştır.



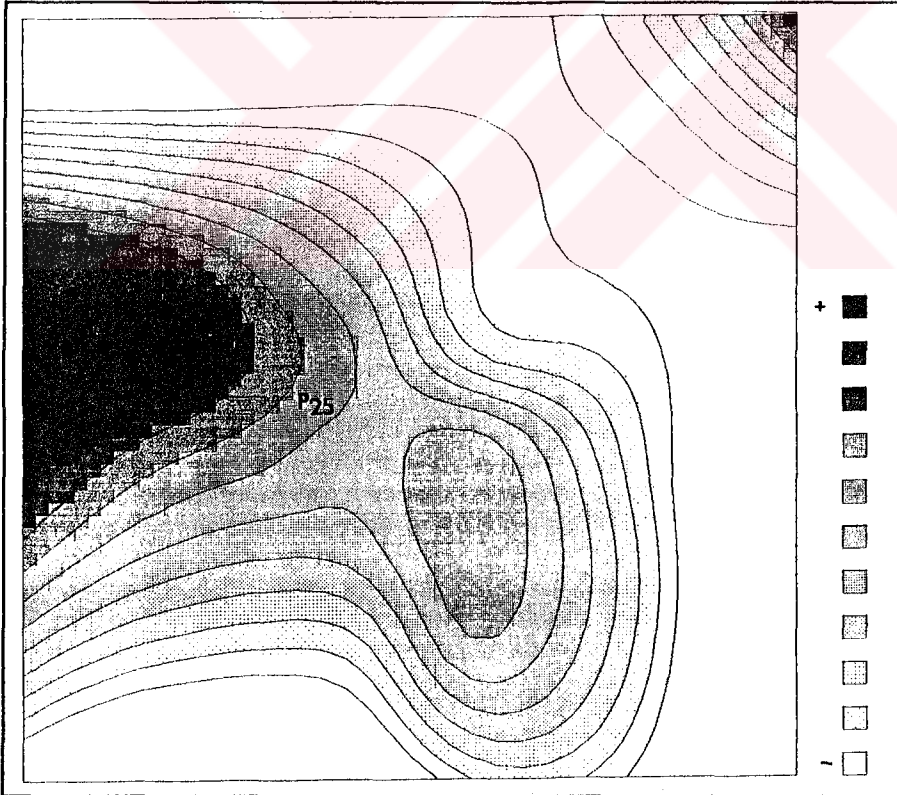
Şekil 4.2C : Aynı olguda kortikal stimülasyon yapılan bölgelerin kortikal anatomiye göre yerleşimleri. 1 No'lu bölgenin stimüle edilmesi ile konuşma arrestü gelişti, 3 No'lu bölgede biceps fleksiyonu, 4 No'lu bölgede biceps kasında hafif kasılma, 2 No'lu bölgede yanıt yok.



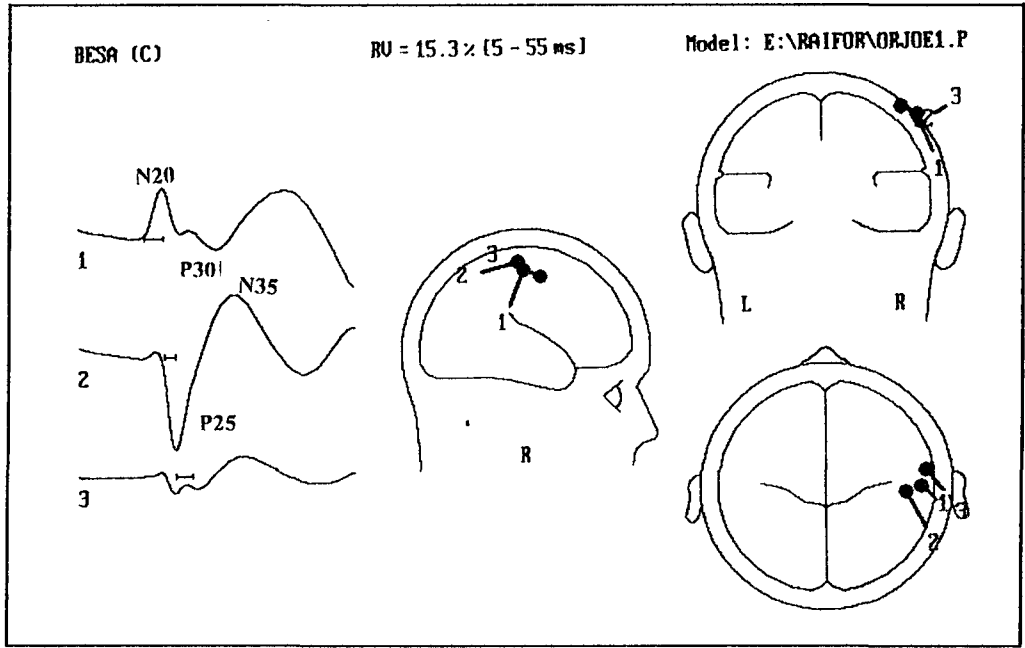
Şekil 4.2D : Bu olguda 3 boyutlu MRG konstrüksiyonunda lezyon, operatif bölge ve santral sulkus ile kortikal lokalizasyon alanlarının yerleşimleri görülmektedir. (X: Tümör, Büyük ve küçük kareler sırasıyla presantral ve postsantral giruslar)



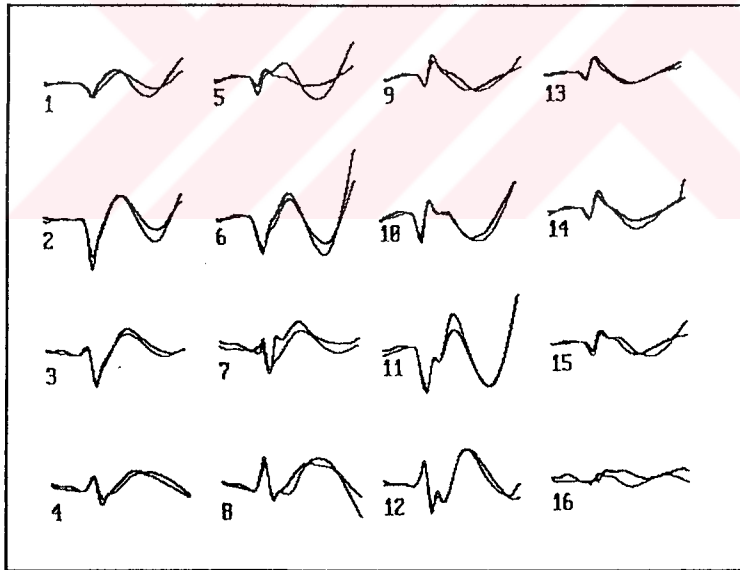
Şekil 4.2E: Aynı olguda N20-P20 latans değerinde korteks yüzeyinden kayıtlanan kortikal aktivitelerin topografik dağılımı. Bu topografik mapping'de de rahatlıkla N20-P20 geçişini gösteren polarite inversiyonu görülmektedir



Şekil 4.2F: Aynı olguda (JT) P25 aktivitesinin korteks yüzeyindeki topografik dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.2G: Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 3 dipolün korteks yüzeyine göre lokalizasyon ve orientasyon görünüşleri ve bu dipollerin köken (source) dalga formları görülmektedir. .

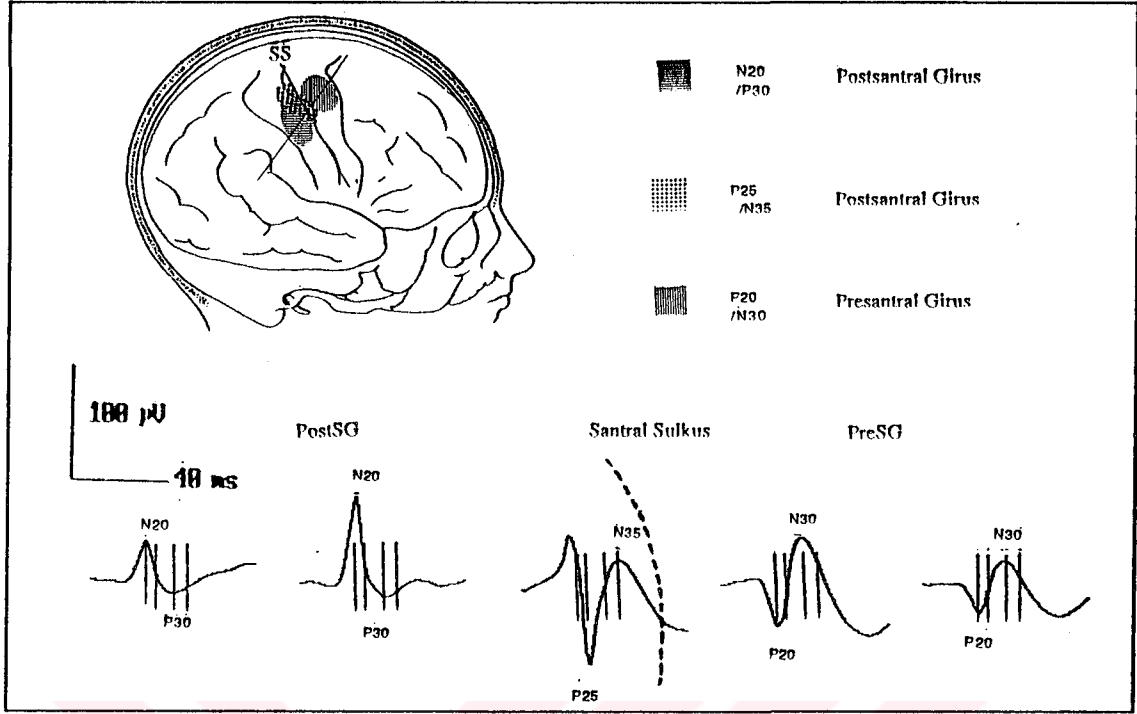


Şekil 4.2G: Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 3 dipolün modelledikleri aktivitenin elektro-fizyolojik verilerle olan korelasyonu görülmektedir.

inversiyonunu kaydetmekteydi. Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen 3 dipolün korteks yüzeyine göre lokalizasyon ve orientasyon görünüşleri ve bu dipollerin köken (source) dalga formları şekil 4.2E'de görülmektedir. Bu olgu için N20 aktivitesine uyarlanan dipolün tanjansiyel dipol özelliklerini gösterdiği ve aynı anda hem N20/P30 hem de P20/N30 komponentlerini modellediği saptandı. Tüm kortikal aktivitenin yaklaşık % 55'ini modelleyen bu dipol korteks yüzeyi ile yaklaşık 16 derecelik açı yapmaktaydı. N20 için tanjansiyel olarak sınırlanan dipol de bu kortikal aktivitenin yaklaşık % 54'ünü açıklayabilmekteydi. P25 aktivitesi için uygulanan dipol eklendiğinde modellenebilen aktivite oranı % 76'ya çıktı. Ancak bu dipol beklenenin aksine korteks yüzeyine yaklaşık 9 derecelik açı göstermekteydi. Aynı dipol radial olarak sınırlandırıldığında ise modellenebilen aktivite oranı % 69'da kalmaktaydı. Bu olguda eklenen 3. dipol ile modellenebilen aktivite oranı % 85'e çıktı. Bu dipolün postsantral yerleşimli olduğu ve yaklaşık latansının 26.7 msn olduğu saptandı.

İntraoperatif olarak korteks düzeyinden kayıtlanan median sinir SUP'lerine ilişkin elde edilen önemli bulgular aşağıda 5 ana başlık altında özetlenmiştir (Şekil 4.3) : 1) Şekil 4.1'de görüldüğü gibi sensorimotor bölgeden kayıtlanan SUP'lerde somatosensoryel korteksten elde edilen ilk kortikal aktivite N20 idi. Bu aktivite ile eşzamanlı olarak santral sulkusun öbür yakasında neredeyse ayna hayali şeklinde P20 komponenti elde edilmekteydi. Santral sulkusun 2 yakası arasında ortalama 21. msn'de saptanan bu polarite inversiyonu (faz karşılaşması) somatosensoryel ve motor kortekslerin ayırt edilmesinde en önemli kriter olarak değerlendirildi. Sensorimotor bölgeye ulaşıldığında tüm olgularda bu inversiyonun varlığı gözlenmekteydi. N20 ve P20 komponentlerinin elde edildiği elektrodalarda 31-32. msn'lerde ise postsantral P30 ve presantral N30 komponentleri ortaya çıkmaktaydı. N20 ve P20'ye göre daha uzun süreli olan bu komponentler de santral sulkus düzeyinde polarite inversiyonu göstermekteydi.

Kısacası sensorimotor korteks alanlarına ulaşıldığında postsantral bölgedeki elektrodlar N20/P30, presantraldaki elektrodlar ise P20/N30 komponentlerini kaydetmekteydiler. 2) Şekil 4.1A ve 4.2A'da görüldüğü gibi postsantral ve presantral giruslara komşu korteks alanlarından da sırasıyla N20/P30 ve P20/N30 komponentleri elde edilmekteydi. Bununla birlikte N20/P30 ve P20/N30 komponentleri her zaman en yüksek amplitüdü olarak postsantral ve presantral giruslar üzerinden kayıtlanmakta, santral sulkustan uzaklaştıkça amplitüd değerleri giderek azalmaktaydı. Aslında tüm komponentler için en yüksek amplitüdü yanıtlar her zaman sensorimotor korteks alanları üzerinde el reprezentasyonu ile ilgili bölgede elde edilmekteydi. 3) Özellikle Şekil 4.2A'da belirgin olarak görüldüğü gibi sensorimotor korteks alanları üzerinde ve özellikle



Şekil 4.3 : Çalışmamızda elde ettiğimiz dalga formlarının sensorimotor korteks alanları ve santral sulkus topografisine göre yerleşiminin şematik görünümü. Santral sulkus hattı (SS) ve bunu kesen klasik dalga formlarının kombinasyonun elde edileceği hat (PreSG: Presantral Girus, PostSG: Postsantral Girus)

santral sulkusun hemen komşuluğundaki bölgelerde elde edilen kortikal yanıtlar daha kompleks dalga formları şeklindeydi. Bu komplike dalga fomlarına neden olan aktivite genelde primer somatosensoriyel korteksin el reprezentasyonu ile ilgili korteks alanında N20/P30 komponentlerine göre biraz daha medialde ve santral sulkusa daha yakın bölgede en yüksek amplitüd değerlerini gösteren, yaklaşık olarak 24. msn latanslı bir pozitivite şeklindeydi. Polarite latans-nomenklatürüne göre P25 olarak adlandırılan bu komponent elektrod tabakasının yerleşimine göre az ya da çok belirgin olmak üzere tüm olgularda saptandı. P25 komponentinin elde edildiği elektrodarda yaklaşık 35-38. msn'lerde P25'e göre daha uzun süreli bir negatif komponent yazdırıldı. N35 olarak bilinen bu dalga postsantral yerleşimi ve daha geç latansla ortaya çıkışı nedeniyle N30'dan ayırt edilmekteydi. 4) Tüm olgularda elde edilen ve yukarıda tanımlanan komponentler dışında 10 olguda etkinliği çok daha az olan ve farklı latansla ortaya çıkan pozitif bir komponent daha saptandı. Genel olarak 24 - 28 msn'ler arası latans değerleri gösteren bu komponent P25-benzeri (P25-like) aktivite şeklinde bilinmektedir. 5) Yukarıda

tanımlanan SUP komponentlerinin tepe latans değerlerindeki anlık voltaj haritaları (instantaneous voltage mapping) bu komponentlerin yerleşiminin saptanmasında ve dolayısıyla santral sulkus ve sensorimotor korteks alanlarının identifiye edilmesinde önemli bilgiler vermekteydi. Topografik haritalarda elde edilen bulgular P25 aktivitesinin postsantral girusta N20-P20 aktivitelerine göre daha medialde ve santral sulkusa daha yakın yerleşimli lokalize bir bölgede en yüksek amplitüd değerini gösterdiğini, bu aktivitenin giderek amplitüdü düşmekle birlikte komşu postsantral ve presantral alanlara da yayıldığını ortaya koymaktaydı.

Bölüm 3'de açıklanan nedenlerden dolayı olgulardan 14'üne preoperatif dönemde median sinir SUP testi uygulandı. Preoperatif dönemde elde edilen SUP'lerin kortikal komponentleri için latans değerleri Tablo 4.2 de görülmektedir. Beklendiği gibi intraoperatif sonuçların preoperatif sonuçlara göre latans uzaması gösterdiği saptandı. N20 komponenti için preoperatif değerler ile genel anestezi altında elde edilen değerler arasında 0.2 - 4.5 msn (ortalama 1.8 msn +/- 1.4) , sedatif-trankilizan etkisi ve lokal anestezi altında elde edilen değerler arasında ise 0.4 - 1.6 msn (ortalama 0.88 msn +/- 0.5) kadar latans gecikmesi sözkonusuydu. P20 için genel anestezi alan ve almayan gruplardaki latans uzaması değerleri ortalama 1.2 msn +/- 0.7 ve 1.0 msn +/- 0.8 olarak saptandı. P25 için bu değerler ortalama 2.0 msn +/- 1.5 ve 1.2 msn +/- 1.5 şeklindeydi. İncelenen tüm komponentlerin preoperatif ve kortikal latans değerleri arasındaki farkın anlamlılığı "Wilcoxon Eşleştirilmiş 2 Örnek Testi" ile araştırıldı. Preoperatif ve kortikal latans değerleri arasındaki fark hem genel anestezi alan grup, hem de genel anestezi almayan grup için istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.05$). Bu latans farklarının incelenen kortikal komponente, kullanılan anesteziğe ve anestezinin düzeyine bağlı olarak değişebildiği gözlemlendi. Genelde tüm olgularda farklı anestetik ajanlar kombinasyonlar şeklinde uygulandığından tek tek anestetik tipine göre istatistiksel değerlendirme yapılmadı. Aynı olguda bile anestezi derinliği değiştiğinde latans ve amplitüd değerleri de değişebilmekteydi. Bununla birlikte korteks yüzeyinden kayıtlanan SUP aktivitesi için anestetik ajan ve anestezi tipinin kritik bir faktör olmadığı, anesteziye bağlı değişikliklerle kortikal komponentlerin ortadan kalkmadığı saptandı. Kortikal SUP'ler genel anestezi altında ve birçok anestetik tipi ile kolaylıkla kayıtlanabilmekteydi. Anestetikler dışında diğer fizyolojik ve çevresel faktörlerin (ısı, yaş, ilaçlar vd.) de önemli bir etkisi yoktu. Bu bölümün başında da söz edildiği gibi korteks düzeyinden SUP elde edilememesine yol açan tek faktör primer somatosensoryel korteksin ağır lezyonunun varlığıydı.

Kortikal SUP'lerin sensorimotor korteks bölgelerinin lokalizasyonu ile ilgili olarak sağladığı bilgiler kortikal ve subkortikal lezyonların rezeksiyonunda planlama ve kortikal insizyon bölgesinin seçimi gibi konularda yol gösterici olarak kullanıldı. Bu nedenle kortikal SUP yönteminin güvenilirliğinin saptanması açısından nörolojik tablonun

postoperatif prognozu da değerlendirildi. Tablo 3.2 de görüldüğü gibi çalışmaya alınan olguların hiçbirinde preoperatif belirgin duysal bulgu yoktu, bir olguda (MP) varolan çok kuşkululu hemihipoestezinin de preoperatif SUP'lerde önemli bir değişiklik yapmadığı gözlemlendi. Preoperatif olarak 3 olguda (MP, WS ve ZH) piramidal tipte motor güçsüzlük değerlendirildi. Postoperatif dönemde hiçbir olguda median sinir duysal yolları ve merkezleri ile ilgili semptom ve bulgu saptanmadı. AVM nedeniyle medial parietal bölgede besleyici arter oklüzyonu yapılan bir olguda (JG) alt ekstremitte distalinde ılımlı proprioseptif kayıp değerlendirildi. Frontal bölge yerleşimli tümör nedeniyle opere edilen 2 olguda (AB ve AW) erken postoperatif dönemde saptanan paretik bulguların kısa sürede düzeldiği gözlemlendi. Bazı olgularda perioperatif komplikasyonlar nedeniyle geçici (BL ve ML) afazi değerlendirildi. İki olguda ise vasküler komplikasyonlara bağlı kalıcı afazik tablolar değerlendirildi. Bu olgulardan birinde intraserebral hemoraji (JC) ve diğerinde (MP) ise frontal infarkt söz konusuydu. Bir olguda (WS) preoperatif motor güçsüzlüğün postoperatif dönemde düzeldiği saptandı, diğer olgularda motor güçsüzlüğün aynen sürdüğü saptandı.

Kortikal elektriksel stimülasyon toplam 10 olguda uygulandı. Bu olgularda elde edilen yanıtlar Tablo 4.1'de görülmektedir. Lokal anestezi ve sedatif etkisi altındaki olguların tümüne, genel anestezi alan olguların ise sadece 2'sine kortikal stimülasyon uygulandı. Tek başına kortikal elektriksel stimülasyon ile motor ve duysal korteks alanlarını lokalize etmenin oldukça zaman aldığı bilinmektedir. Zaman kaybını önlemek açısından önce SUP'lerle santral sulkus lokalize edildikten sonra saptanan presantral ve postsantral girusların kortikal stimülasyonu denendi. Genel anestezi alan 2 olguda (AB, AW) bu uygulamanın oldukça zaman alıcı olduğu bilindiğinden, kortikal elektriksel stimülasyon uygulaması patolojik materyalin frozen sonucu beklenirken geçen sürede denendi. Bu olgularda anestezi minimum düzeye kadar düşürülene kadar uzunca bir süre beklenilmeden güvenilir motor yanıt elde edilemedi. Genel anestezi altında elde edilen yanıtların da lokal anestezi alan olgularda saptanan türde ince klonik distal devinimler şeklinde olmadığı, daha çok proksimalde yavaş ve uzun süreli devinimler şeklinde ortaya çıktığı saptandı. Şekil 4.2&'de lokal anestezi altında opere edilen olguda (JT) motor yanıt alınan korteks bölgeleri görülmektedir. Lokal anestezi altında opere edilen olguların 2'sinde motor yanıt uyartılabildiği halde duysal yanıt elde edilemedi. Tüm olgularda kortikal elektriksel stimülasyon ve SUP'lerle saptanan motor ve sensoriyel alanların birbirleriyle uyumlu olduğu saptandı.

Bölüm 5) TARTIŞMA:

Somatosensoriyel Uyarılmış Potansiyeller sinir sisteminin çeşitli hastalıklarına yönelik klinik ve bilimsel yaklaşımlarda tanı, lezyon lokalizasyonu, prognozun belirlenmesi, hastalık seyrinin izlenmesi gibi değişik amaçlarla sık başvurulan yardımcı inceleme yöntemlerindedir. SUP'lerin son yıllarda giderek yaygınlaşan uygulama alanlarından biri de intraoperatif olarak sensorimotor korteks alanlarını lokalize etme amaçlı kullanımları olmuştur. Bu yaklaşımın temel amacı santral sulkusa yakın yerleşimli lezyonlara yönelik operatif girişimler sırasında median sinir kortikal SUP'leriyle motor ve somatosensoriyel kortekslerin yerleşiminin ortaya konmasıdır. Sensorimotor korteks alanlarının yerleşiminin bilinmesi operatif yaklaşımın bu bilgiye göre planlanmasını sağlamakta ve böylece postoperatif nörolojik defisitlerin önlenmesi ya da enazından minimale indirilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada sensorimotor korteks alanlarına yakın yerleşimli lezyonlar nedeniyle opere edilen 20 olguluk bir grupta korteks yüzeyinden median sinir SUP'leri kayıtlanarak, bu yöntemin sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesindeki yeri değerlendirildi ve güvenilirliği ortaya konulmaya çalışıldı. Korteks düzeyinden kayıtlanan elektrofizyolojik veriler aynı zamanda duysal informasyonun somatosensoriyel korteks alanlarındaki işlemlenmesini yansıttığından; elde edilen veriler dipol (source) lokalizasyon yöntemi ile analiz edilerek sensorimotor korteks alanlarındaki fonksiyonel organizasyon da değerlendirilmeye çalışıldı.

Hem sedatif etkisi altındaki uyanık olgularda, hem de genel anestezi etkisi altındaki olgularda median sinir kortikal SUP'leri ile primer motor ve somatosensoriyel korteks alanları başarıyla lokalize edildi. Bu çalışmada elde ettiğimiz bulgular kortikal SUP'lerin hem lokal hem de genel anestezi altında aynı derecede etkin oldukları şeklinde daha önceki çalışmalarda bildirilen sonuçları desteklemekteydi.^{4,5,60,99,124} Wood ve ark.¹²⁴ 46 olgudaki uygulamalarında 3 olguda başarısız olduklarını bildirdiler. Bu 3 olgunun ikisinde sensorimotor korteksin tümöral invazyonu sözkonusuydu, bu olgularda preoperatif SUP kayıtlarında da kortikal komponentlerin ağır olarak etkilendiği, hatta birinde tamamen ortadan kalktığı saptanmıştı. Geriye kalan 1 olgu ise yeterli incelenmemiş, preoperatif çalışma yapılmamıştı. UCLA grubu da sadece sensorimotor bölge yerleşimli tümörlere bağlı belirgin proprioepsiyon kaybı ve motor güçsüzlük gösteren bazı olgularda intraoperatif olarak kortikal SUP'leri kaydedemediklerini bildirmektedir.⁹⁹ Bu konudaki genel görüş sensorimotor bölge yerleşimli lezyonları olan olgularda preoperatif olarak SUP'lerin elde edilememesi durumunda kortikal SUP'lerin de büyük olasılıkla elde

edilemeyeceği şeklindedir.^{99,124} Bu nedenle bu çalışmada radyolojik olarak sensorimotor bölgede invazyon şüphesi olan tüm olgularda preoperatif SUP kayıtları ve kortikal komponentlerin elde edilemediği saptanan olgular çalışma dışı bırakıldı. Bizim incelediğimiz grup içinde sadece bir olgu bu nedenle çalışma dışı kaldı. Bu olguda sensorimotor bölge yerleşimli glioblastoma multiforme'ye bağlı ağır duysal ve motor tutuluş söz konusuydu; preoperatif SUP testi sırasında kortikal komponentlerin kaybolduğunun saptanması üzerine olgu çalışmadan dışlandı. Yine de bu olguda intraoperatif kortikal SUP'lerle lokalizasyon denendi, ancak korteks yüzeyinden de herhangi bir potansiyel elde edilemedi. Çalışmadan dışlanan bu olgu dışında çalışmaya alınan tüm olgularda SUP'ler başarı ile kayıtları. Elde ettiğimiz bu sonuç sensorimotor bölgenin invazyonuna yolaçan lezyonlar dışında SUP'ler üzerine etkili olduğu bilinen hasta ve çevreden köken alan pek çok faktörün kortikal kayıtlarda önemli bir problem yaratmadığı şeklindeki görüşü desteklemektedir.^{98,99}

İntraoperatif SUP kayıtları sırasında etkili faktörler arasında hastanın yaşı, ameliyat esnasındaki hipotermi, hipoksi, hipotansiyon, anestezi ajanları ve kullanılan diğer medikasyonlar sayılmaktadır. Bu çalışmada ameliyat esnasında etkili olduğu bilinen pek çok olumsuz faktöre rağmen 9 ile 69 yaş arası 20 olguda sensorimotor korteks alanları başarı ile lokalize edildi. Olguların boyuyla bağlantılı küçük latans farkları dışında yaş ve cinsiyetin önemli bir sistematik etkisi gözlenmedi. Anestezi ve diğer medikasyonların da bu yöntem üzerine kritik bir etkisi olmadığı; bu yöntemde kullanılan median sinir kısa latanslı kortikal SUP komponentlerinin pratikte uygulanan tüm anestezi ajanlarının etkisi altında elde edilebildiği bildirilmiştir.^{4,5,27,60,99,124} Bu konuda sadece Wood ve ark.¹²⁴ isoflurane ve enflurane'in yüksek konsantrasyonlarının (% 1.5 ve üstü) bazı olgularda kortikal SUP'lerde büyük amplitüd düşmeleri ve hatta komponent kaybına yol açabildiğini ve bu nedenle SUP kayıtlaması öncesi bu ajanların konsantrasyonlarını düşürme yoluna gittiklerini bildirdiler. Oysa diğer bir grup isoflurane'in yüksek konsantrasyonlarının kortikal SUP'lerde bir miktar amplitüd düşmesine yol açtığını, ancak hiçbir olgularında bu etkinin komponent kaybına yol açacak şiddette olmadığını bildirmiştir.⁹⁹ Bu konudaki tartışmalı durum da gözönüne alınarak bu çalışmada isoflurane'in yüksek konsantrasyonlarından kaçınıldı ve SUP kayıtlamasından birkaç dakika önce anestezi ajanlarının konsantrasyonu bir miktar düşürüldü. Allison ve ark.⁴ 52 olguluk serilerinde genel anestezi alan ve almayan grupları değerlendirdiklerinde istatistiksel olarak anlamlı tek faktörün amplitüd değerleri olduğunu saptadılar. Bu çalışmada anestezi ajanları (isoflurane gibi) kullanılmış ve genel anestezi alan grupta amplitüd değerleri anlamlı ölçüde daha düşük bulunmuştu. Bizim çalışmamızda incelenen olgularda Tablo 3.2'de görüldüğü gibi çeşitli anestezi ajanları farklı kombinasyonlar şeklinde uygulanmıştı; tek tek ajanlara yönelik istatistik inceleme yapılmadıysa da, kortikal

komponentlerin tepe latansı ve amplitüd değerleri yönünden genel anestezi alan ve almayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. Amplitüd değerleri açısından bu farklılığın Allison ve arkadaşlarının⁴ istatistiksel olarak daha anlamlı sayıda olguyu değerlendirmiş olmasından ya da bu grubun genel anestezi uygulamasında bir miktar amplitüd düşmesi yaptığı bilinen halojenize ajanları kullanmasından kaynaklanabileceği düşünüldü. Bizim elde ettiğimiz bulgular anestezinin ve dolayısıyla anestezi ajan tipinin bu yöntem için kritik bir faktör olmadığını göstermekteydi. Elde edilen potansiyeller genel anestezi alan ve almayan olgularda aynı dalga formu ve topografik özellikleri taşımaktaydılar. Kısacası bulgularımız median sinir SUP'lerinin sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesinde kolay, çabuk uygulanabilen ve genel anestezi altında bile etkinliğini yitirmeyen bir yöntem olduğu şeklinde daha önceki çalışmalarda^{2,4,58,98,99,124} belirtilen görüşü desteklemekteydi.

Korteks düzeyinden elde edilen potansiyellerin preoperatif saçlı deri kayıtlarıyla direkt karşılaştırmasını yapmak yanıltıcı olabilirse de, elde ettiğimiz bulgular istatistiksel olarak anlamlı latans uzaması dışında preoperatif komponentlerin korteks düzeyinden kayıtlananlarla hemen hemen aynı olduğunu göstermekteydi. Bu latans gecikmesinin değişik komponentler için farklılıklar göstermekle birlikte ortalama 1- 2 msn civarında olduğu saptandı. Preoperatif saçlı deri kayıtları ile kortikal kayıtlar arasında saptanan bu latans farklılığının sedatif ve anestetik etkilere ya da intraoperatif olarak beyin soğumasına (brain cooling) bağlı olabileceği ileri sürülmektedir.^{5,18,19,124}

Sensorimotor korteks alanlarının intraoperatif olarak lokalize edilmesinde kullanılan diğer 2 klasik yöntem kortikal anatominin inspeksiyonu ve direkt kortikal elektriksel stimülasyon olmuştur. Bu amaçla en basit yöntem inspeksiyon ile anatomik özelliklerden yola çıkılmasıdır. Ancak cerrahın ilk görsel tahminin olguların % 50'sinde yanlış olduğu saptanmıştır.⁹ Kraniotomi ile ortaya konan korteks alanının küçük oluşu, sabit bir kortikal paternin sözkonusu olmayışı, yüzeysel damarların kortikal anatomiyi kısmen de olsa örtüşü, anatomideki normal varyasyonların sıklığı ve lezyonların anatomide oluşturduğu distorsiyon gibi faktörlerin yanlışlıklara yol açtığı ve bu nedenle bu yöntem güvenilirlemeyeceği bildirilmiştir.¹²⁴ Bu çalışmadaki gözlemlerimiz de anatomiden yola çıkmanın yukarıda sıralanan faktörler dolayısıyla güvenilir olmayacağı şeklindeydi. Diğer klasik yöntem Penfield ve Boldrey'in tanımladıkları ve daha sonra Penfield ve Jasper tarafından popülerize edilen direkt kortikal elektriksel stimülasyon yöntemi olmuştur.^{105, 106} Ancak bu yöntem uygulamada birçok dezavantaj ile birlikte. En önemli dezavantaj operasyon sırasında ve özellikle genel anestezi etkisi altında kortikal stimülasyon ile motor yanıtları uyartmanın oldukça güç ve zaman alıcı olmasıdır.^{58,77,99,124} Genel anestezi etkisi altında motor hareketleri uyartmak oldukça güç olduğundan ya operasyonun lokal anestezi altında yapılması, ya da operasyon süresini biraz daha uzatma pahasına genel

anestezinin minimale indirilmesi gerekmektedir. Lokal anestezi ile yapılan operasyonlarda ise hastanın uyanık olması; hem hasta, hem de ameliyat ekibi için en büyük problemi yaratmaktadır. Yöntemin diğer bir güçlüğü operasyon sırasında steril örtüler ile tamamen örtülmüş olan olguda motor hareketleri gözleminin zorluğudur. Ayrıca bu yöntemde duysal subjektif yanıtlar sadece lokal anestezi altında değerlendirilebilmektedir. Önemli bir dezavantaj premotor korteks alanlarının ve hatta somatosensoriyel korteksin uyartılmasıyla motor yanıtların ve bazen de motor bölgelerin uyartılması ile duysal deneyimlerin ortaya çıkmasıdır.¹⁰⁵ Bu yöntemle ilgili olarak tanımlanan, ancak bizim rastlamadığımız bir komplikasyon ise özellikle lokal anestezi altında opere edilen olgularda elektriksel stimülasyonla epileptik deşarjların uyartılması ve jeneralize nöbetler şeklindedir.⁹⁹ Bizim çalışmamızda genel anestezi altında opere edilen olgulardan sadece ikisinde direkt kortikal stimülasyon denendi. Diğer çalışmalarda belirtildiğine benzer şekilde bizim olgularımızda da motor hareketleri uyartmak oldukça güç oldu ve anestezinin minimal düzeye indirilmesi gerekti. Lokal anestezi etkisi altında opere edilen 2 olguda motor yanıtlar elde edilebildiği halde, postsantral girusun uyarımıyla duysal yanıt elde edilemedi. Bu bulgularımız median sinir SUP'lerinin sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesinde kolay ve çabuk uygulanabilmesi, genel anestezi altında bile etkinliğini yitirmemesi ve komplikasyonsuz oluşu nedeniyle inspeksiyon ve kortikal stimülasyon gibi alternatif yöntemlere üstün olduğu şeklindeki görüşü desteklemektedir.^{44, 58, 77, 87, 99, 124}

Bu çalışmanın bir amacı da kortikal SUP'lerin sensorimotor korteks alanlarını lokalize etmekteki güvenilirliğini ortaya koymaktır. Bu amaçla kortikal stimülasyon ve SUP'lerle elde edilen lokalizasyon bulguları arasındaki korelasyon değerlendirildi. Ayrıca SUP'lerle saptanan lokalizasyon bilgileri kortikal ve subkortikal lezyonlara karşı operatif girişimlerin planlanmasında kullanıldığından, yöntemin güvenilirliğinin saptanması için nörolojik tablonun postoperatif prognozu da değerlendirildi. Kortikal elektriksel stimülasyon, SUP'lerle saptanan sensorimotor korteks lokalizasyonlarından yola çıkılarak uygulandı. Kortikal stimülasyon uygulanan tüm olgularda SUP'lerle saptanan motor ve somatosensoriyel korteks lokalizasyonları ile kortikal stimülasyon ile elde edilen lokalizasyonlar uyumluydu. Olgularda sensorimotor yeni defisitler yönünden postoperatif prognoz değerlendirildiğinde frontal bölge yerleşimli tümör nedeniyle opere edilen 2 olguda erken postoperatif dönemde saptanan paretik bulguların kısa sürede düzeldiği, AVM nedeniyle medial parietal bölgede besleyici arter oklüzyonu yapılan bir olguda alt ekstremitte distalinde ılımlı proprioseptif duyu kaybı geliştiği gözlemlendi. Perioperatif komplikasyonlar nedeniyle 2 olguda gelişen afazi tablosu dışında hiçbir olguda yeni gelişimli ciddi bir sensorimotor sekel söz konusu değildi, hatta bir olguda preoperatif motor güçsüzlüğün postoperatif dönemde düzeldiği saptandı. Benzer sonuç bir diğer çalışmada da bildiril-

mişti.⁷⁷ Sonuç olarak çalışmamızda SUP'lerle saptanan lokalizasyonlar kortikal stimülasyon bulguları ile uyumluydu ve postoperatif ciddi sensorimotor defisitler saptanmadı. Bu bulgular median sinir kortikal SUP'lerinin sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesinde güvenilir bir yöntem olduğu yönünde diğer çalışmalarda^{44,58,77,87,99,124} elde edilen bulguları desteklemekteydi.

İnsanda direkt serebral korteks yüzeyinden uyarılmış potansiyeller ilk kez 1949'da Woolsey ve ark.¹²⁷ tarafından kayıtlanmışsa da, kortikal SUP'lerin sensorimotor korteksin lokalize edilmesinde kullanılabilirliğinin saptanması ve bu konudaki kriterlerin tanımlanması daha yakın tarihlere rastlamaktadır.^{4,5,57,58,124} Korteksten kayıtlanan SUP'lerde morfoloji ve amplitüd değerlerinin kaydedici elektrodun sensorimotor korteks el reprezentasyon bölgesine göre spasyal yerleşimiyle bağlantılı olarak sistematik değişiklikler gösterdiği bildirilmiştir. SUP verileri ile anatomi arasında varolan ve lokalizan değer taşıyan bu ilişki Şekil 4.3'de şematize edilmiştir. N20-P30 ve P20-N30 dalga formları santral sulkusun 2 ayrı yakasında elde edildi. Bu potansiyeller maksimal amplitüd değerlerini sensorimotor el reprezentasyonu bölgesinde göstermekteydi. Postsantral bölgede N20-P30 ve presantral bölgede P20-N30 şeklinde belirlenen bu polarite inversiyonu, yeterli SUP kaydının yapıldığı tüm olgularda değişmez bulguydu. Benzer sonuçlar daha önceki çalışmalarda da bildirilmişti.^{4,5,19,87,99,124} Bu polarite inversiyonunun gerçekleştiği 2 elektrod arasında yerleşimli "Sıfır Potansiyel Hattı"nın santral sulkusun hemen üzerine denk düştüğü ya da santral sulkusun 1 - 2 mm önünde veya arkasında yer aldığı saptandı. Bu fenomen santral sulkus arka duvarının korteks yüzeyine tam dik olmayıp, öne veya arkaya doğru hafifçe eğimli olmasına bağlanmaktadır.^{5,99} Ancak önemli olan bir özellik yukarıda tanımlanan polarite inversiyonu ve sıfır potansiyel hattı ile santral sulkus lokalizasyonu arasındaki ilişkinin sadece median sinir uyarımıyla aktive olan korteks bölgesi için geçerli olmasıdır.¹²⁴ Bu aktif bölgeden uzaklaştıkça eldeki verilerle kortikal morfoloji arasındaki bağlantı azalmaktaydı. P25-N35 dalga formları en yüksek amplitüdü olarak postsantral girus üzerinde kaydedildi. Bu aktivitenin santral sulkusun hemen komşuluğundaki presantral girusa da kısmen yayıldığı, ancak santral sulkus 2 yakası arasında polarite inversiyonu göstermediği saptandı. Bu aktivite için en yüksek amplitüd değerleri postsantral girus üzerinde N20-P30 aktivitelerine göre biraz daha medialde ve hemen santral sulkus komşuluğunda gözlenmekteydi. Bu bulgu da diğer bazı çalışmalardaki sonuçlarla uyumluydu^{4,5,124} N20 ve P20 komponentleri başta olmak üzere tüm dalga formları ve komponentler için en yüksek amplitüd değerleri hemen santral sulkus komşuluğunda postsantral ve presantral giruslar üzerinde saptanmaktaydı. Amplitüd değerlerinin lokalizasyon yönünden katkısı diğer çalışmalarda da değerlendirilmişti.^{4,44,58,99,124}

Kısaca özetlenecek olursa, bulgularımız median sinir kortikal SUP'leri ile santral sulkusun optimal lokalizasyonu açısından aşağıdaki 3 pratik kriterin değerli olduğunu ortaya koymaktaydı (Bkz. Şekil 4.3) :

(a) N20-P30 / P20-N30 Geçişi : Postsantral bölgede N20-P30 ve presantral bölgede P20-N30 komponentleri santral sulkus hizasında birbirlerine geçiş göstermektedir. Bu durum santral sulkus üzerinde polarite inversiyonu (faz karşılaşması) şeklinde gözlenmektedir.

(b) N20-P30, P20-N30 ve P25-N35 aktiviteleri en yüksek amplitüdü olarak postsantral ve presantral bölgelerde saptanmakta, bu bölgelerden uzaklaşıldıkça amplitüd değerlerinde belirgin düşüş gözlenmektedir.

(c) P25 komponenti en yüksek amplitüd değerini postsantral bölgede göstermekte, bu aktivite giderek amplitüdü düşmekle birlikte kısmen komşu presantral bölgeye de taşmaktadır.

Yukarıda tanımlanan kriterler ortak (common) referans elektrod yöntemi kullanılan diğer çalışmalarda tanımlanan kriterlerle uyumluydu.^{4,99,124} Oysa Goldring ve Gregorie^{57,58} lokalizasyon amacıyla bipolar montajlar kullandılar ve kriterlerini buna göre tanımladılar. Bu araştırmacılar maksimum amplitüd yerleşimini gösteren faz karşılaşmasının çoğunlukla somatosensoriel korteks üzerinde kayıt edildiğini bildirdiler, ancak bipolar montajların sensorimotor korteksin lokalizasyonu açısından yetersiz kalabildiği bilinmektedir.^{57,58,77} Bu nedenle genellikle ortak (common) referans elektrod kullanımı önerilmektedir.^{98,99,124} Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular da bu görüşü desteklemektedir.

Yukarıda tanımlanan tüm SUP komponentleri en yüksek amplitüdü olarak uyartılan median sinire kontrateral postsantral ve presantral giruslar yüzeyinden kayıtlanmaktadır. Bazı olgularda yüksek amplitüdü yanıtların anterior ya da posterior olarak komşu giruslara da yayılabildiği saptanmışsa da, hiçbir olguda bu bölge dışında yüksek amplitüdü yanıt elde edilmemiştir. Daha önceki kortikal SUP çalışmaları^{3,4,19,23,57,58,77,87,115} da bu yönde sonuçlar vermiş; ayrıca ipsilateral median sinir uyarımında bu komponentlerin ortaya çıkmadığını göstermiştir. Tüm bu sonuçlar hem korteks, hem de saçlı deri yüzeyinden kayıtlanan tüm kısa latanslı kortikal SUP potansiyellerinin direkt olarak sensorimotor korteksten jenerasyonu olduğunu göstermektedir.

Kısa latanslı kortikal SUP potansiyellerinin sensorimotor korteksten jenerasyonu konusunda fikir birliği sözkonusuysa da, bu komponentlerin ortaya çıkışında spesifik sensorimotor alanların yeri ve motor korteksin bu komponentlere katkısı yoğun tartışmalara yolaçmıştır. Genel olarak kortikal SUP komponentlerinin multipl korteks alanlarından jenerasyonu kabul edilmektedir. Ancak katkıda bulunan kortikal alanların sayısı ve özellikle lokalizasyonu konusunda farklı görüşler ileri sürülmektedir.^{2,3,18,19,23,24,32-34-}

,37,67,102,115,123,124. Bu konuda Bölüm 2.5'te de açıklanmaya çalışıldığı gibi en az 4 hipotez ortaya atılmıştır. Bu hipotezler genellikle korteks ya da saçlı deriden kayıtlanan verilerin görsel ve mapping analizinden ve bunların hayvan çalışmaları ile paralellüğünden yola çıkmaktadır. Daha önce Bölüm 2.5'te de belirtildiği gibi Broughton ve ark. (1967), N20 ve P20 komponentleri için santral sulkusun 2 yakası arasındaki polarite inversiyonunu ilk kez değerlendirerek bu fenomenin tanjansiyel (horizontal) dipol modeli açıklanabileceğini önesürdüler.^{18,19} Bu görüşe göre N20/P20 komponentlerini ortaya çıkaran tanjansiyel dipolü oluşturan aktivite santral sulkus arka duvarındaki korteks bölgesinden (3b Alanı) jenere olmakta ve buradaki bifazik özellikteki postsinaptik aktivitenin yaklaşık 30. msn'deki ters yönde işleyişi ise postsentral alanda P30, presentral alanda ise N30 komponentlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu görüşü destekleyen Allison ve ark.³⁻⁵ tanjansiyel dipole ek olarak P25-N35 aktivitelerinin de postsantral girusta 1. alandan köken alan bifazik özellikte bir aktivite olduğunu ve radial bir dipol alanı ile açıklanabileceğini ileri sürdüler. Bugün için Broughton-Allison hipotezi olarak bilinen bu görüşe göre median sinir stimülasyonu ile 20-40 msn arasında gelişen aktivite postsantral girusta farklı sensorimotor korteks alanlarından köken alan ve farklı zamanlarda aktive olan 2 dipol alanı ile açıklanmaktadır. Bu görüş "Tanjansiyel (horizontal)+-Somatosensoriyel Radial Dipol Modeli" olarak adlandırılmaktadır. Bizim çalışmamızda elde edilen verilerin görsel ve mapping analizi de bu hipotezi destekler nitelikte sonuçlar verdi. İncelenen 20 olguda santral sulkus 2 yakası arasında saptanan N20-P30 ve P20-N30 geçişi santral sulkus yerleşimli bir tanjansiyel bir dipolün varlığını düşündürmekteydi. Oysa postsantral girus üzerinde maksimum amplitüd değerleri gösteren ve korteks yüzeyinden yapılan kayıtlarda polarite inversiyonu göstermeyen P25-N35 komponenti ise postsantral girus yerleşimli bir radial dipol alanını akla getirmekteydi.

Biz bu çalışmada kortikal SUP potansiyellerini jenere eden bölgelerin sayısını, lokalizasyonunu ve bu bölgelerin spatiotemporal aktivitelerini dipole (source) lokalizasyon yöntemi ile analiz ettik. Dipol lokalizasyon yöntemleri daha önce de belirtildiği gibi elektrofizyolojik yanıtların matematiksel olarak modellenmesini ve böylece elektrofizyolojik fonksiyonların lokalize edilebilmesini sağlamaktadır. Bizim uyguladığımız yöntem multipl dipol (source) modeli olarak bilinmektedir. Bu modelde dipol analizi küresel kafa modelinde sabit yerleşimli, ancak gücü zaman içinde değişen ve üst üste binen (overlapping) aktivite fonksiyonlu multipl ekivalan dipoller şeklinde ele alınmaktadır. Bugüne kadar median sinir kortikal SUP'lerin bizim uyguladığımız türde dipol lokalizasyon yöntemi ile analizini sadece Baumgartner ve ark.¹³ 6 olguluk bir grupta uyguladılar. Bunun dışında 2 çalışmada^{3,117} farklı bir model olan tek hareketli dipol modeli (Single Moving Dipole) uygulanmıştı. Allison ve ark.⁴ ise anatomik bilgilerden

yola çıkarak lokalizasyonları önceden belirlenmiş ve değişmeyen multipl dipol modeli uyguladılar.

Kortikal SUP'lerin jenerasyonundan sorumlu korteks bölgelerinin lokalizasyonunun değerlendirilmesinde klasik yöntem maksimum amplitüd değerlerinin saptanması ve faz karşılaşmalarının değerlendirilmesine dayanmaktadır.^{23,58,52,56,124} Oysa kitle iletiminin yasaları gereği bir aktivitenin jenerasyonundan sorumlu bölge her zaman maksimum amplitüdü kaydeden elektrodun yakınında değildir.^{54,97} Dipol (source) lokalizasyon yöntemleri kitle iletimi yasalarını uygulayarak, aktivitenin jenerasyonundan sorumlu bölgenin 3-boyutlu lokalizasyonunu değerlendirebilmektedir. Bu yöntem korteks düzeyindeki oldukça kompleks aktivitenin ekivalan dipoller şeklinde basite indirgenmesi olarak kabul edilebilir. Ancak, Bölüm 2.3'te değinildiği gibi aktive olan korteks alanlarında yer alan geometrik olarak uyumlu (coherent) piramidal nöronlarda gelişen senkronize postsinaptik potansiyellerin oluşturdukları ekstrasellüler alan akımları ekivalan dipol tabakaları şeklinde davranmaktadır. Yapılan çalışmalar daha kompleks aktivitelerin bile lokalizasyonda önemli bir hata yapılmaksızın basit dipollerle modellenebileceğini göstermektedir.³¹

Kortikal jeneratör bölgeleri ortaya koymak amacı ile BESA (Brain Electrical Source Analysis, Neuroscan Inc.) programı ile multipl dipol (source) modeli uyguladığımızda elde ettiğimiz bulgular, median sinir kortikal SUP'lerinin postsantral girusta değişik alanlardan köken alan, ancak zamansal ve yersel açıdan üstüste binen aktivite fonksiyonlu, dipol doğasındaki 2 aktivite ile modellenebileceğini ortaya koydu. Postsantral girusta yerleşimli bu 2 dipol yaklaşık 10 msn latansla bifazik zamansal aktivite göstermekteydi. İlk dipol aktivitesi büyük oranda tanjansiyel dipol özelliklerini taşımaktaydı ve korteks yüzeyi ile ortalama 5.3° (+/- 19.1) açı yaptığı saptandı. Bu zamansal olarak bifazik aktivite fonksiyonlu dipolün santral sulkus 2 yakasında ortaya çıkan N20-P30, P20-N30 komponentlerini modellemekteydi. Bu bulgu Broughton-Allison hipotezinde^{3-5,18,19} ortaya atılan 3b alanı yerleşimli tanjansiyel dipol görüşünü desteklemekteydi. Bu dipolün tam tanjansiyel olmamasının nedeni 3b alanının her zaman tam dik olmayıp öne veya arkaya doğru hafif eğimli olmasıdır.^{5,99} Daha önce dipol lokalizasyon yöntemi uygulanan çalışmalarda da aynı aktiviteler için tanjansiyel bir dipolün varlığı değerlendirilmişti.^{4,13,117} Çalışmamızda bu dipolün korteks düzeyinde jenerasyon alan tüm aktivitenin % 50'sine yakını modelleyebildiğini saptadık. Bu modele eklenen 2. dipolün de olguların hepsinde postsantral girusta lokalize olduğu ve P25-N35 aktivitelerini modellediği saptandı. P25 dipolü Broughton-Allison hipotezinde öne sürülenin aksine radialden çok oblig özellikteydi ve bu dipolün korteks ile yaptığı açının ortalama 42.7° (+/- 23.7) olduğu saptandı. Tüm kortikal aktivitenin yaklaşık % 40'ını modelleyebilen bu dipol bazı olgularda daha çok tanjansiyel, bazı olgularda ise daha çok radial dipol özelliklerini

taşıymaktaydı. Baumgartner ve ark.¹³ da bu dipolün yöneliminin değişken olduğunu ve daha çok oblig nitelikte olduğunu bildirdiler. Bu bulgu diğer çalışmalarda bazı olgulardan elde edilen kortikal SUP verilerinde de belirgindi.^{3,124} Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular olguların çoğunluğunda P25-N35 aktivitelerini modelleyen dipolün radial özellikleri daha baskın olan oblig dipol şeklinde ortaya çıktığını gösterdi. Bazı olgularda bu dipolün tanjansiyel özellik kazanmasının nedeni olarak P25-N35 aktivitesinin elektrod tabakasının 1 ya da 2 elektrodunda kaydedilmesi sonucu yeterli spasyal bilginin elde edilememesine bağlı olduğu görüldü. Ayrıca P25-N35 aktivitesinin gelişiminden sorumlu tutulan postsantral 1. alanın bir kısmının sıklıkla santral sulkus arka duvarında 3b alanına komşu olarak bulunduğu, diğer kısmının dışarıya doğru kıvrılarak postsantral girusun görünen kısmında yer aldığı bilinmektedir.⁷⁰ Bu şekilde bir sulkusun kıvrım bölgesinde yerleşimli bir korteks alanının aktivasyonunun oblig bir dipol alanı oluşturacağı bilinmektedir. Benzer fenomeni kendi olgularında da saptayan Baumgartner ve ark.¹³ iki kortikal bölgenin (postsantral 1 ve 2. alanlar) yakın zamanlı olarak aktive olması sonucu gelişen ekivalan dipolün kitle merkezinin yerleşiminde zaman içerisinde ortaya çıkan değişiklikler ve konfigürasyon farklarının bu duruma yol açabileceğini ileri sürdüler. Modele kattığımız 3. dipol olguların büyük kısmında oldukça küçük miktarda varyansı (ortalama % 7.6) modellemekteydi. Bu oran birçok olgu için varyans değerlerinin kayıtlar arası değişkenlik (variabilite) oranından düşüktü. Bu dipolün lokalizasyonu da değişkendi ve olguların 7'sinde presantral, geri kalanlarda ise postsantral yerleşimliydi. Ayrıca diğer dipollerin lokalizasyonları stabil özellik gösterirken, bu dipolün yerleşiminin aynı olgudan ard arda yapılan 2 kaydın analizinde bile farklı olabildiği ve birçok olguda bu dipolün aktivasyon fonksiyonunun fizyolojik süreçlerle uyumlu olmadığı gözlemlendi. Yukarıda tanımlanan faktörler gözönüne alındığında bizim çalışmamız median sinir kortikal SUP'leri için 3. dipolün gerçekliği ve güvenilirliğini ortaya koymaktan uzaktı. Baumgartner ve ark.¹³ benzer nedenlerden dolayı median sinir kortikal SUP'leri için 3. dipolü çalışmalarından dışlamışlardı.

Bu çalışmada multipl dipol modeli ile saptadığımız postsantral girus yerleşimli 2 dipol aktivitesi elektrofizyolojik verilerin % 61-91 kadarını (ortalama % 79) açıklayabilmekteydi. Baumgartner ve ark.¹³ benzer 2 dipol aktivitesinin 6 olguluk gruplarında verilerin % 76-89'unu (ortalama % 84) modelleyebildiğini bildirdiler. Bifazik aktivasyon paterni gösteren bu 2 dipol aktivitesinden birincisi tanjansiyel dipol özelliklerini göstererek hem N20-P30, hem de P20-N30 komponentlerini modellemekteydi. Bu bulgu bu aktivite-nin gelişiminden sorumlu korteks bölümünün santral sulkus arka duvarı yerleşimli 3b alanı olduğu şeklindeki görüşü desteklemekteydi. P25-N35 aktivitelerini modelleyen diğer dipolün ise santral sulkusa oldukça yakın yerleşimli ve oblig yönelimli olduğu saptandı. Bilgilerimiz daha önce de açıklandığı gibi bu dipolün jenerasyonundan büyük olasılıkla

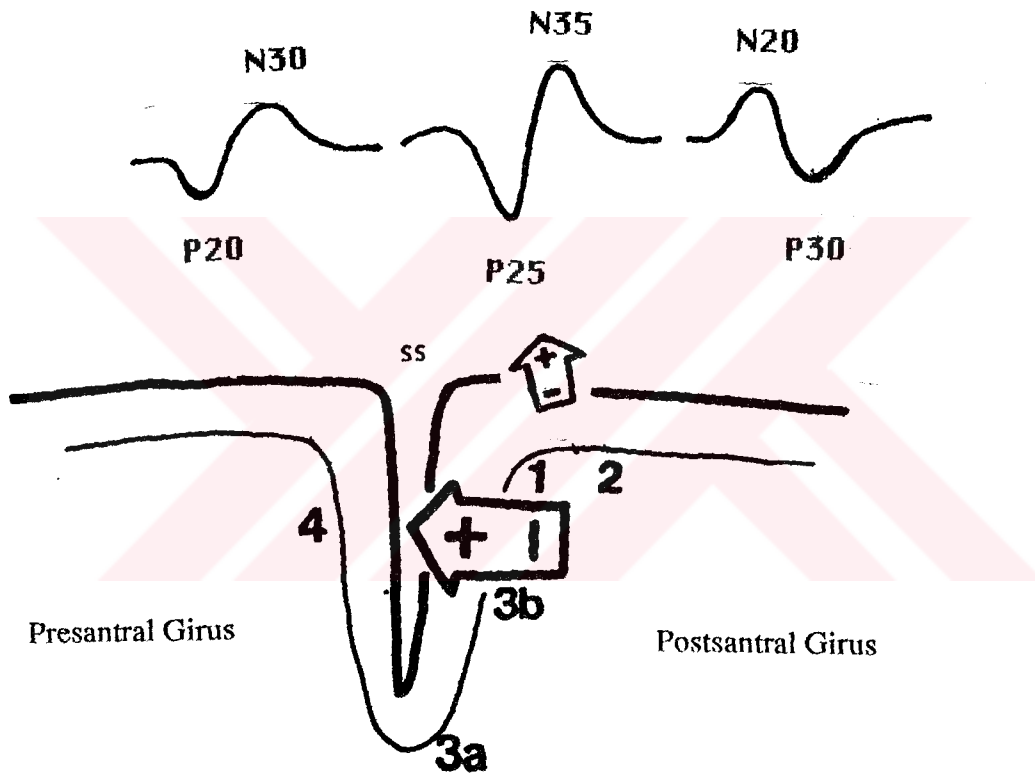
postsantral 1. alanda ya da 1 ve 2. alanlarda yerleşimli kortikal bölgelerde gelişen aktivitenin sorumlu olabileceğini düşündürmekteydi. Multipl dipol (source) modeli ile elde ettiğimiz bu sonuçlara tam değilse de en yakın hipotez "Tanjansiyel + Somatosensoryyel Radial Dipol Modeli" ^{3-5,18,19} olarak gözükmektedir.

Postsantral girustan köken alan 2 dipol hipotezi maymunlarda multikontakt mikro-elektrodlar kullanılarak yapılan çalışmaların ortaya koyduğu vücut yüzeyi reprezentasyonunun hem 3b alanında, hem de 1. alanda ayrı ayrı yerleşimli olduğu şeklindeki bulguyla uyumluydu.^{69,70,94} Maymunlarda korteks yüzeyinden ve derinliklerinden yapılan kayıtlar da "Tanjansiyel + Somatosensoryyel Radial Dipol Modeli" olarak bilinen Broughton-Allison hipotezini desteklemektedir.^{2,3,4,8,12,93} Kortikal SUP'lerle elde edilen veriler duysal informasyonun somatosensoryyel korteks alanlarındaki işlenmesini yansıttığından, bu verilerin jenerasyonundan sorumlu korteks bölgelerinin saptanması, aynı zamanda sensorimotor korteksin fonksiyonel anatomisi ile ilgili bilgiler de vermektedir. Bilindiği gibi hayvan çalışmaları da talamik duysal afferentlerin çoğunluğunun 3a ve 3b alanlarında sonlandığını ve bu alanlardaki hücrelerin daha sonra Brodmann'ın 1 ve 2. alanlarına projekte olduğunu göstermiştir.^{69, 71, 89, 94} Bu durum postsantral bölgedeki bu aktiviteler arasındaki latans farkını açıklayabilecektir. Ayrıca Jones ve Powell'in⁶⁶ maymunlarda ortaya koydukları gibi talamustan somatosensoryyel korteksin 3b alanına ve 1. alanına olan projeksiyonlar da ayrı ayrı ve topografik olarak organize edilmiştir. Farklı projeksiyon sistemleri için saptanan farklı lif çapları ve farklı iletim hızları da yine 2 postsantral bölgenin aktiviteleri arasındaki latans farkını açıklayabilir.¹¹⁹

Bu çalışmada elde edilen bulgular daha önceleri bazı araştırmacıların ortaya attıkları görüşlerden farklıydı. Bazı çalışmalarda korteks ve saçlı deriden yapılan kayıtlarda P20 aktivitesinin N20 aktivitesine göre 1-2 msn daha geç latansla ortaya çıktığı bildirilmişti ^{35-36,102}). Desmedt ve ark.³⁴⁻³⁶ bu bulgulardan yola çıkarak tanjansiyel tek bir dipol hipotezine karşı N20 ve P22 olarak adlandırdıkları bu komponentlerin sırasıyla postsentral (3b, 1 ve 2. alanlar) ve presentral (4. alan) yerleşimli kortikal aktivitelerin oluşturduğu 2 ayrı radial dipol ile açıklanabileceğini ileri sürdüler. Bu görüş "Dual Radial Dipol Modeli" olarak bilinmektedir. Bizim çalışmamızda P20 komponenti için sözü edilen bu latans gecikmesinin bazı olgularda sözkonusu olduğu, ancak olguların büyük kısmında latans değerlerinin eşit olduğu ve bazı olgularda ise tam tersine N20 komponentinin P20'ye göre daha geç olarak ortaya çıktığını gösterdi. Dipole lokalizasyon yöntemi ile elde ettiğimiz bulgular da bu hipotezle uyuşmuyordu. Diğer çalışmalar da bu hipotezde sözü edilen P22 aktivitesinin P20'den farklı bir aktivite olduğunu ve aslında kortikal kayıtlarda P25 olarak bilinen aktivite olduğunu ortaya koydu.^{2,4,32,40} Magnetoensefalografik (MEG) çalışmalar da dual radial dipol modelinin geçerli olamayacağını, N20-P20 komponentlerinin açıklanabilmesi için tanjansiyel dipolar aktivitenin gerekliliğini ortaya koymaktaydı.^{101,123}

Dual radial dipol hipotezinin sahibi Desmedt ve ark. bile daha sonraki çalışmalarında N20-P20 aktivitesi için tanjansiyel dipol modelini destekleyen sonuçlarını yayınladılar.⁴⁰ Bu grup son olarak saçlı deri kayıtlamalarına ve mapping çalışmalarına dayanarak N20-P20 için 3b alanından köken alan tanjansiyel bir dipol ve P22 (P25) komponenti için primer motor korteksten köken alan radial bir dipolün varlığını savunmaktadır.^{32-34,40,43} "Tanjansiyel+Motor Radial Dipol Modeli" olarak adlandırılan bu görüşün en önemli dayanağı ise hayvan çalışmalarında duysal yolların motor kortekse (4. alan) olan projeksiyonunun gösterilmiş olmasıdır.⁵⁶ Bizim çalışmamız P25 komponenti için presantral motor korteks yerleşimli bir radial dipol görüşünü desteklememekteydi. Bu farklılık iki nedenden kaynaklanıyor olabilir. Birincisi, insanlarda hayvanların aksine motor kortekse duysal projeksiyonun varlığının, gücünün ve latansının değişken olduğu saptanmıştır.⁵⁶ Çalışmamızda az sayıda olguda da olsa kayıtlar arası variabilitiyi aşan oranda aktiviteyi modelleyen ve bazen postsantral, bazen de presantral yerleşim gösteren 3. bir dipol modele eklenmiş, ancak tüm olgu grubu gözönüne alındığında bu dipol güvenilir bulunmamıştı. Yine de çalışmamız kortikal SUP komponentlerine değişen ölçülerde katkıda bulunan 3. bir dipolün varlığını kesin olarak reddetmemekteydi. İkincisi, düşük bir olasılık da olsa, presantral olarak jenere olan aktivite postsantral 2 dipol aktivitesi tarafından gizlenmiş olabilir. Bu olasılık ancak presantral aktivitenin postsantral dipollerden biriyle senkron olması durumunda gerçek olabilecektir. Bizim bulgularımız motor korteksten köken alan aktivitenin varlığını kesin olarak reddetmiyorsa da, bu aktivitenin kortikal SUP komponentleri üzerine önemli bir katkısı olmadığını göstermekteydi.

Sonuç olarak çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular median sinir kortikal SUP'lerinin sensorimotor korteks alanlarının intraoperatif olarak lokalize edilmesinde kolay, çabuk uygulanabilen, genel anestezi altında bile etkinliğini yitirmeyen, güvenilir bir yöntem olduğunu gösterdi. Lokalizasyon açısından önemi olan kriterler tanımlandı. Bu yöntemle elde ettiğimiz verilere multipl dipol modeli uyguladığımız da postsantral girus yerleşimli 2 dipol aktivitesinin elektrofizyolojik verilerin büyük bölümünü açıkladığını saptadık. Sonuçlarımız motor korteksten köken alan aktivitenin varlığını kesin olarak reddetmiyorsa da, bu aktivitenin kortikal SUP komponentleri üzerine önemli bir katkısı olmadığını göstermekteydi. Bulgularımız N20-P30 ve P20-N30 komponentlerinin gelişiminden sorumlu korteks bölümünün santral sulkus arka duvarı yerleşimli 3b alanı, P25-N35 komponentleri için ise postsantral 1. alan ya da 1 ve 2. alanlar olduğunu düşündürmekteydi. Multipl dipol (source) modeli ile elde ettiğimiz bu sonuçlara tam değilse de en yakın hipotez "Tanjansiyel + Somatosensoryel Radial Dipol Modeli" ^{3-5,18,19} idi.



Şekil : Olgularımızın verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen postsantral 2 dipolün santral sulkus kesitindeki şematize görünümü.

Bölüm 6) ÖZET :

Somatosensoriyel Uyarılmış Potansiyeller sinir sisteminin çeşitli hastalıklarına yönelik klinik ve bilimsel yaklaşımlarda değişik amaçlarla sık başvurulan yardımcı inceleme yöntemlerindedir. SUP'lerin son yıllarda giderek yaygınlaşan uygulama alanlarından biri de intraoperatif olarak sensorimotor korteks alanlarını lokalize etme amaçlı kullanımları olmuştur. Bu yaklaşımın temel amacı santral sulkusa yakın yerleşimli lezyonlara yönelik operatif girişimler sırasında median sinir kortikal SUP'leriyle motor ve somatosensoriyel kortekslerin yerleşiminin ortaya konmasıdır. Sensorimotor korteks alanlarının yerleşiminin bilinmesi operatif yaklaşımın bu bilgiye göre planlanmasını sağlamakta ve böylece postoperatif nörolojik defisitlerin önlenmesi ya da enazından minimale indirilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışma Ekim 1991 ile Eylül 1992 tarihleri arasında "The University of Chicago" Nöroloji Anabilim Dalı Klinik Nörofizyoloji Laboratuvarları bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sensorimotor korteks alanlarına yakın yerleşimli tümör, vasküler malformasyon ve epileptik fokus gibi lezyonlar nedeniyle opere edilen ve operasyon sırasında korteks yüzeyinden median sinir SUP kayıtlaması yapılarak sensorimotor korteks alanlarının lokalizasyonunun değerlendirildiği 20 olguluk bir grup incelenmiştir. Yirmi olgunun 11'i erkek ve 9'u kadın olup, yaş dağılımı 9 - 69 (yaş ortalaması 30.2) olarak saptanmıştır. Bu olguların 11'i çeşitli tiplerde beyin tümörü, 4'ü vasküler malformasyonlar ve geriye kalan olgular ise tedaviye dirençli epilepsi nedeniyle opere edilmişti. Kortikal median sinir SUP kayıtlaması operasyon sırasında 12 olguda genel anestezi, 5 olguda ise lokal anestezi altında yapılmış; epileptik fokus yönünden değerlendirilen 3 olguda ise kayıtlar operasyon ile yerleştirilen subdural elektrodlar ile postoperatif olarak anestezik etki olmaksızın, ancak sedatif-trankilizan ilaçların etkisi altında gerçekleştirilmiştir.

Sensorimotor korteks alanlarına yakın yerleşimli lezyonlar sözkonusu olduğunda operasyon anında motor ve somatosensoriyel kortekslerin yerleşiminin saptanması amacıyla kullanılan klasik yöntem Penfield ve Boldrey'in tanımladıkları intraoperatif kortikal elektriksel stimülasyondur. En basit yöntem ise intraoperatif anatominin inspeksiyonu olarak bilinmektedir. Ancak yapılan çalışmalar inspeksiyon yönteminin basit olduğu kadar da az güvenilir olduğunu ortaya koymuştur. Kortikal elektriksel stimülasyon yöntemi de uygulamada birçok dezavantaj ile birlikte. En önemli dezavantajlar kortikal

stimülasyonun operasyon sırasında oldukça zaman alıcı bir yöntem oluşu ve genel anestezi altında motor hareketleri uyartmak oldukça güç olduğundan, ya operasyonun lokal anestezi altında yapılması ya da genel anestezinin hafifletilmesinin gerekmesidir. Diğer bir dezavantaj ve potansiyel tehlike ise premotor korteks alanlarının ve hatta somatosensoryel korteksin uyartılmasıyla motor yanıtların ve bazen de motor bölgelerin uyartılması ile duysal deneyimlerin ortaya çıkmasıdır. Bu dezavantajlar gözönüne alındığında median sinir kortikal SUP'lerinin bu 2 yöntem alternatif olarak kullanılabilmesi bildirilmiş ve kriterler tanımlanmıştır.

Çalışmamızın ilk amacı intraoperatif kortikal SUP verilerinin sensorimotor korteks alanlarının lokalize etmedeki etkinliğinin değerlendirilmesi ve güvenilirliğinin ortaya konulmasıydı. Bu amaçla kortikal SUP'lerin sensorimotor korteks alanlarını lokalize ettirecek zamansal ve morfolojik özellikleri değerlendirildi. Yöntemin güvenilirliğini ortaya koymak amacıyla SUP'lerle elde edilen lokalizasyonlar kortikal elektriksel stimülasyon verileri ile karşılaştırıldı. Ayrıca olguların postoperatif prognozları da ciddi sensorimotor komplikasyonlar yönünden değerlendirildi.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular hem sedatif etkisi altındaki uyanık olgularda, hem de genel anestezi etkisi altındaki olgularda median sinir kortikal SUP'leri ile primer motor ve somatosensoryel korteks alanlarının başarıyla lokalize edilebildiğini gösterdi. Sensorimotor bölgenin invazyonuna yolaçan lezyonlar dışında SUP'ler üzerine etkili olduğu bilinen hasta ve çevreden köken alan pek çok faktörün kortikal kayıtlar için önemli bir problem yaratmadığını saptadık. Bizim elde ettiğimiz bulgular anestezinin ve dolayısıyla anestezi ajan tipinin bu yöntem için kritik bir faktör olmadığını göstermekteydi. Elde edilen potansiyeller genel anestezi alan ve almayan olgularda aynı dalga formu ve topografik özellikleri taşımaktaydılar. Kısacası bulgularımız median sinir SUP'lerinin sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesinde kolay, çabuk uygulanabilen ve genel anestezi altında bile etkinliğini yitirmeyen bir yöntem olduğu şeklinde daha önceki çalışmalarda ileri sürülen görüşü desteklemekteydi..

Özetlenecek olursa, median sinir kortikal SUP'leri ile santral sulkusun optimal lokalizasyonu açısından aşağıdaki 3 pratik kriterin değerli olduğu saptandı (Bkz. Şekil 4.3):

(a) N20-P30 / P20-N30 Geçişi : Postsantral bölgede N20-P30 ve presantral bölgede P20-N30 komponentleri santral sulkus hizasında birbirlerine geçiş göstermektedir. Bu durum santral sulkus üzerinde polarite inversiyonu (faz karşılaşması) şeklinde gözlenmektedir.

(b) N20-P30, P20-N30 ve P25-N35 aktiviteleri en yüksek amplitüdü olarak postsantral ve presantral bölgelerde saptanmakta, bu bölgelerden uzaklaştıkça amplitüd değerlerinde belirgin düşüş gözlenmektedir.

(c) P25 komponenti en yüksek amplitüd değerini postsantral bölgede göstermekte, bu aktivite giderek amplitüdü düşmekle birlikte kısmen komşu presantral bölgeye de taşmaktadır.

Kortikal elektriksel stimülasyon verileri ile karşılaştırıldığında elde ettiğimiz bulgular median sinir kortikal SUP'lerinin sensorimotor korteks alanlarının lokalize edilmesinde güvenilir bir yöntem olduğunu göstermekteydi. Ayrıca indirekt bir bulgu da olsa olguların postoperatif prognozları incelendiğinde ciddi sensorimotor komplikasyonların saptanmamış olması bu yöntemin güvenilir olduğu lehine değerlendirildi.

Kısa latanslı kortikal SUP potansiyellerinin sensorimotor korteksten jenere olduğu konusunda fikir birliği sözkonusuysa da, bu komponentlerin ortaya çıkışında spesifik sensorimotor alanların yeri ve motor korteksin bu komponentlere katkısı yoğun tartışmalara yolaçmıştır. Genel olarak kortikal SUP komponentlerinin multipl korteks alanlarından jenere olduğu kabul edilmektedir. Ancak katkıda bulunan kortikal alanların sayısı ve özellikle lokalizasyonu konusunda farklı görüşler ileri sürülmektedir.

Kortikal jeneratör bölgeleri ortaya koymak amacı ile BESA (Brain Electrical Source Analysis, Neuroscan Inc.) programı ile multipl dipol (source) modeli uygulandığımızda elde ettiğimiz bulgular, median sinir kortikal SUP'lerinin postsantral girusta değişik alanlardan köken alan, ancak zamansal ve yersel açıdan üstüste binen aktivite fonksiyonlu, dipol doğasındaki 2 aktivite ile modellenebileceğini ortaya koydu. Postsantral girusta yerleşimli bu 2 dipol yaklaşık 10 msn latansla bifazik zamansal aktivite göstermekteydi. İlk dipol aktivitesi büyük oranda tanjansiyel dipol özelliklerini taşımaktaydı ve korteks yüzeyi ile ortalama 5.3° (+/- 19.1) açı yaptığı saptandı. Bu zamansal olarak bifazik aktivite fonksiyonlu dipolün santral sulkus 2 yakasında ortaya çıkan N20-P30, P20-N30 komponentlerini modellemekteydi. Çalışmamızda bu dipolün korteks düzeyinde jenere olan tüm aktivitenin % 50'sine yakını modelleyebildiğini saptadık. Modele eklenen 2. dipolün de olguların hepsinde postsantral girusta lokalize olduğu ve P25-N35 aktivitelerini modellediği saptandı. P25 dipolü Broughton-Allison hipotezinde öne sürülenin aksine radialden çok oblig özellikteydi ve bu dipolün korteks ile yaptığı açının ortalama 42.7° (+/- 23.7) olduğu saptandı. Tüm kortikal aktivitenin yaklaşık % 40'unu modelleyebilen bu dipol bazı olgularda daha çok tanjansiyel, bazı olgularda ise daha çok radial dipol özelliklerini taşımaktaydı. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular olguların çoğunluğunda P25-N35 aktivitelerini modelleyen dipolün radial özellikleri daha baskın olan oblig dipol şeklinde ortaya çıktığını gösterdi.

Bu çalışmada multipl dipol modeli ile saptadığımız postsantral girus yerleşimli 2 dipol aktivitesi elektrofizyolojik verilerin % 61-91 kadarını (ortalama % 79) açıklayabilmekteydi. Bifazik aktivasyon paterni gösteren bu 2 dipol aktivitesinden birincisi tanjansiyel dipol özelliklerini göstererek hem N20-P30, hem de P20-N30 komponentlerini

modellemektedir. Bu bulgu sözü edilen aktivitelerin gelişiminden sorumlu korteks bölümünün santral sulkus arka duvarı yerleşimli 3b alanı olduğu şeklindeki görüşü desteklemektedir. P25-N35 aktivitelerini modelleyen diğer dipolün ise santral sulkusa oldukça yakın yerleşimli ve oblig yönelimli olduğu saptandı. Bilgilerimiz bu dipolün jenerasyonundan büyük olasılıkla postsantral 1. alanda ya da 1 ve 2. alanlarda yerleşimli kortikal aktivitenin sorumlu olabileceğini düşündürmektedir. Sonuçlarımız motor korteksten köken alan aktivitenin varlığını kesin olarak reddetmiyorsa da, bu aktivitenin kortikal SUP komponentleri üzerine önemli bir katkısı olmadığını göstermektedir. Kortikal SUP'lerle elde edilen veriler duysal informasyonun somatosensoryel korteks alanlarındaki işlenmesini yansıttığından, bu verilerin jenerasyonundan sorumlu korteks bölgelerinin saptanması, aynı zamanda sensorimotor korteksin fonksiyonel anatomisi ile ilgili bilgiler de vermektedir. Bilindiği gibi hayvan çalışmaları da talamik duysal afferentlerin çoğunluğunun 3a ve 3b alanlarında sonlandığını ve bu alanlardaki hücrelerin daha sonra Brodmann'ın 1 ve 2. alanlarına projekte olduğunu göstermiştir. Bu durum postsantral bölgede saptadığımız 2 kortikal aktivite arasındaki latans farkını açıklayabilir. Bu konudaki diğer bir açıklama ise farklı projeksiyon sistemleri için saptanan farklı lif çapları ve farklı iletim hızlarının buna yolaçtığı şeklindedir. Multipl dipol (source) modeli ile elde ettiğimiz bu sonuçlara tam değilse de, en yakın hipotez "Tanjansiyel + Somatosensoryel Radial Dipol Modeli" olarak gözükmektedir.

Bölüm 7) KAYNAKLAR :

1. Allen A, Starr A, Nudleman K : Assesment of sensory function in the operating room utilizing cerebral evoked potentials: A study of fifty-six surgically anesthetized patients. *Clin Neurosurg* 1981; 28: 457-481.
2. Allison T : Scalp and cortical recordings of initial somatosensory cortex activity to median nerve stimulation in man. *Ann NY Acad Sci* 1982; 338: 671-677.
3. Allison T, Goff WR, Williamson PD, Vangilder JC : On the neural origin of early components of the human somatosensory evoked potentials, in Desmedt JE (ed): *Clinical Uses of Cerebral, Brainstem and Spinal Somatosensory Evoked Potentials*. *Progr clin Neurophysiol* 1980; Vol 7, Karger, Basel, pp 51-68.
4. Allison T, Mc Carthy G, Wood CC, Darcey TM, Spencer DD, Williamson PD : Human cortical potentials evoked by stimulation of the median nerve. I. Cytoarchitectonic areas generating short-latency activity. *J Neurophysiol* 1989; 62: 694-710.
5. Allison T, Mc Carthy G, Wood CC, Jones SJ : Potentials evoked in human monkey cortex by stimulation of the median nerve. *Brain* 1991; 114: 2465-2503.
6. Allison T, Mc Carthy G, Wood CC, Williamson PD, Spencer DD : Human cortical potentials evoked by stimulation of the median nerve. II. Cytoarchitectonic areas generating long-latency activity. *J Neurophysiol* 1989; 62: 711-722.
7. Allison T, Wood CC, Goff WR : Brain stem auditory, pattern reversal visual, and short latency somatosensory evoked potentials: Latencies in relation to age, sex and brain and body size. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1983; 55: 619-636.
8. Allison T, Wood CC, Mc Carthy G, Spencer DD : Cortical somatosensory evoked potentials : II. Effects of excision of somatosensory or motor cortex in humans and mokeys. *J Neurophysiol* 1991; 66: 64-82.
9. Allison T, Wood CC, Spencer DD, Goff WR, Mc Carthy G, Williamson PD : Localization of sensorimotor cortex in surgery by SEP recording. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1985; 61: S74.
10. Aminoff MJ : The use of somatosensory evoked potentials in the evaluation of the central nervous system. *Neurologic Clinics* 1988; 6 (4): 809-823.
11. Arezzo J, Legatt AD, Vaughan HG : Topography and intracranial sources of somatosensory evoked potentials in the monkey. I. Early components. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1979; 46: 155-172.

12. Arezzo J, Vaughan HG, Legatt AD : Topography and intracranial sources of somatosensory evoked potentials in the monkey. II. Cortical components. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1981; 51: 1-18.
13. Baumgartner C, Barth DS, Levesque MF, Sutherling WW : Functional anatomy of human hand sensorimotor cortex from spatiotemporal analysis of electrocorticography. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1991; 78: 56-65.
14. Baumgartner C, Barth DS, Levesque MF, Sutherling WW : Human hand and lip sensorimotor cortex as studied on electrocorticography. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1992; 84: 115-125.
15. Baumgartner C, Sutherling WW, Di S, Barth DS : Spatiotemporal modeling of cerebral evoked magnetic fields to median nerve stimulation. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1991; 79: 27-35.
16. Brazier MAB : Pioneers in the discovery of evoked potentials. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1984; 59: 2-8.
17. Brazier MAB : The emergence of electrophysiology as an aid to neurology in Aminoff MJ (ed): *Electrodiagnosis in Clinical Neurology*, 3rd ed. New York, Churchill Livingstone, 1992, pp 1-16.
18. Broughton R : 'Discussion', in Donchin E, Lindsley DB (eds): *Average Evoked Potentials: Methods, Results and Evaluations*. Washington, DC: NASA, SP-191, 1969: pp 79-84.
19. Broughton R, Rasmussen T, Branch C : Scalp and direct cortical recordings of somatosensory evoked potentials in man (circa 1967), *Can J Psychol* 1981; 35: 136-158.
20. Bullock TH, Orkland R, Grinnell A: *Introduction to Nervous Systems*. San Francisco, Freeman, 1977.
21. Burke D, Gandevia SC : Muscle afferent contribution to the cerebral potentials of human subjects, in Cracco RQ, Bodis-Wollner (eds): *Evoked Potentials*. New York, Alan R Liss, 1986. pp 2262-268.
22. Carpenter MB : *Core Text of Neuroanatomy*, 4th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1991.
23. Celesia GG : Somatosensory evoked potentials recorded directly from human thalamus and Sm I cortical area. *Arch Neurol* 1979; 36: 339-405.
24. Chiappa KH : Short-latency somatosensory evoked potentials: Interpretation, in Chiappa KH (ed): *Evoked Potentials in Clinical Medicine*, 2nd ed. New York, Raven, 1990, pp 371-483.

25. Chiappa KH : Short-latency somatosensory evoked potentials: Methodology, in Chiappa KH (ed): *Evoked Potentials in Clinical Medicine*, 2nd ed. New York, Raven, 1990, pp 308-364.
26. Chiappa KH : Use of evoked potentials for diagnosis of multiple sclerosis. *Neurologic Clinics* 1988; 6 (4): 861-880.
27. Clark DL, Rosner BS : Neurophysiologic effects of general anesthetics: 1. The electroencephalogram and sensory evoked responses in man. *Anesthesiology* 1973; 38: 564-582.
28. Cooper R, Winter AL, Crow HJ, Walter WG: Comparison of Subcortical, Cortical and Scalp Activity Using Chronically Indwelling Electrodes in Man. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1965; 18: 217-228.
29. Cussick JF, Myklebust JB, Larson SJ, Sances A Jr : Spinal cord evaluation by cortical evoked responses. *Arch Neurol* 1979; 36: 140.
30. Dawson GD: Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerve in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1947;10: 137-147.
31. De Munck JC, Van Dijk BW, Spekreijse H : Mathematical dipoles are adequate to describe realistic generators of human brain activity. *IEEE Trans Biomed Eng* 1988; BME-25: 421-429.
32. Deiber MP, Giard MH, Mauguiere F: Separate generators with distinct orientations for N20 and P22 somatosensory evoked potentials to finger stimulation. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1986; 65: 321-324.
33. Desmedt JE : Generator sources of SEP, in man, in Cracco RQ, Bodis-Wollner I (eds): *Evoked Potentials*. New York, Alan R Liss, 1986. pp 235-245.
34. Desmedt JE, Bourguet M : Color imaging of parietal and frontal somatosensory potentials fields evoked by stimulation of median or posterior tibial nerve. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1985; 62: 1-17.
35. Desmedt JE, Cheron G : Noncephalic reference recording of early somatosensory potentials to finger stimulation in adult or aging normal man: Differentiation of widespread N18 contralateral N20 from the prerolandic P22 and N30 components. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1981; 52: 553-570.
36. Desmedt JE, Cheron G : Somatosensory evoked potentials to finger stimulation in healthy octogenarians and in young adults: wave forms, scalp topography and transit times of parietal and frontal components. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1980; 50: 404-425.
37. Desmedt JE, Cheron G: Central somatosensory conduction in man: Neural generators and interpeak latencies of the Far-field components recorded from neck

- and right or left scalp and earlobes. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1980; 50: 382-403.
38. Desmedt JE, Cheron G: Prevertebral (esophageal) recording of subcortical somatosensory evoked potentials in man: The spinal P13 component and the dual nature of spinal generators. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1981; 52: 257-275.
 39. Desmedt JE, Huy NT: Bit-mapping colour imaging of the potential fields of propagated and segmental subcortical components of somatosensory evoked potential in man. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1981; 58: 3481-497.
 40. Desmedt JE, Nguyen TH, Bourguet M : Bit-mapped color imaging of human evoked potentials with the reference to the N20, P22, P27 and N30 somatosensory responses. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1987; 69: 1-19.
 41. Desmedt JE, Ozaki I : SEPs to finger joint input lack the N20-P20 response that is evoked by tactile inputs: contrast between cortical generators in areas 3b and 2 in humans. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1991; 80: 513-521.
 42. Desmedt JE, Tomberg C : Mapping early somatosensory evoked potentials in selective attention: Critical evaluation of control conditions used for titrating by difference the cognitive P30, P40, P100 and N140. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1989; 74: 321-346.
 43. Desmedt JE: Critical analysis of somatosensory evoked potential recording techniques, in Luders H (ed) *Advanced Evoked Potentials*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp 65-86.
 44. Dinner DS, Lüders H, Lesser RP, Morris HH : Cortical generators of somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation. *Neurology* 1987; 37: 1141-1145.
 45. Donchin E, Callaway E, Cooper R, Desmedt JE, Goff WR, Hillyard SA, Sutton S : Publication criteria for studies of evoked potentials in man, in Desmedt JE (ed): *Attention, Voluntary Contraction and Event Related Cerebral Potentials*. *Progr clin Neurophysiol*; Vol: 1, Karger, Basel, 1977, pp 1-11.
 46. Dorfmann LJ, Bosley TM : Age-related changes in peripheral and central nerve conduction in man. *Neurology* 1979; 29: 38-44.
 47. Eccles JC: Interpretation of action potentials evoked in the cerebral cortex. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 1951, 3, 449-464.
 48. Eisen A : The use of somatosensory evoked potentials for the evaluation of the peripheral nervous system. *Neurologic Clinics* 1988; 6 (4): 825-838.
 49. Emerson RG, Pedley TA: Somatosensory evoked potentials, in Daly DD, Pedley TA (eds): *Current Practice of Clinical Electroencephalography*, 2nd ed. New York, Raven, 1990, pp. 679-705.

50. Gabor AJ: Physiological Basis of Electrical Activity of Cerebral Origin. Massachusetts, Grass Instrument Company, 1978.
51. Garg BP, Markand ON, DeMyer WE, Warren C : Evoked response studies in patients with adrenoleukodystrophy and heterozygous relatives. Arch Neurol 1983; 40: 356-359.
52. Giblin DR: Somatosensory evoked potentials in healthy subjects and in patients with lesions of the nervous system. Ann NY Acad Sci 1964; 112: 93-142.
53. Gloor P: Application of volume conductor principles to montage design. Am J. EEG Technol 1977; 17: 5-20.
54. Gloor P: Neuronal generators and the problem of localization in electroencephalography: application of volume conductor theory to electroencephalography. Journal of Clinical Neurophysiology 1985;2: 327-354.
55. Goff WR, Rosner BS, Allison T: Distribution of somatosensory evoked responses in normal man. Electroenceph clin Neurophysiol 1962; 14:697-713.
56. Goldring S, Aras E, Weber PC : Comparative study of sensory input to motor cortex in animals and man. Electroenceph clin Neurophysiol 1970; 29: 537-550.
57. Goldring S, Gregorie EM : Surgical management of epilepsy using epidural recordings to localize the seizure focus. Review of 100 cases. J Neursurg 1984; 60: 457-466.
58. Gregorie EM, Goldring S : Localization of function in the excision of lesions from the sensorimotor region. J Neursurg 1984; 61: 1047-1054.
59. Grundy BL : Intraoperative monitoring of sensory evoked potentials, in Nodar RH, Barber C (eds), Evoked Potentials II, Boston, Butterworths, 1988: pp 624-631.
60. Gugino V, Chabot RJ : Somatosensory evoked potentials, in Kearse LA (ed): in Electrophysiology and Anesthetic Practice. Vol 28, Little, Brown and Company, 1990, pp 154-164.
61. Haerer AF : The sensory system, in Dejong's The Neurological Examination. 5th ed.,rev. by Haerer AF, Philadelphia, J.B.Lippincott Company, 1992, pp 42-83.
62. Hamalainen H, Kekani J, Sams M, Reinkainen K, Naatanen R : Human somatosensory evoked potentials to mechanical pulses ad vibration: Contributions of SI and SII somatosensory cortices to P50 and P100 components. Electroenceph clin Neurophysiol. 1990; 75: 13-21.
63. İdiman F : Çeşitli nörolojik hastalıklarda somatosensoriyel serebral uyarılmış potansiyeller. XII: Ulusal Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Kongre Çalışmaları, İstanbul 1976: 721-736.
64. Jasper H, Lende R, Rasmussen T : Evoked potentials from the exposed somatosensory cortex in man. J Nerv Ment Dis 1960; 130: 526-537.

65. Jones EG : The nature of the afferent pathways conveying short-latency inputs to primate motor cortex, in Desmedt JE (ed): *Motor Control Mechanisms in Health and Disease*. New York, Raven Press, 1983, pp 263-285.
66. Jones EG, Powell TPS : Connexions of the somatic sensory cortex of the rhesus monkey. III. Thalamic connexions. *Brain* 1970; 93: 37-56.
67. Jones SJ, Power CN : Scalp topography of human somatosensory evoked potentials: the effect of interfering tactile stimulation applied to the hand. *Electroenceph clin Neurophysiol*. 1984; 58: 25-36.
68. Jones SJ: Short Latency Potentials Recorded from the Neck and Scalp Following Median Nerve Stimulation in Man. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1977; 43: 853-863.
69. Kaas JH : What, if anything, is SI ? Organization of first somatosensory area of cortex. *Physiological Reviews* 1983; 63: 206-231.
70. Kaas JH, Sur M, Nelson RJ, Merzenich MM : The postcentral somatosensory cortex: Multiple representations of the body in primates, in Woolsey CN (ed): *Cortical Sensory Organization*. Clifton, NJ, Humana Press, 1981, vol 1, pp 29-45.
71. Kandel ER, Jessell : Touch, in Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (eds): *Principles of Neural Science*, 3rd ed. New York, Elsevier, 1991, pp 367-384.
72. Kelly DL, Goldring S, O'leary JL : Averaged evoked responses from exposed cortex of man. *Arch Neurol* 1965; 13: 1-19.
73. Kimura J : *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice*. Philadelphia, F. A. Davis, 1984: 399-423.
74. Kimura J, Kimura A, Machida M, Yamada T, Mitsudome A: Model for Far-field Recording of SEP, in Cracco RQ, Bodis-Wollner I (eds): *Evoked Potentials*. New York, Alan R. Liss, 1986. pp 246-261.
75. Kimura J, Mitsudome A, Yamada T, Dickins QS: Stationary Peaks from a Moving Source in Far-field Recording. *Electroenceph clin Neurophysiol*. 1984; 58: 351-361.
76. Kimura J, Yamada T, Walker DD : Theory of nearfield and farfield potentials, in Luders H (ed): *Advanced Evoked Potentials*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp 65-86.
77. King RB, Schell GR : Cortical localization and monitoring during cerebral operations. *J Neurosurg* 1987; 67: 210-219.
78. Kochs E, Treede RD, Roewer N : Alterations of somatosensory evoked potentials by etomidate and diprivan. *Anesthesiology* 1986; 65 A353.

79. Legatt AD, Arezzo JC, Vaughan HG Jr: Anatomic and physiologic bases of brain stem auditory evoked potentials, in Gilmore R (ed) *Evoked Potentials*. Neurol Clin 1988; 6; 681-704.
80. Lesser RP, Lueders H, Hahn J, Klem G : Early somatosensory evoked potentials evoked by median nerve stimulation: Intraoperative monitoring. *Neurology* 1981; 31: 1519-1523.
81. Lesser RP, Raudzens P, Lueders H, Nuwer MR, Goldie WD, Morris HH, Dinner DS, Klem G, Hahn JF, Shetter AG : Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. *Ann Neurol* 1986; 19: 22-25.
82. Levy SR : Somatosensory evoked potentials in Pediatrics, in Chiappa KH (ed): *Evoked Potentials in Clinical Medicine*, 2nd ed. New York, Raven, 1990, pp 469-481.
83. Lorente de No RA: *A Study of Nerve Physiology*. Stud.Rockefeller Inst., 1947, 132, 384-477.
84. Lorente de No RA: Action Potentials of Motor Neurons of the Hypoglossi Nucleus. *J Cell Comp Physiol*, 1947, 29, 207-287.
85. Luders H, Lesser RP, Dinner DS, Morris HH, Wyllie E: Critical analysis of the methods used to identify generator sources of evoked potential peaks, in Luders H (ed) *Advanced Evoked Potentials*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1989, pp 29-64.
86. Lueders H, Lesser R, Hahn J, Little J, Klem G: Subcortical Sensory Evoked Potentials to Median Nerve Stimulation. *Brain* 1983; 106: 341-372.
87. Lueders H, Lesser RP, Hahn J, Dinner DS, Klem G : Cortical somatosensory evoked potentials in response to hand stimulation. *J Neursurg* 1983; 58: 885-894.
88. Markand ON, Garg BP, DeMyer WE, Warren C : Brain stem auditory, visual and somatosensory evoked potentials in leukodystrophies. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1982; 54: 39-48.
89. Martin JH, Jessel TM : Anatomy of the somatic sensory system, in Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (eds): *Principles of Neurol Science*, 3rd ed. New York, Elsevier, 1991, pp 353-366.
90. Mauguiere F, Desmedt JE : Focal capsular vascular lesions can selectively deafferent the prerolandic or the parietal cortex: Somatosensory evoked potentials evidence. *Ann Neurol* 1991; 30: 71-75.
91. Mauguiere F, Desmedt JE, Courjon J : Astereognosis and dissociated loss of frontal or parietal components of somatosensory evoked potentials in hemispheric lesions. *Brain* 1983; 106: 271-311.

92. Mauguiere F, Desmedt JE, Courjon J: Neural generators of N18 and P14 far-field somatosensory potentials: Patients with lesion of thalamus or thalamo-cortical radiations. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1983; 56: 283-292.
93. McCarthy G, Wood CC, Allison T : Cortical somatosensory evoked potentials : I. Recodings in the monkey *Macaca fascicularis*. *J Neurophysiol* 1991; 66: 53-63.
94. Merzenich MM, Kaas JH : Principles of organization of sensory-perceptual systems in mammals. *Prog Psychobiol Physiol Psychol* 1980; 9: 1-42.
95. Nakanishi T, Takita K, Toyokura Y : SEPs to tactile tap in man. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1973; 34: 1-6.
96. Nolte J : *The Human Brain. An introduction to its functional anatomy*, 2nd Edi. St. Louis, The C. V. Mosby Company, 1988.
97. Nunez PL: *Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG*. New York, Oxford University Press, 1981.
98. Nuwer MR : *Evoked Potential Monitoring in the Operating Room*. New York, Raven Press, 1986.
99. Nuwer MR : Localization of motor cortex with median nerve SEPs, in Schramm J, Moller A (eds), *Intraoperative Neurophysiologic Monitoring*. Baskida.
100. Nuwer MR : Use of somatosensory evoked potentials for intraoperative monitoring of cerebral and spinal cord function. *Neurologic Clinics* 1988; 6 (4): 881-897.
101. Okada YC, Tanenbaum R, Williamson SJ, Kaufman L : Somatotopic organization of the human somatosensory cortex revealed by neuromagnetic measurements. *Exp Brain Res* 1984; 56: 197-205.
102. Papakostopoulos D, Crow HJ : Direct recording of the somatosensory evoked potentials from the cerebral cortex of man and the difference between precentral and postcentral potentials, in Desmedt JE (ed): *Clinical Uses of Cerebral, Brainstem and Spinal Somatosensory Evoked Potentials*. *Progr clin Neurophysiol* 1980; Vol 7, Karger, Basel, pp 15-26.
103. Pathak KS, Brown RH, Cascorbi HF, Nash CL : Fentanyl and morphine effects on intra-operative somatosensory cortical evoked potentials. *Anesthesiology* 1982; 57: A319.
104. Pedley TA, Traub RD: Physiological basis of the EEG, in DalyDD, Pedley TA (eds): *Current Practice of Clinical Electroencephalography*, 2nd ed. New York, Raven, 1990, pp107-137.
105. Penfield W, Boldrey E : Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 1937; 60: 389-443.
106. Penfield W, Jasper HH : *Epilepsy and Functional Anatomy of the Human Brain*. Boston, Little, Brown & Co., 1954.

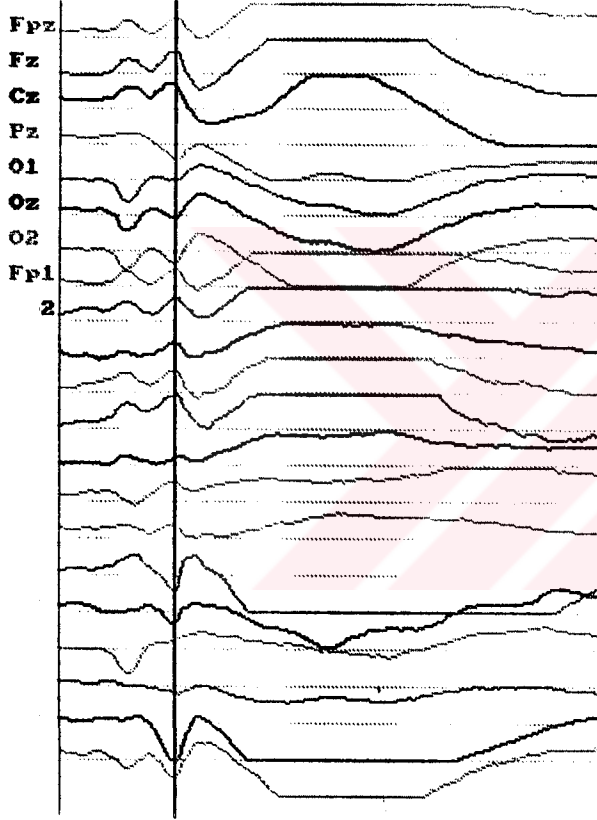
107. Pratt H, Starr A : Mechanically and electrically evoked somatosensory potentials in humans. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1981; 51: 138-147.
108. Regan D: *Human Brain Electrophysiology: Evoked Potentials and Evoked Magnetic Fields in Science and Medicine*. New York, Elsevier, 1989.
109. Rossini PM, Gigli GL, Marciani MG, Zarola F, Caramia M : Non-invasive evaluation of input-output characteristics of sensorimotor cerebral areas in healthy humans. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1987; 68: 88-100.
110. Samra SK, Vanderzant CW, Domer DA : Differential effects of isoflurane on human median nerve somatosensory evoked potentials. *Anesthesiology* 1987; 66: 29-35.
111. Scherg M, von Cramon D : Two bilateral sources of the late AEP as identified by a spatio-temporal dipole model. *Electroenceph clin Neurophysiol*. 1985; 62: 32-44.
112. Scherg M: Fundamentals of dipole source potential analysis, in Hoke M, Grandori F, Romani GL (eds): *Auditory Evoked Magnetic Fields and Potentials*. Adv. Audiol, Basel, Karger, 1989, vol 6, pp 40-69.
113. Seyal M, Gabor AJ: The Human tibial somatosensory evoked potential: Synapse dependant and synapse independent spinal components. *Electroenceph clin Neurophysiol* 1985; 62: 323-331.
114. Stegman DF, Van Oosterom, Colon EJ: Far-field evoked potential components induced by a propagating generator: Comparative evidence. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1987; 67: 176-187.
115. Stohr PE, Goldring S : Origin of somatosensory evoked scalp responses in man. *J Neurosurg* 1969; 2: 117-127.
116. Streng H, Hedderich J : Age dependent changes in central somatosensory conduction time. *Eur Neurol* 1982; 21: 270-276.
117. Sutherling WW, Crandall PH, Darcey TM, Becker DP, Levesque MF, Barth DS : The magnetic and electric fields agree with intracranial localizations of somatosensory cortex. *Neurology* 1988; 38: 1705-1714.
118. Tamaki T, Tsuji H, Inoue S, Kobayashi H : The prevention of iatrogenic spinal cord injury utilizing the evoked spinal cord potential. *Int Orthop* 1981; 4: 313-317.
119. Tsumoto T, Iwama K : Conduction velocities of lemniscal and thalamocortical fibers: their somatotopic differentiation and a rule of connection in the thalamic relay system. *Brain Res* 1972; 44: 666-669.
120. Williamson SJ, Kaufman L: Theory of neuroelectric and neuromagnetic fields, in Hoke M, Grandori F, Romani GL (eds): *Auditory Evoked Magnetic Fields and Potentials*. Adv. Audiol, Basel, Karger, 1989, vol 6, pp 1-39.

121. Wood CC : Generators of event-related potentials, in Halliday AM, Butler SR, Paul R (eds): A Textbook of Clinical Neurophysiology. John Wiley and Sons Ltd, 1987, pp 535-567.
122. Wood CC, Allison T : Interpretation of evoked potentials: a neurophysiological perspective. *Can J Psychology* 1981; 35: 113-135.
123. Wood CC, Cohen D, Cuffin BN, Yarita M, Allison T : Electrical sources in human somatosensory cortex. Identification by combined magnetic and potential recordings. *Science* 1985; 227: 1051-1053.
124. Wood CC, Spencer DD, Allison T, Mc Carthy G, Williamson PD, Goff WR : Localization of human sensorimotor cortex by cortical surface recording of somatosensory evoked potentials. *J Neurosurg* 1988; 68: 99-111.
125. Wood CC: Application of dipole localization methods to source identification of human evoked potentials, in Bodis-Wollner I (ed): Evoked Potentials. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1982, vol 388, pp 139-155.
126. Woolsey CN, Erickson TC : Localization in somatic sensory and motor areas of human cerebral cortex as determined by direct recording of evoked potentials and electrical stimulation. *J Neurosurg* 1979; 51: 476-506.
127. Woolsey CN, Walker AN, Erickson TC : Somatic afferent representation in the cerebral cortex of man. *IVe Congress Neurol Int (Paris)* 1949; 2: 70-71.
128. Wyler AR, Ojemann GA, Lettich E, Ward AA : Subdural strip electrodes for localizing epileptogenic foci. *J Neurosurg* 1984; 60: 1195-1200.
129. Yamada T, Graff-Radford NR, Kimura J, : Topographic analysis of somatosensory evoked potentials in patients with well-localized thalamic infarction. *J Neurol Sci* 1985; 68: 31-46.
130. Yamada T, Kimura J, Nitz DM: Short latency somatosensory evoked potentials following median nerve stimulation. *Electroenceph clin Neurophysiol.* 1980; 48: 367-376.
131. Yamada T, Kimura J, Wilkinson JT, : Short- and long-latency median somatosensory evoked potentials. Findings in patients with localized neurological lesions. *Arch Neurol* 1983; 40: 215-220.
132. Yamada T: The Anatomic and physiologic bases of median nerve somatosensory evoked potentials, in Gilmore R (ed) *Evoked Potentials Neurol Clin* 1988; 6: 705-783.

Bölüm 8) EK :

Bank: 1
Time: 20.00

Scale: 64
Epoch: 64

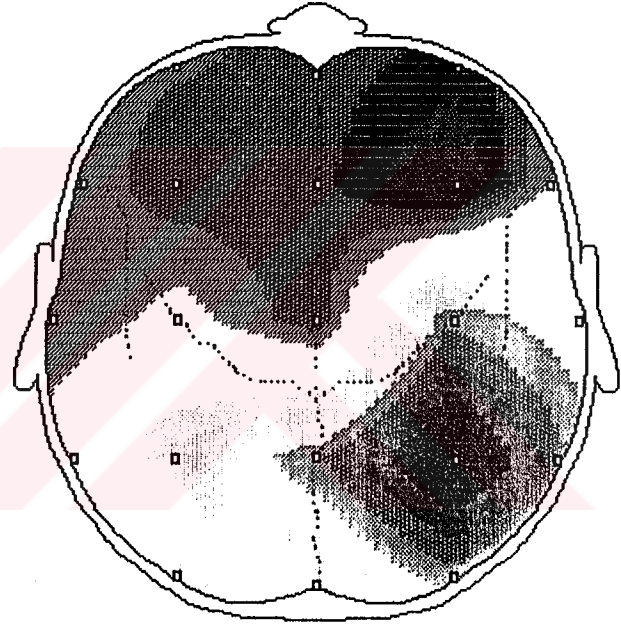


ft median nerve ssep

Bio-logic®

File:E:JILMX
Ctl.:
Rec.:2

View:Top

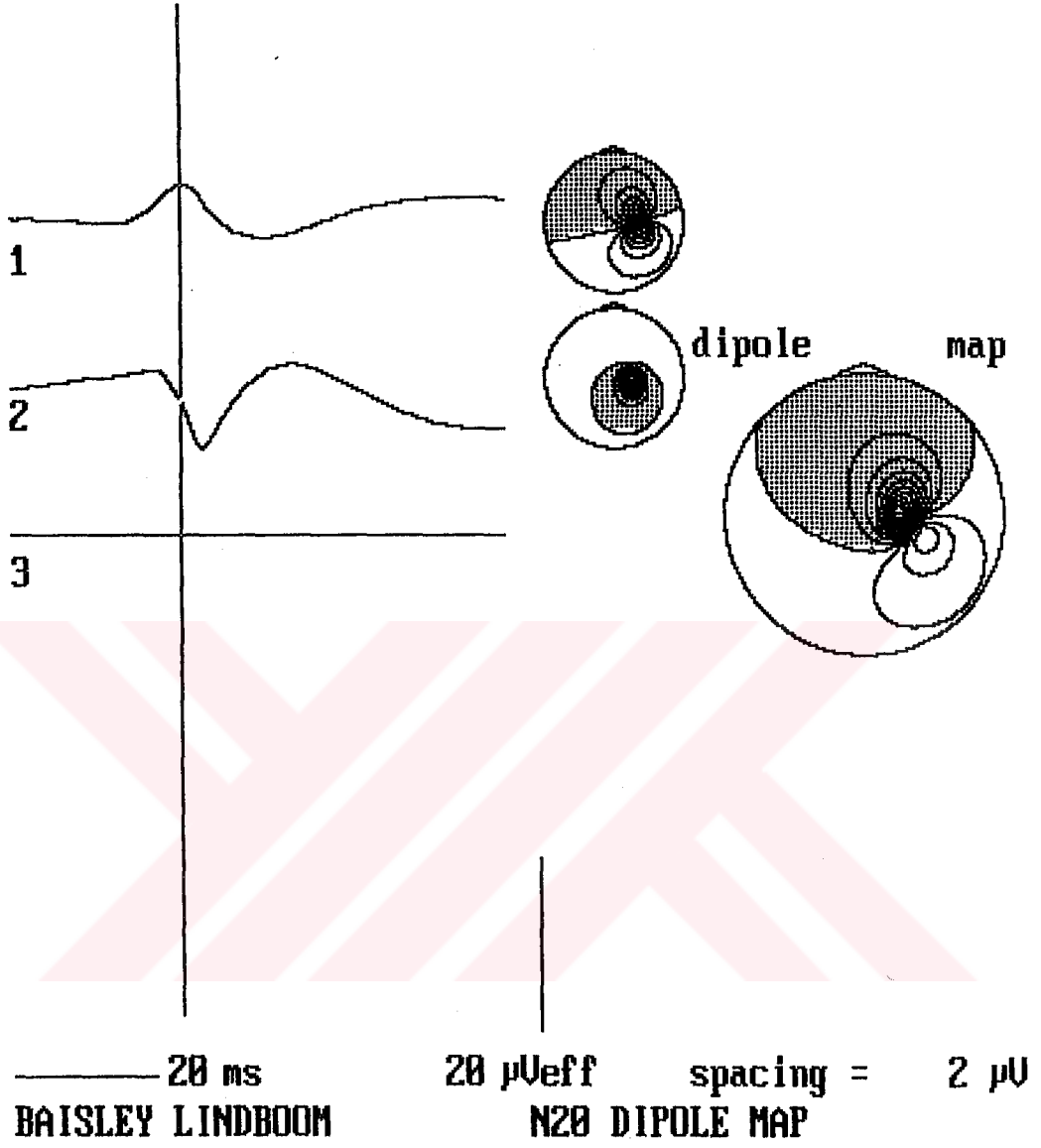


Data:EP

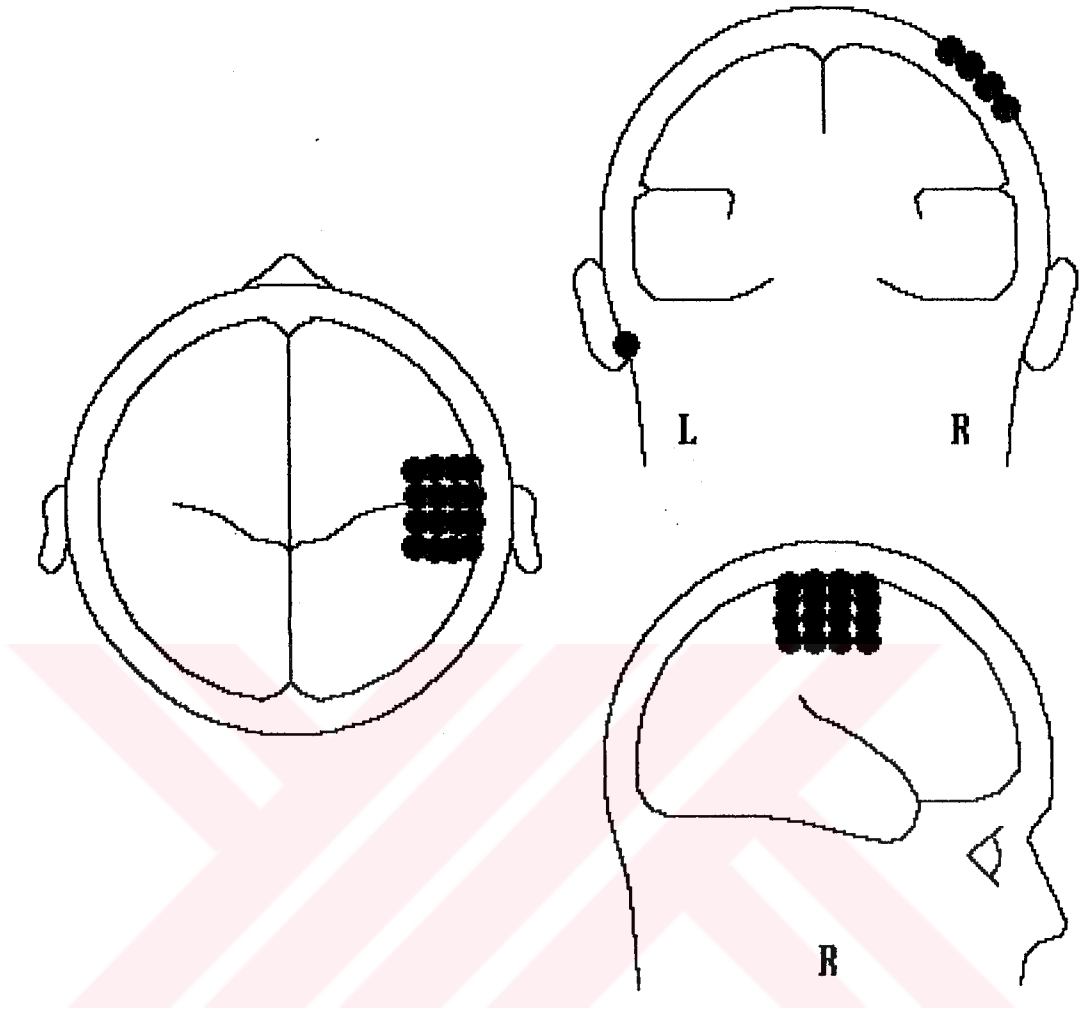
Şekil1: Bir olguda (BL) preoperatif SUP verilerinde saptanan N20-P20 geçişinin topografik mapping görünümü.

BESA (C) lat = 24 ms

RV = 16.2% [0 - 70 ms]



Şekil 2 : Bu olgunun verilerinin dipol analizi ile incelenmesinde elde edilen N20-P20 dipolünün dipol mapping görünümü. N20-P20 geçişi santral sulkusta gerçekleşmektedir (Bkz Şekil 1)



NeuroScan, Inc., Herndon, Virginia

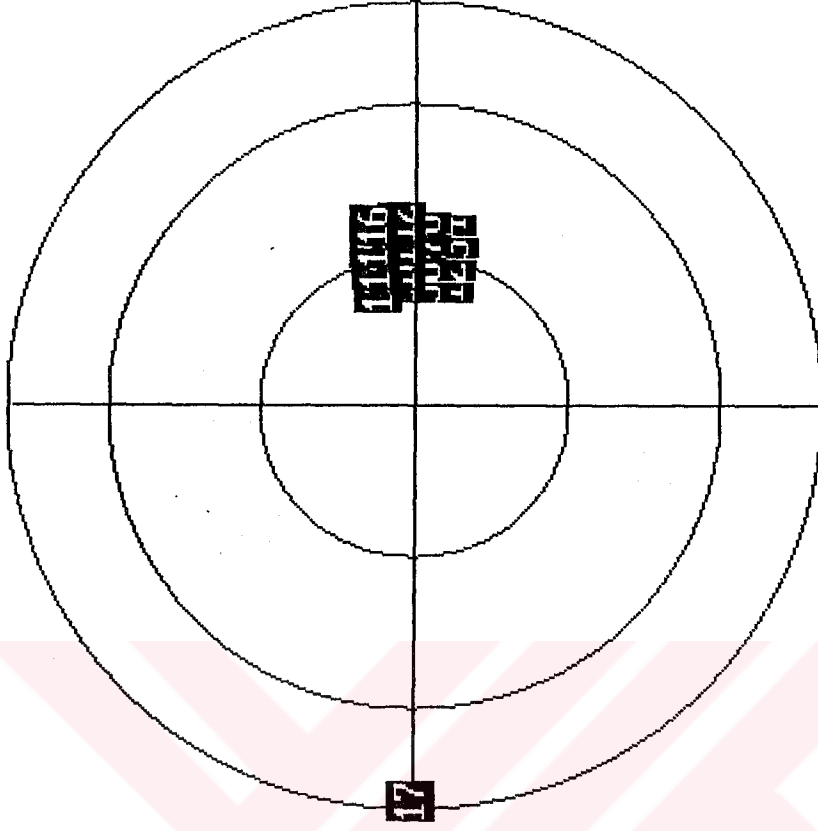
Şekil : Olgularda kullanılan elektrod lokalizasyonlarının dipol analizi için kullanılan küresel modeldeki yerleşimleri

electrode position

C:\DATA\DRJ.ELP

no 10/20 theta phi factor ref

1	36.2	-17	1	17
2	42.6	-15	1	17
3	49.3	-14	1	17
4	55.8	-12	1	17
5	35	-5.9	1	17
6	41.6	-5.3	1	17
7	48.6	-4.7	1	17
8	55.5	-4.1	1	17
9	35	5.9	1	17
10	41.6	5.3	1	17
11	48.6	4.7	1	17
12	55.5	4.1	1	17
13	36.2	16.8	1	17
14	42.6	15.5	1	17
15	49.3	13.8	1	17
16	55.8	12.3	1	17



Şekil : Olgularda kullanılan elektrod lokalizasyonlarının dipol analizi için kullanılan küresel modeldeki koordinatları.

NeuroScan, Inc., Herndon, Virginia