

A.Ü.
Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı

44040.

GÖRSEL KOGNİTİF TESTLER SIRASINDA SEREBRAL LATERALİZASYONUN KANTİTATİF EEG İLE İNCELENMESİ

Dr. Canan KALAYCIOĞLU

ANKARA, 1995

Uzmanlık eğitimimde ve tez çalışmamda yardımını gördüğüm Sayın Prof. Dr. Sema Yavuzer'e, eğitimimin ve tez çalışmamın her döneminde destek olan ve yol gösteren Sayın Doç. Dr. Erhan Nalçacı'ya, tezime teknik yönden katkıda bulunan sevgili eşim Bülent Kalaycıoğlu'na teşekkür ederim.

Sunulan çalışma, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından desteklenen 'Sağlıklı Bireylerde Kantitatif EEG ile Göreve Özel Beyin Asimetri Haritasının Çıkarılması' isimli 94 K 120230 no'lu projenin bir bölümünü oluşturmaktadır.

Dr. Canan Kalaycıoğlu

Mayıs 1995

İÇİNDEKİLER:

I. GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER	1
A. GÖRME	1
1. Görsel Uyarının Retinada İşlenmesi	
2. Merkezi Görme Yolları	
3. Görsel Uyarının Beyin Kabuğunda İşlenmesi	
a. Primer Görme Korteksi	
b. Sekonder Görme Alanları	
4. Görme Korteksinde Paralel İşlem	
5. Görsel Sistemde İntegrasyon	
B. KOGNİTİF YETENEKLERİN LOKALİZASYONU	31
C. SEREBRAL ASİMETRİ	31
1. Anatomik Asimetri	
2. Fonksiyonel Asimetri	
3. Asimetri ile İlgili Teoriler	
4. El Tercihi-Serebral Asimetri İlişkisi	
D. SÖZEL YETENEKLERLE İLGİLİ KORTİKAL ALANLAR	40
E. UZAY SAL-GÖRSEL YETENEKLERLE İLGİLİ KORTİKAL ALANLAR	44
1. Posterior Paryetal Korteks	
2. Inferior Temporal Korteks	
F. EEG VE SEREBRAL ASİMETRİ ÇALIŞMALARI	50
1. EEG'de Kaydedilen Aktivite	
2. Kantitatif EEG ve Frekans Analizi	

II. AMAÇ	56
III. MATERİYAL VE METOD	57
IV. BULGULAR	63
V. TARTIŞMA	69
VI. SONUÇ	77
VII. ÖZET	78
VIII. KAYNAKLAR	80

I- GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Görsel kognitif yeteneklerin araştırılabilmesi için, görsel inputun işlenme sürecini gözden geçirmek gerekmektedir. Bu işlem retinada başlamakta, farklı alt modalitelerin paralel yollarla talamusa ve primer görme korteksine ulaşması ile devam etmektedir. Yine alt modaliteler farklı görme alanlarında paralel yollarla ayrışarak ve bütünlüğe katkıda bulunarak ilerlemekte, algılama süreci kortikal asosyasyon alanlarında yorumlamaya dönüşmektedir.

Bellek depoları ile karşılıklı ilişkiyi gerektiren yorumlama ve çeşitli kognitif işlemlerin farklı yönlerinin, serebral hemisferlere lateralize olduğunu düşündüren kanıtlar vardır. Bazı görsel kognitif yeteneklerin lateralizasyon doğası henüz anlaşılamamıştır ve tartışılmalıdır.

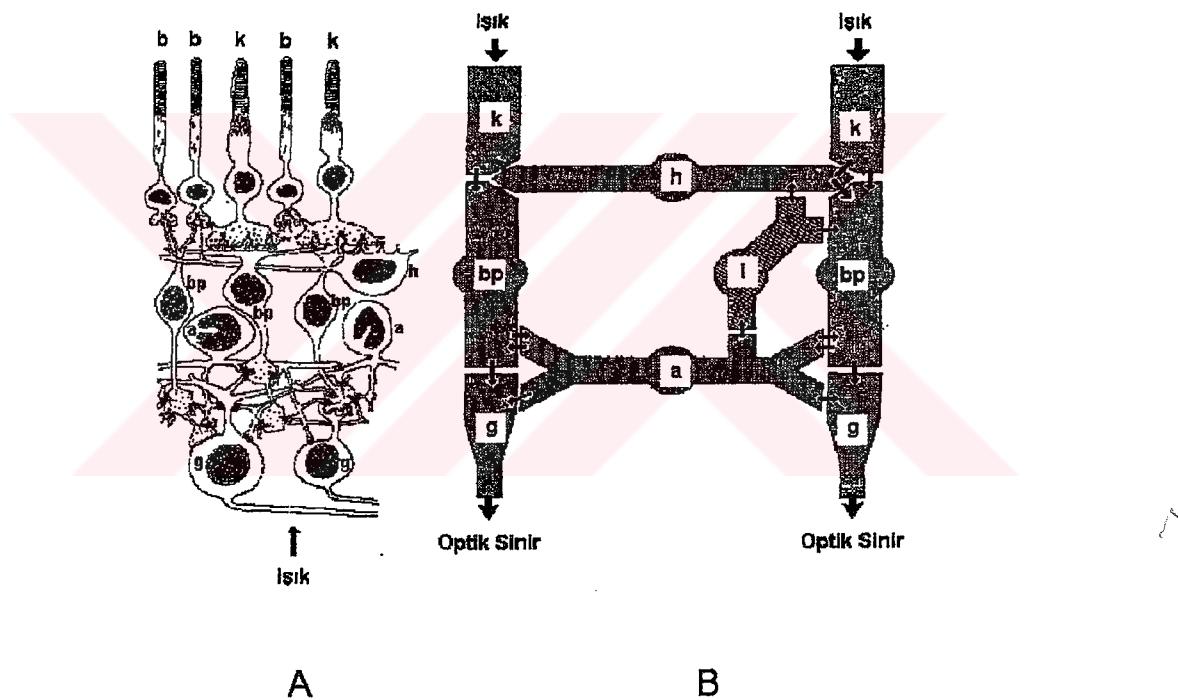
Konunun bütün olarak anlaşılabilmesi için, genel bilgiler, retinadan asosyasyon alanlarındaki işleme kadar olan süreci kapsayacak şekilde düzenlenmiştir.

A. GÖRME:

Görme iki basamakta gerçekleşir. İlk basamakta ışık korneayı geçerek, gözün retina tabakasına projekte olur ve fotoreseptörlerde elektriksel sinyale dönüştürülür. İkinci basamakta sinyaller daha ileri işlemler için optik sinir yoluyla beynin yüksek merkezlerine gönderilerek işlenir (74).

1. Görsel Uyarının Retinada İşlenmesi:

Retinada fonksiyonları farklı 6 çeşit nöron vardır (16a, 35a, 74). Bunlar; görünür ışığı elektriksel sinyale dönüştüren fotoreseptörler, sinyali reseptörlerden ganglion hücrelerine ileten bipolar hücreler, aksonları optik siniri oluşturan ganglion hücreleri, retinal iletimi modüle eden amakrin, horizontal ve interpleksiform hücrelerdir. (Şekil 1 a,b) (35a, 74).



Şekil 1: (A) Retinada bulunan ganglion hücreleri (g), amakrin hücreler (a), bipolar hücreler (bp), basil hücreleri (b) ve koniler (k). Işık, bu hücre tabakalarını geçerek fotoreseptörleri uyarır. (B) Retinal hücre tabakalarını geçerek fotoreseptörlerle łączan ışık uyarısının optik sinire iletimi şematize edilmiştir. (i), interpleksiform hücreler (16a).

Uyariya amakrin hücrelerin bir kısmı ve ganglion hücreleri aksiyon potansiyelleri ile, diğer retinal hücreler dereceli membran potansiyel değişiklikleri ile yanıt verirler (35a, 53, 54a, 74).

Işık fotoreseptörlerde tüm bu hücre tabakalarını ve ganglion hücrelerinin aksonlarını geçerek gelir. Aksonlar miyelinsiz olduğundan ışığa geçirgendirler. Ayrıca retinanın fovea bölgesinde nöron tabakaları kenara çekilmiştir; ışık doğrudan fotoreseptörlerde ulaşır (35a, 53, 74, 144). Foveanın nazalinde optik sinir liflerinin retinayı terkettiği optik disk bulunur. Burada fotoreseptör yoktur ve kör nokta olarak bilinir (54a, 74, 142a).

Retinada iki tür fotoreseptör bulunur: Basiller ve koniler. Basiller konilere göre daha fazla fotosensitif pigment içerirler, ışığa daha duyarlıdırlar ve uyarıyı daha fazla amplifiye ederler (16a). Koniler gün ışığında bile maksimum cevaba ulaşmazlarken basiller az sayıda fotonla maksimum cevaba ulaşıp duyarsızlaşırlar. Basiller alacakaranlıkta görmeden sorumludurlar. Renkli görmeye aracılık etmezler (74, 142a). Konilerin uzaysal ve zamansal çözümlemeleri basillerden üstünür (74). Çünkü koniler özellikle görsel hayalin en az bozulduğu foveada toplanmışlardır (35a, 74). Retinada, foveal bölgeye gelen uyarılar, periferik retinaya gelen uyarılara göre daha az konverge olmaktadır (35a, 142a). Böylece, foveal bölgede uzaysal çözümleme daha fazladır (16a, 35a, 53, 74, 144). Gün ışığında ve renkli görmeye koniler aracılık eder. Görünür ışığın dalga boylarına farklı duyarlılık gösteren üç çeşit koni bulunur (53, 54a, 125). Foveal bölge konilerden zengin olduğundan retinanın renklere en duyarlı alanıdır (35a, 53).

Işığın elektriksel sinyallere dönüştürülmesi 3 basamakta gerçekleşir.

- i) İlk basamakta fotopigmentler aktive edilir. Işık, basil ve konilerde fotopigmentleri benzer şekilde aktive eder. Fotopigment opsin ve retinalden oluşur. Konilerde 3 ayrı çeşit opsin vardır, bunlar renkli görme ile ilişkilidir.
- ii) Fotopigmentlerin aktivasyonu cGMP fosfodiesterazı aktive eder.

iii) cGMP azalır ve cGMP bağımlı özel plazma katyon kanalları kapanır, membran hiperpolarize olur (16a, 35a, 74).

Fotoreseptörler hem bipolar hem de horizontal hücreleri etkilerler. Fotoreseptörlerden bipolar hücrelere sinyal iletiminin horizontal hücreler tarafından düzenlediği düşünülmektedir (16a).

Bipolar hücreler; fotoreseptörlerden direkt veya horizontal hücreler yolu ile uyarı alırlar. Uyarıyı ganglion hücrelerine, direkt veya amakrin hücreler yolu ile iletirler (35a, 74).

Görsel sistemde her bir nöron için bu nöronun deşarjının etkilendiği retina veya karşılık gelen görme alanı parçasına hücrenin reseptif alanı denir (142a). Bipolar hücreler, reseptif alanlarının merkezindeki konilerden direkt, merkez çevresi alanda bulunan konilerden horizontal hücreler aracılığı ile uyarı alırlar (74). Reseptif alanlarının ortasındaki konilerden gelen uyarılarla, bipolar hücrelerin bir kısmı hiperpolarizasyonla, diğer kısmı ise depolarizasyonla yanıt vermektedir (16a, 35a, 54a, 74). Bu olayın, koniler tarafından salınan glutamat nörotransmitterinin bipolar hücrelerde farklı iyon kanallarını etkilemesine bağlı olabileceği kabul edilmektedir (16a, 54a, 74).

Bipolar hücrelerin reseptif alanları direkt sinaps yaptıkları fotoreseptörlerin toplam reseptif alanından daha genişdir ve antagonistik merkez-çevre özelliğine sahiptir; hücreler alanın merkezine düşen ışığa, merkez çevresine düşen ışığa verdikleri yanıtın tersi yanıt vermektedirler. Örneğin, reseptif alanının merkezine düşen ışıkla depolarize olan bipolar hücre, merkez çevresine düşen ışıkla hiperpolarize olur (Şekil 2) (16a). Reseptif alan genişliğinin ve antagonistik merkez-çevre özelliğinin horizontal hücrelerle ilgili olduğu düşünülmektedir (35a, 74).

Uyarıya depolarizasyonla ve hiperpolarizasyonla yanıt veren bipolar hücre

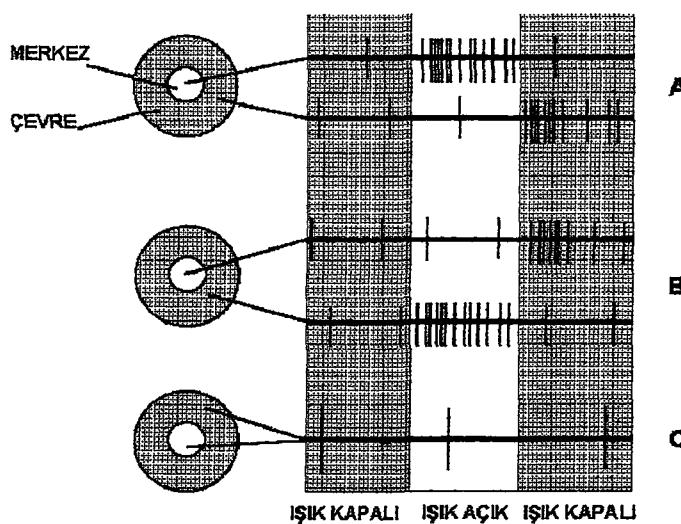
grupları farklı morfoloji ve sinaptik yapıya sahiptirler. Kendileriyle aynı grup ganglion yarpaç hücrelerini uyardıkları savunulmaktadır (35a, 74, 142a).

Horizontal hücreler; retinada çok sayıda fotoreseptörle sinaps yaparlar. Birbirleri ile oluklu bağlantılarla bağlıdır. Sinyalleri retinaya paralel olarak geniş alanlara iletirler. Horizontal hücre sinyalleri inhibitördür. Lateral inhibisyonla ilişkilidirler (35a, 54a, 74). Retinaya küçük bir ışık demeti düştüğünde, aydınlanan alanın çevresindeki bipolar hücrelere iletimi bloke ederler (35a, 54a).

Amakrin hücreler; bipolar hücrelerden uyarı alırlar, geri besleme ile bipolar hücre sinyallerini düzenlerler. Ayrıca ganglion hücrelerini ve diğer amakrin hücreleri uyarırlar (16a, 35a). Farklı morfoloji ve farklı transmitere sahip amakrin hücre grupları vardır; fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir (16a, 35a, 74). Amakrin ve horizontal hücrelerin lateral inhibisyonla retinaya düşen görüntüdeki kontrastların gücünü artırdığı düşünülmektedir. (35a, 54a, 74).

Interpleksiform hücreler; uyarılarını yanlışca amakrin hücrelerden alırlar ve horizontal hücrelerin, bipolar hücrelerin veya her iki hücre grubunun dendritleri üzerinde sonlanırlar (16a, 35a). Bunların, horizontal hücrelerin sinyal iletimini düzenledikleri ileri sürülmektedir (35a, 54a).

Ganglion hücreleri; uyarıya aksiyon potansiyelleri ile yanıt verirler. Reseptif alanları daire şeklinde ve antagonistik merkez-çevre özelliğine sahiptir (16a, 35a, 74). Reseptif alan merkezine gelen uyarı, aksiyon potansiyeli frekansını bir grup hücrede artırır; diğer bir grup hücrede azaltır. Her iki tür hücre grubu da bipolar hücreler gibi, antagonistik merkez-çevre özellikleri nedeniyle reseptif alanlarının tümünü aydınlatan ışığa yanıt vermezler (Şekil 2) (16a, 35a, 74, 152a). Tek bir fotoreseptörün uyarısı iki tür ganglion hücresine de iletılır.



Şekil 2: Bipolar hücrelerin ve gangliyon hücrelerinin reseptif alan özellikleri. (A) Bir grup hücrede, reseptif alan merkezine gelen ışık uyarısı ile aksiyon potansiyeli frekansı artmaktadır, merkez çevresine gelen ışık uyarısı ile aksiyon potansiyeli frekansı azalmaktadır. (B) Diğer bir grup hücrede ise, reseptif alan merkezine gelen ışık uyarısı ile aksiyon potansiyeli frekansı azalmaktadır, merkez çevresine gelen ışık uyarısı ile aksiyon potansiyeli frekansı artmaktadır. (C) Reseptif alanının tamamının aydınlanması iki tür hücre de yanıt vermemektedir (15b'den yararlanılmıştır.).

Reseptif alanı merkezi ve merkez çevresinin antagonistik yanıt özelliği, retinaya düşen hayaldeki zayıf kontrastların ve hızlı değişikliklerin farkedilmesini sağlar (74). Bu nedenle kontrast dedektörü olarak da adlandırılırlar. Çünkü en fazla yanıtı ışık şiddetindeki ani uzaysal değişikliklere karşı verirler (35a). Görsel sistemin tümünde uyarının şiddetinden çok kontrastlar etkilidir. Böylece, görme alanındaki aydınlanma farklılıklarında kontrastlar aynı kaldırıldığından, beyne iletilen görüntü bozulmaz (54a, 74, 125).

Az sayıda gangliyon hücresi reseptif alanlarının tümünü aydınlatan ışığa yanıt verirler. Bu nöronlar pupilla refleksi ile ilgilidirler (74). Ayrıca, gün içi ritmisite gösteren hormonların salınımı ile de ilgili olabilirler (16a).

Foveal bölgedeki gangliyon hücrelerinin reseptif alanları küçüktür, perifere gidildikçe reseptif alan büyür. Periferik retinada bulunan gangliyon hücreleri üzerinde daha fazla konvergens vardır (35a).

Retinada tek bir fotozeptör, farklı özelliklere sahip ganglion hücrelerini uyarır. Ganglion hücrelerinin çoğu iki gruptan birine girerler. Bunlar M ($P-\alpha$) tipi hücreler ve P ($P-\beta$) tipi hücrelerdir. Her grupta da reseptif alanlarının merkezine gelen uyarıya artan veya azalan aksiyon potansiyeli frekansı ile yanıt veren ganglion hücreleri bulunur. Primatlarda iki grubada girmeyen ganglion hücreleri tespit edilmiştir. Bu ender görülen hücre grubu mezensefalonun retina kaynaklı impulslarının çoğunu sağlar ve büyük ölçüde süperior kollikulusa projekte olur. Fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir.

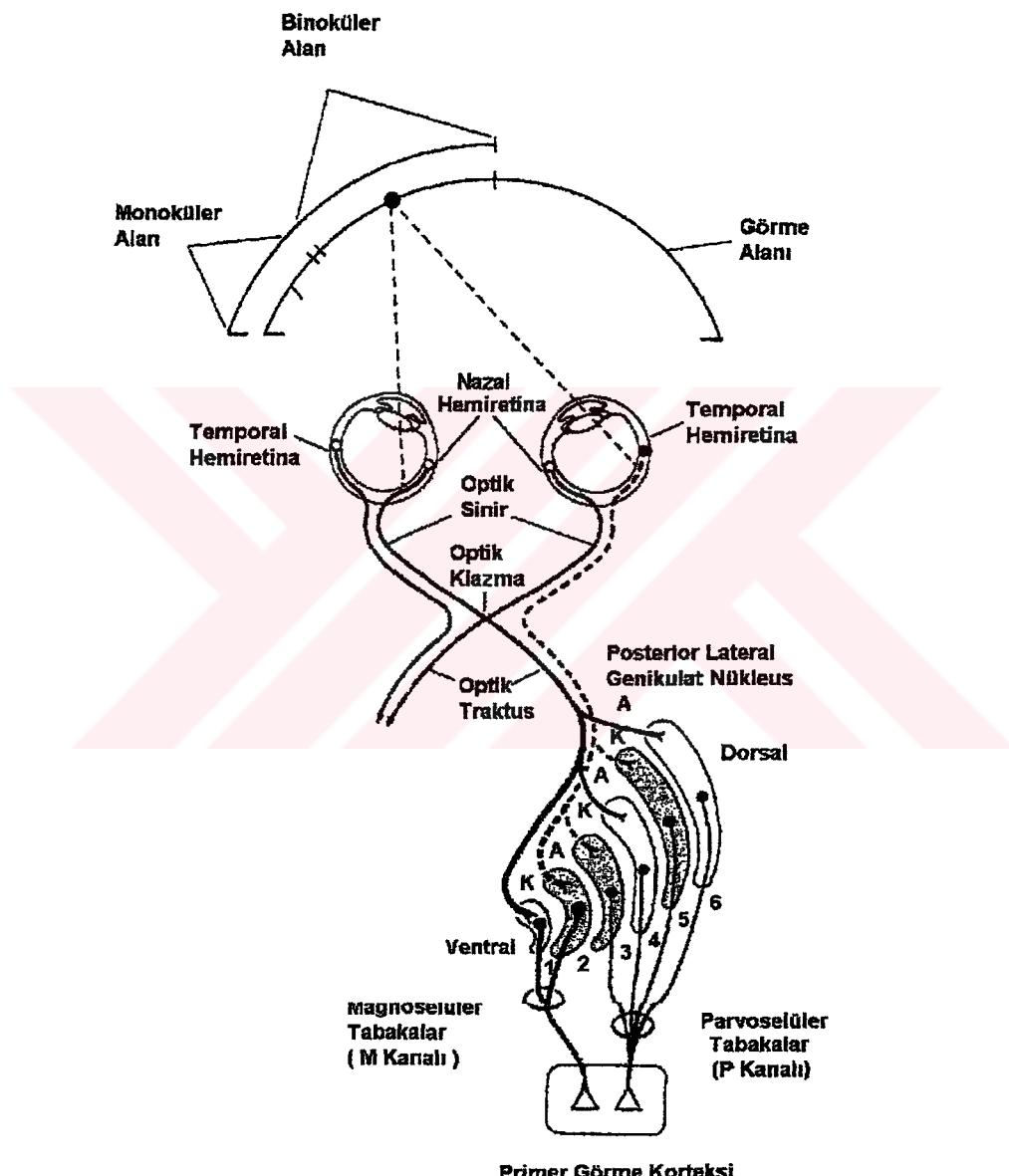
M tipi ganglion hücrelerinin gövdesi büyük, dendritik alanları genişir. Uyarıya geçici yanıt verirler. İletim hızları P tipi ganglion hücrelerine göre büyüktür. Düşük kontrastlara duyarlıdırlar. Görünür ışığın farklı dalga boylarına duyarlı değildirler. Bu tip hücreler 3 ayrı tip koniden ayrı ayrı uyarı almazlar. Tüm koni çeşitlerinden gelen uyarıyı basitçe toplamaktadırlar (74, 125). Posterior lateral genikulat nükleusun magnoselüler tabakalarına projekte olurlar. Görüntünün kaba özellikleri ve hareket algısıyla ilgili oldukları düşünülmektedir. Az sayıda tip M grubu hücre süperior kollikulusa projekte olur (74, 125, 152f).

P tipi ganglion hücrelerinin gövdesi ve dendritik alanları küçüktür. Sayıca daha fazladırlar (74). Yüksek kontrastlara duyarlıdırlar. Uyarıya sürekli yanıt verirler. ışığın farklı dalga boyuna farklı yanıt verirler. Posterior lateral genikulat nükleusun parvoselüler tabakalarına projekte olurlar (125, 152f). Görsel hayalin ince detaylarını algılama ve renkli görme ile ilgili oldukları düşünülmektedir (74).

2. Merkezi Görme Yolları

Ganglion hücrelerinin aksonları bir araya gelir, optik diskten çıkar, miyelin

kılıfı ile kaplanır ve optik siniri oluştururlar. Her iki optik sinir optik kiasmada karşılaşırlar. Foveanın iç tarafından (nazal hemiretina) gelen aksonlar çaprazlaşarak karşı tarafa geçer, foveanın dış tarafından (temporal hemiretina) gelen aksonlar çaprazlaşmazlar. Optik kiasmadan sonra optik sinir sağ ve sol optik traktus adını alır.



Şekil 3: Retinadan kortekse kadar olan merkezi görme yolları. (K) karşı taraf, (A) aynı taraf yarı görme alanından uyarı alan tabakaları göstermektedir (82).

Böylece sağ optik traktus görme alanının (başı ve gözleri hareket ettirmeden iki gözle görülebilen toplam alan) solundan, sol optik traktus görme alanının sağından gelen uyarıları iletir. İki göz tarafından aynı anda görülebilen görme alanı parçası binoküler alan, yanlışca tek göz tarafından görülebilen alan ise monoküler alan olarak adlandırılır (Şekil 3).

Optik traktus başlıca üç subkortikal yapıya lif verir (15a, 16a, 35b, 82, 144). Bunlar lateral genikulat nükleus, süperior kollikulus ve pretektal alandır.

Pretektal alan; pupilla refleksi ile ve görüntünün retinada yerleşiminin aynı kalmasını sağlayan göz ve baş hareketleri ile ilgilidir (15a, 16a, 35b).

Süperior kollikulus; görsel, somatik ve işitsel uyarıları göz ve başın görüntüyü foveaya düşürmeye yönelik hareketi ve sakkadik göz hareketleri için kullanır (16a, 35b, 82, 142a). Süperior kollikulusun yüzeyel tabakalarından pulvinara projekte olan lifler buradan sekonder görme alanlarına dağılırlar (35b). Gün içi ritmle ilgili olduğu düşünülen bazı lifler hipotalamusun suprakiazmatik nükleusuna giderler (54b).

Posterior lateral genikulat nükleus (pLGN); retinal ganglion hücrelerinin büyük çoğunluğunun projekte olduğu thalamus çekirdeğidir. Optik kiasmada çaprazlaşma nedeniyle uyarılar her bir pLGN'a karşı taraf görme alanından gelir.

Primatlarda ve insanlarda, pLGN 6 tabakalıdır. Her tabaka yanlışca bir gözden impuls alır. Aynı taraf gözün temporal hemiretinasından gelen lifler 2., 3., 5. tabakalarda, karşı taraf gözün nazal hemiretinasından gelen lifler 1., 4., 6. tabakalarda sonlanır (Şekil 3). Her tabaka karşı taraf görme alanının haritasını taşır, haritalar retinotopiktir. Böylece, retinada reseptif alanları bitişik ganglion hücreleri, pLGN'da komşu hücrelere projekte olurlar. Tabakaları vertikal olarak geçecek şekilde yerleştirilen bir elektrot, retinanın aynı bölgesinden uyarı alan hücreleri görür (54b, 82, 142a, 144). Foveal bölgeden gelen uyarıları alan hücrelerin reseptif alanı

periferden gelen uyarıları alan hücrelere göre daha küçüktür. Retinaya göre, pLGN tabakalarında, foveal bölge periferik retinadan daha fazla yer tutar (35b, 78, 82).

İlk iki tabaka daha büyük hücrelerden oluşur ve magnoselüler tabakalar olarak adlandırılırlar. Bu tabakalar impulslarını M tipi ganglion hücrelerinden alırlar. Diğer 4 tabaka küçük hücreler içerir, impulslarını P tipi ganglion hücrelerinden alır ve parvoselüler tabakalar olarak adlandırılırlar (35b, 78, 82, 125). Bir grup hücre, ışığın dalga boylarına farklı duyarlılık gösterir, 'color-opponent' hücreler adını alır, parvoselüler tabakalarda bulunurlar (125, 142a). Bir grup hücre ise ışığın bütün dalga boylarına inhibisyon veya eksitasyonla yanıt verir, geniş band hücreler olarak adlandırılır ve tümü magnoselüler tabakalarda yer alırlar (35b, 78, 125). Magnoselüler tabaka hücrelerinin yaklaşık yarısı geniş band hücrelerdir; diğer hücreler 'color-opponent' özelliktedirler (125). Hücreler spot ışığı şeklindeki uyarılara yanıt verirler, merkez-çevre antagonistik özelliğine sahip daire şeklinde reseptif alanları vardır. Reseptif alanlarının tümünü aydınlatan uyarılara çok az yanıt verirler (35b, 78, 82). Reseptif alanları ganglion hücresinin reseptif alanından daha genişdir (35b, 82, 152i).

pLGN' un iki ana fonksiyonu vardır. Birincisi görsel informasyonu retinadaki yerleşimine ve niteliğine sadık kalarak ayrı paralel yollarla görme korteksine ileter. İkinci temel fonksiyonu ise görme korteksine sinyal geçişinde seçicilik işlevidir. Görme korteksinden ve mezencefalonun retiküler alanlarından aldığı inhibitör impulslarla sinyallerin bir kısmını filtre eder (54b, 82).

3. Görsel Uyarının Beyin Kabuğunda İşlenmesi:

Retinadan gelen uyarılar, görme sistemi hücreler dizisinde belirli bir

hiyerarşîyle seri olarak işlenmektedir (78). Ayrıca hareket, biçim, renk gibi farklı görsel modalitelere ait uyarılar retinadan itibaren birbirîyle bağlantılı fakat ayrı paralel yollarla kortekste farklı alanlara gönderilmektedir (62, 78). Bu modalite spesifik alanlarda, ortak yanıt özellikleri olan hücreler (örneğin aynı doğru eğimine duyarlı, aynı hareket yönüne duyarlı veya aynı dalga boyuna yanıt veren hücreler) bir araya toplanmışlardır (142a, 152d).

Primer ve sekonder görsel alanlarda karşı taraf görme alanının haritası yer alır. Bu haritaların hepsinde retinanın her bölgesi temsil edilmez ve çoğu görmenin farklı modaliteleri ile ilgilidirler (82, 144). Henüz bilinmeyen bir nedenle vertikal eksen tüm görsel alanlarda iki kere temsil edilmektedir. Haritalarda görme alanının vertikal ekseniyle ilgili bölge, komissural lifler aracılığı ile karşı hemisferdeki benzerlerine bağlanmıştır (144, 152c).

a. Primer Görme Korteksi:

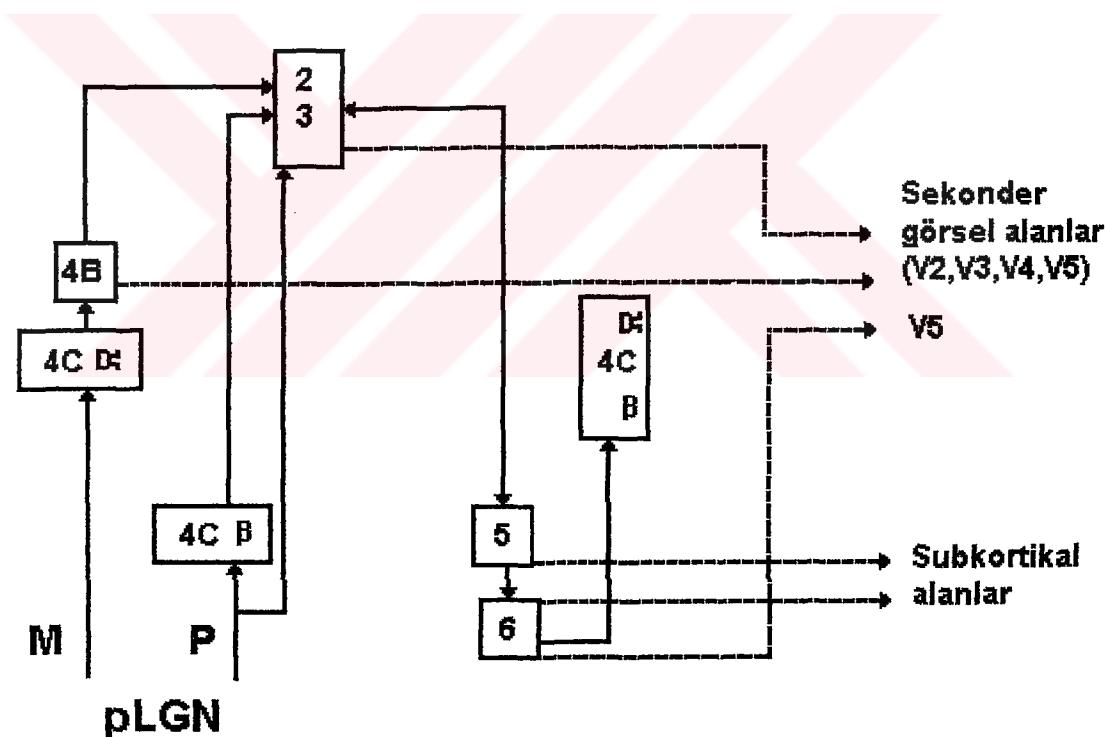
Karşı taraf görme alanından gelen sinyaller pLGN' dan optik radyasyonla primer görme korteksine ilettilir. Oksipital loba kalkanın sulkusun çevresinde bulunan bu bölge, Brodmann'ın 17. alanına karşılık gelir (Şekil 19 a,b). 4. tabakasında sonlanan miyelinli aksonlar nedeniyle çizgili bir görünüm sahiptir, çizgili korteks denir. Vizüel alan 1 veya kısaca V1 alanı olarak da tanımlanır (Şekil 8) (16a, 35b, 54b, 82, 142a, 144).

Primer görme korteksi retinotopik bir harita içerir. Haritanın retinayı topografik olarak temsili nedeniyle bu alana kortikal retina da denir (152e).

V1 alanı hücrelerinin reseptif alanları pLGN hücrelerinin reseptif alanlarından büyüktür; retinaya göre foveayı temsil eden bölge periferden daha fazla yer

tutmaktadır. Bu foveadan uyarı alan hücrelerin üzerinde konvergensin daha az oluşundan ileri gelmektedir (35b, 82, 142a, 152e).

İnsanlarda V1 alanı 6 tabakalıdır. 4.tabaka pLGN' dan başlıca efferentlerin geldiği en kalın tabakadır; kendi içinde 4A, 4B, 4C-Alfa ve 4C-Beta olmak üzere dört alt tabakaya ayrılır (54b, 82). 5. ve 6. tabakada bulunan piramidal nöronlar başlıca subkortikal alanlara projekte olurlar (144). 6. tabakadan 4. tabakaya da uyarı gelir. Ayrıca V5 alanına projeksiyonu vardır (82, 152h). Pulvinardan 1. tabakaya gelen liflerin sinyal iletimini düzenlediği düşünülmektedir (142a).



Şekil 4: Primer görme korteksi tabakalarında uyarı iletimi. (M) pLGN magnoselüler tabakalarından gelen uyarılar; (P) pLGN parvoselüler tabakalarından gelen uyarılar (82).

pLGN magnoselüler hücre aksonları 4C-Alfa tabakasında sonlanır. 4C-Alfa tabakası, 4B tabakasına lif gönderir. 4B tabakası yöne ve hareket yönüne duyarlı hücreler içerir (78, 152f)

pLGN parvoselüler hücre aksonlarının büyük çoğunluğunun 4C-Beta ve 4A tabakasında, bir kısmının ise 2.-3. tabakalarda, blob adı verilen fonksiyonel hücre gruplarında ve interblob alanlarda sonlandığı gösterilmiştir (62). 4C-Beta tabakası 2. ve 3. tabaka nöronlarına lif gönderir (Şekil 4) (78, 82, 125, 138, 152f).

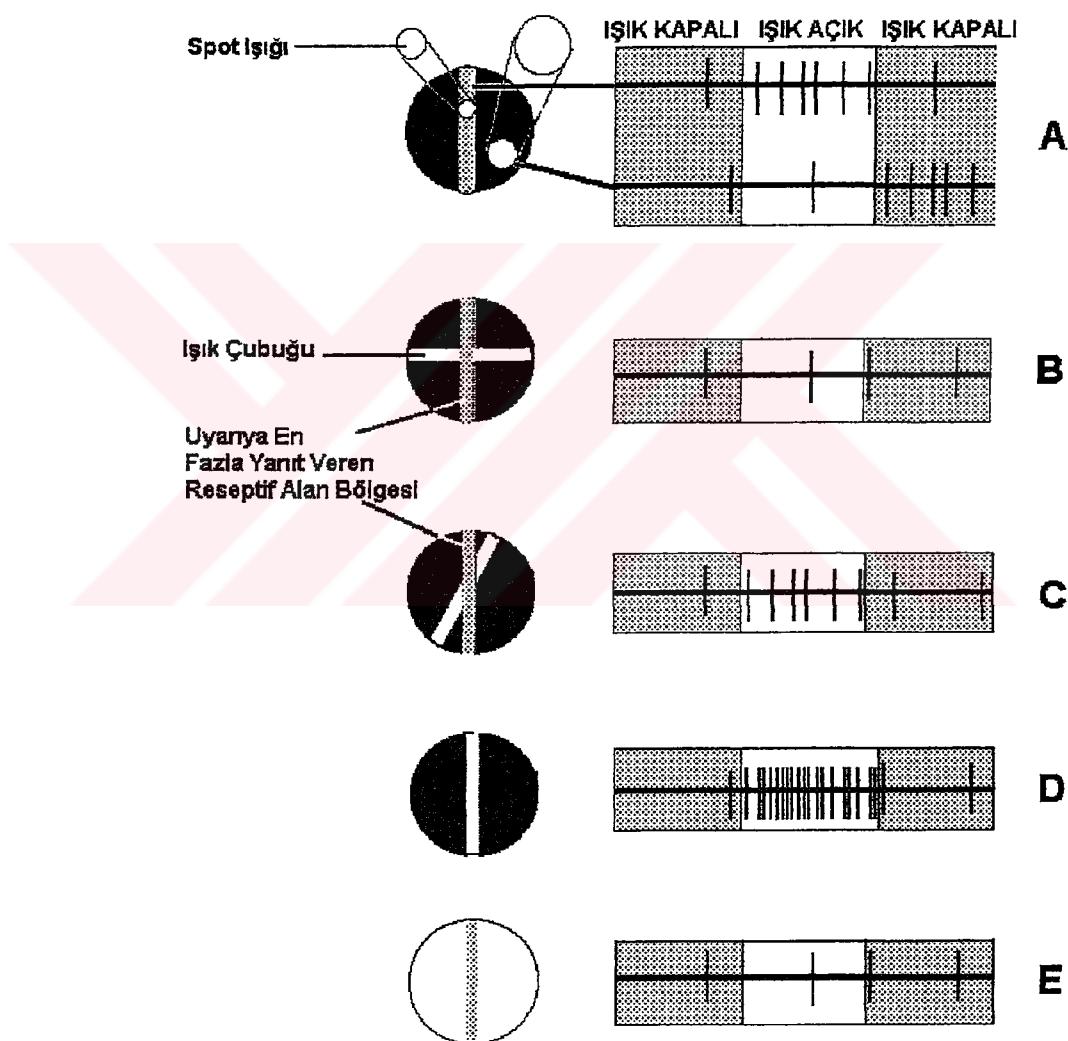
pLGN ve ganglion hücrelerini en fazla spot ışığı şeklinde ışık uyarırken, 4C tabakası ve yüzeyel tabakalardaki blob alanlar dışındaki diğer V1 hücrelerinde bu tür uyarı çok az etkilidir (16a, 82). Bu hücreler için en etkili uyaran, karanlık zeminde uzun, dar, aydınlatılmış bir ışık çubuğu, aydınlatılmış bir zeminde aynı özelliklerde karanlık bir çubuk ve farklı ton alanlarını ayıran çizgi şeklinde sınırlardır (15b). Ayrıca bazı V1 nöronları fiksasyon noktasının çevresinde farklı derinliklerdeki uyarılara farklı yanıt vermektedirler. Bunlar 2. ve 3. tabakalarda daha fazladırlar ve yakın görsel kortikal alanlara projekte olurlar. Derinlik algısında rol aldıkları düşünülmektedir (35b, 142a).

Hubel ve Wiesel adlı araştırmacılar, blob dışında kalan alanlarda, hücreleri doğrusal uyarılara verdikleri yanıta göre basit, kompleks ve hiperkompleks olarak ayırmışlardır (15b, 35b, 82, 142a).

Basit hücreler; V1' de, 4C dışındaki 4. tabaka alanlarında en fazla bulunurlar. Basit hücreler spontan aksiyon potansiyeli çıkarmazlar (126). Rezeptif alanlarının merkezinden gelen, belirli doğrultuda çubuk şeklinde uyarılara en fazla yanıt verirler. Maksimum yanıt verdikleri doğrultuya paralel olmayan çubuk şeklinde uyarırlar, merkeze de gelse, daha az etkilidir (16a, 54b, 82, 142a).

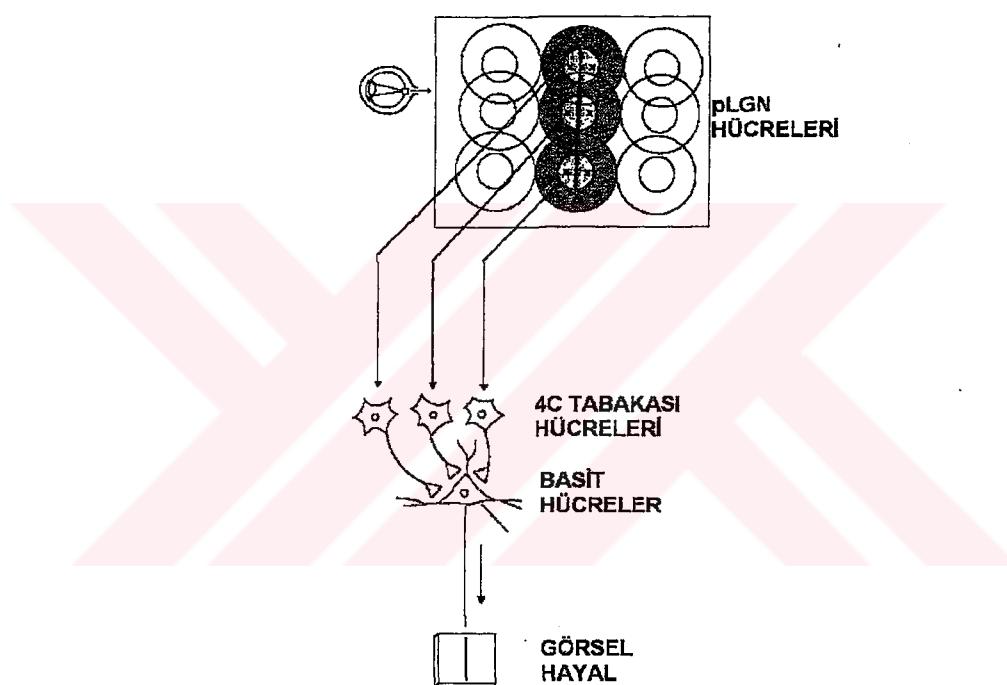
Basit hücrelerin rezeptif alanları merkez-çevre antagonistik özelliğine sahiptir. Merkeze gelen uygun doğrultudaki uyarı aksiyon potansiyeli frekansının artışına yol

açarken aynı uyarının merkez çevresi alana gelmesi aksiyon potansiyeli frekansını azaltacaktır. Merkeze gelen uygun uyarının aksiyon potansiyeli frekansını azalttığı ve çevreye gelen uygun uyarının aksiyon potansiyeli frekansını artırdığı basit hücreler de vardır (82). Basit hücreler reseptif alanlarının tamamının aydınlanması veya kararmasına agonistik ve antagonistik bölgelerin birlikte uyarılması nedeniyle yanıt vermezler (Şekil 5) (15b, 142a).



Şekil 5: Reseptif alanına gelen uyarı ile depolarize olan basit hücrenin fonksiyonel özellikleri. Merkeze de gelse, spot ışığı şeklinde uyarının etkisi azdır (A). Merkeze gelen, en fazla yanıt verdikleri doğrultuya paralel olmayan uyarılar daha az (B ve C); paralel uyarılar en fazla yanıt neden olmaktadır (D) (15a' dan yararlanılmıştır).

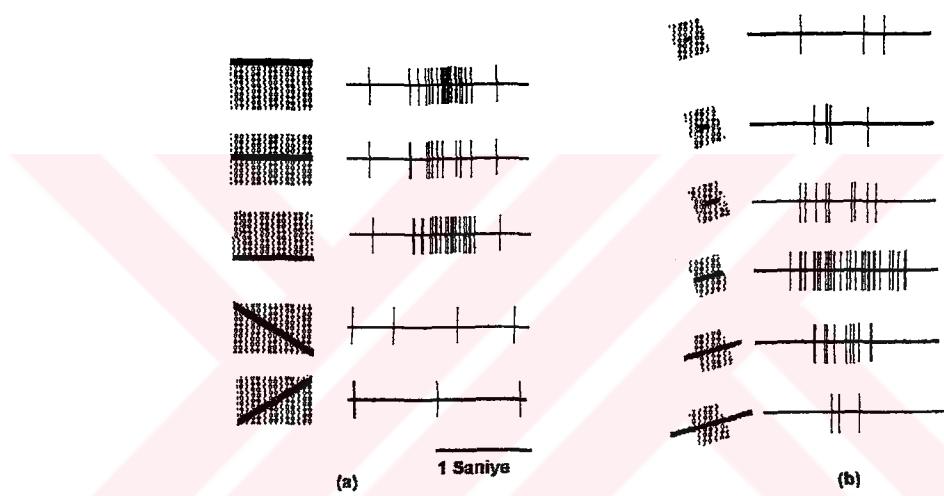
Daire şeklindeki uyarılara yanıt veren reseptif alan yapısının nasıl çubuk şeklinde uyarılara yanıt veren yapıya dönüştüğü tam olarak bilinmemektedir (82). Aynı doğrultuda konsentrik reseptif alanlara sahip komşu pLGN hücrelerinin uyarıldığı 4C tabakasında bulunan bir kaç hücre aynı basit hücreye konverge olmaktadır (15b, 35b, 82). Yapı değişikliğinin bu yolla gerçekleştiği ileri sürülmektedir (Şekil 6) (16a, 35b, 82).



Şekil 6: Basit hücre reseptif alanının olası değişim nedeni şematize edilmiştir (82).

Kompleks hücreler; spontan aksiyon potansiyeli çıkarırlar. Reseptif alanları basit hücrelerin reseptif alanından büyüktür (35b, 82, 152a). 4C tabakası hücreleriyle direkt bağlantıları bilinmekte beraber, impulslarınınlığını çoğu basit hücrelerden alırlar (35b, 54b, 82). Basit hücreler gibi reseptif alanlarına gelen uygun eğimdeki doğrusal uyarılara maksimum yanıt verirler (15b, 35b, 82). Ancak basit

hücreler reseptif alanlarının merkezine gelen uyarılara yanıt verirken, kompleks hücreler reseptif alanlarının her yerindeki uygun eğimli doğrusal uyarıya aynı yanıtı verirler (Şekil 7a) (16a, 82, 152a). Bu özellik bir kaç basit hücrenin aynı kompleks hücre üzerinde konvergensini düşündürmektedir (152a). Kompleks hücreler reseptif alanlarının vertikal eksenine dik yönde harekete en fazla duyarlıdırlar (15b, 82, 142a).



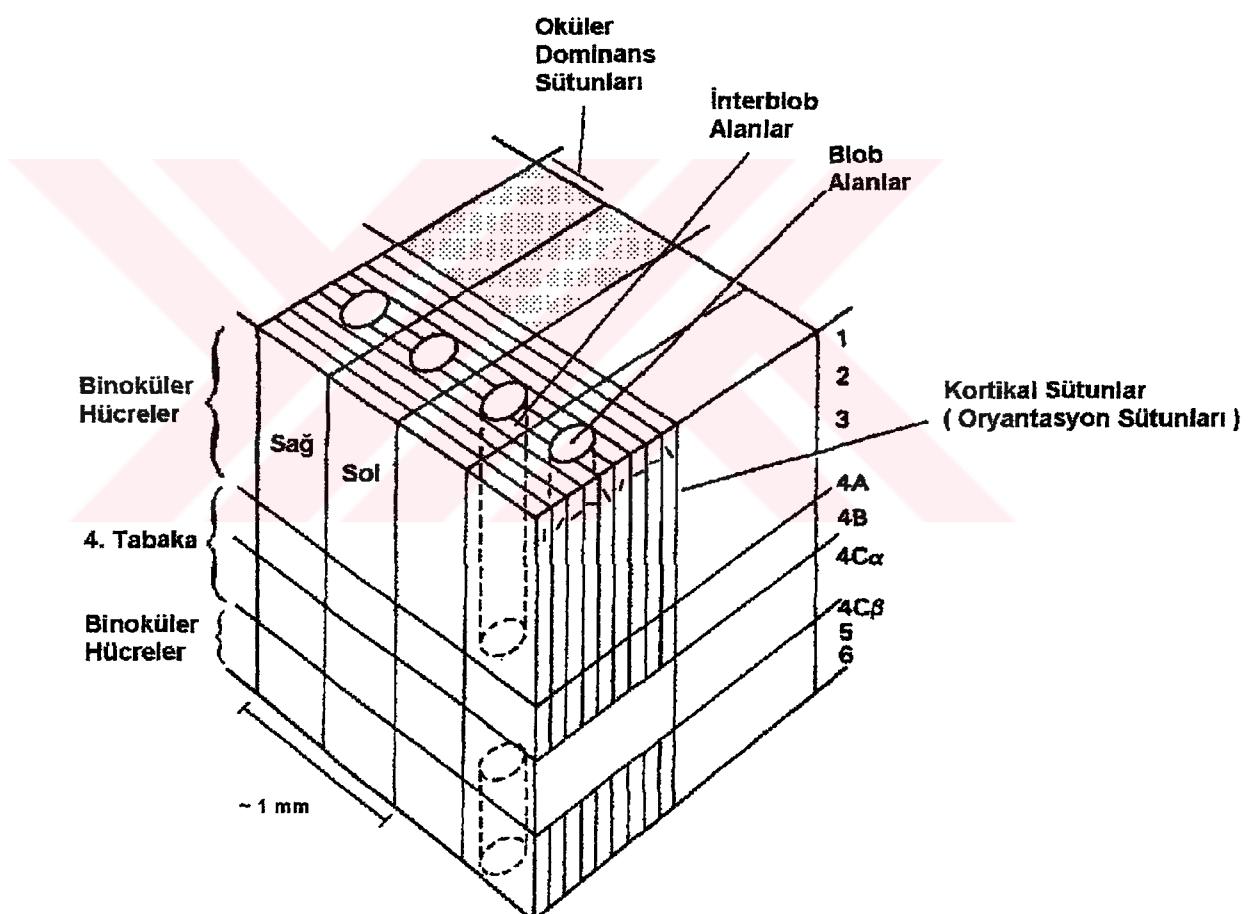
Şekil 7: (a) Kompleks hücrenin, reseptif alanına gelen doğrusal uyarıya verdiği yanıt. Aksiyon potansiyeli frekansının değişmesine, doğrusal uyarının reseptif alanındaki yeri değil, yönü neden olmaktadır. (b) Hiperkompleks hücre, reseptif alanına uygun doğrultuda gelen uyarının sınırlarına duyarlıdır (16a).

Kompleks hücrelerin reseptif alan özellikleri ve spontan aksiyon potansiyellerinin oluşу yanlışca basit hücrelerin konvergensiyle açıklanamaz. Son yıllarda, bu hücrelerin pulvinardan tonik uyarılar aldığı, bu uyarıların, kompleks hücrelerin spontan aktivasyonuyla, görsel dikkatle, şekil algılama ile ilgili olduğunu destekleyen çalışmalar yapılmıştır (126).

Hiperkompleks hücreler; iki ya da daha fazla kompleks hücrenin özelliklerine sahiptirler. Kompleks hücrelerden eksitatör ve inhibitör impulslar aldıkları

düşünülmektedir. Basit ve kompleks hücreler gibi çubuk şeklinde uyarılardan etkilenirler, ancak uyarının lokalizasyonu ve eğiminden başka boyuna da duyarlıdırlar; daha kompleks şekillere yanıt vermektedirler (Şekil 7b) (15b, 16a, 54b). Primer görme korteksi dışındaki görme alanlarında bulunurlar (152a).

Primer görme korteksi, yüzeye dik, 30-100 μm genişliğinde ve 2 mm derinliğinde sütunlar halinde organize olmuştur.



Şekil 8: Primer görme korteksinin sütunlar şeklinde organizasyonu. Sol oküler dominans sütunlarında bulunan hücreler, sol görme alanından; sağ oküler dominans sütunlarında bulunan hücreler, sağ görme alanından ağırlıklı olarak uyarı almaktadır. Nokta taralı alan hipersütunu göstermektedir (52).

Sütunlarda daire şeklinde reseptif alana sahip 4C tabakası hücreleri, bunun aşağısında ve yukarısında yaklaşık aynı görme alanı parçasından impuls alan, aynı eğime duyarlı basit ve kompleks hücreler yer alır (35b, 144). Kortikal yüzeye paralel hareket ettirilen elektrotlarla yapılan çalışmalarda sütunların duyarlı olduğu eğimin sütunlar arasında belirli bir açı değişikliği ile birbirini izlediği gösterilmiştir. Bu nedenle sütunlara oryantasyon sütunları denir (15b, 16a, 35b, 82). Düzenli açı değişiklikleri, 2. ve 3. tabakalarda sitokrom oksidaz enzimi ile koyu boyanan 300 µm çaplı blob alanlar tarafından kesintiye uğrar (Şekil 8). Bu bölgeler daha az belirgin olarak 5. ve 6. tabakalarda da gözlenmektedir (78). Blob alanlar daha açık boyanan interblob alanları ayrırlar. Blob ve interblob alanlar farklı fonksiyonel özelliklerdir ve farklı kortikal alanlara projekte olurlar (125, 152c). Blob alan nöronlarında magnoselüler ve parvoselüler sinyallerin konvergens yaptığı düşünülmektedir (125).

Blob alan hücreleri uyarının yönüne duyarlı değildirler (62). Işığın tüm dalga boylarına duyarlı ve belirli dalga boylarına duyarlı hücreler içerirler (78, 138, 152f). Bir blob belirli bir dalga boyuna en fazla duyarlıdır. V1 alanında görünür spektrumun kısa, orta ve uzun dalga boyuna yanıt veren bloblar bulunur (138, 152e).

Interblob alanlardaki hücrelerin çoğu uyarının yönüne duyarlıdır (62, 78, 152f). Ayrıca bu hücreler renk algısıyla ilgilidirler; Işığın dalga boylarına farklı duyarlıdır. Ancak blob alanlar, diffüz renkli uyarılarla daha fazla aktive olmaktadır (125).

Primer görme korteksinde oryantasyon sütunlarına ve blob alanlara ek olarak Hubel ve Wiesel tarafından oküler dominans sütunlarının varlığı gösterilmiştir (15b, 35b, 54b, 82, 142a). Bu sütunların iki gözden gelen görüntünün tek olarak algılanmasında ve derinlik algısında önemi vardır. İki retinadan gelen uyarılar ilk defa V1 alanında konvergens yapmaktadır. İki gözden de uyarı alan hücreler 4. tabakanın altında ve üstünde bulunurlar, çoğu kompleks hücrelerdir (35b, 82, 152e).

Dominans sütunundaki binoküler hücreler, görme alanının yaklaşık aynı parçasına ait uyarılardan etkilenirler, reseptif alanlarının organizasyonu, duyarlı oldukları doğrultu aynıdır. Ancak bir gözden gelen uyarıya diğer gözden gelene göre daha fazla yanıt verirler. Aynı oküler dominans sütunu içerisindeki binoküler hücrelerin baskın olarak etkilendikleri göz aynıdır. Birbirine komşu dominans sütun hücreleri farklı gözden baskın uyarı almaktadır (15b). Dominans sütunlarında 4. tabakadaki basit hücrelere ve 4C tabakası hücrelerine, kompleks hücreleri daha fazla etkileyen gözden uyarı gelmektedir (152e). Retinanın kör noktasının temsil edildiği bölge ve görme alanının monoküler zonlarının temsil edildiği V1 alanlarında oküler dominans sütunları yoktur (15b). V1 alanında, bütün yönlere duyarlı oryantasyon sütunlarını içeren sağ-sol oküler dominans sütunları ve bu alanda yer alan blob yapıları grubunun toplamı Hubel ve Wiesel adlı araştırmacılar tarafından hipersütun olarak adlandırılmıştır. Hipersütunlar, yaklaşık 1 mm^2 lik alanlarda düzenli olarak tekrarlanırlar (Şekil 8) (82). Tüm bu organizasyon, primer görme korteksinde farklı modalitelere ait haritaların üst üste bulunduğu düşündürmektedir (152f).

Oryantasyon sütunu içinde yer alan hücreler birbirleri ile vertikal olarak bağlantılıdır. Ayrıca yaklaşık bir hipersütunun genişliğine uyan horizontal bağlantılarla, sütunlardaki aynı fonksiyonlu tabakalar birbirlerine bağlanmıştır (138). Horizontal bağlantılar, yüzeye paralel integrasyonda ve hücrenin reseptif alanı dışındaki uyarılardan etkilenmesinde rol alıyor olabilir (48, 138).

b. Sekonder Görsel Alanlar:

Çizgili korteksin çevresinde bulunan, görsel uyarılara yanıt veren, projeksiyonları bilinen kortikal ve subkortikal görsel alanlardan gelen, görme alanının kısmı veya tam

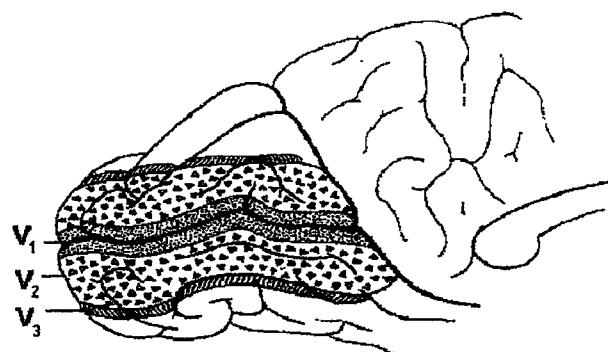
haritasını içeren kortikal bölgelere sekonder görsel alanlar denir (35b). Ekstrastriat alan ve prestriat alan olarak da adlandırılırlar. Çoğu oksipital lopta yer alır (35b, 54b, 82).

Sekonder görsel alanlardaki hücrelerin reseptif alanları, primer görme korteksi hücrelerinin reseptif alanlarından daha büyüktür. Sekonder görsel alanlar primer görme korteksinden daha küçüktür (152c). Bu alanların herbiri mezensefalona, talamusa ve ikiden fazla kortikal alana projekte olur; projekte olduğu alanlardan impuls alır (152b). Sekonder görsel alanlarda oküler dominans sütunları yoktur. Hücrelerin çoğu eşit olarak binoküler uyarılır (152e). V1 alanında ve sekonder görsel alanlarda, bazı binoküler hücrelere görme alanının biraz farklı bölgelerinden uyarı gelmektedir. Bu eşitsizlik derinlik algısında kullanılır (16a).

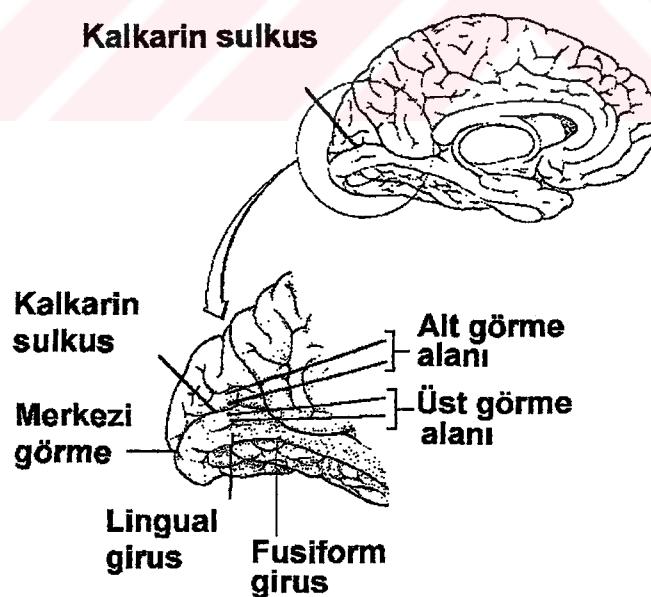
Oksipital lop dışındaki loplarda da görme ile ilgili alanlar vardır. Örneğin frontal kortekste göz hareketleriyle ilişkili bir bölge, paryetal kortekste ve inferior temporal kortekste görme ile ilgili bir kaç alan vardır (35b, 144, 152c).

V1 alanının posterolateralinde Brodmann'ın 18. alanına karşılık gelen bölgede 2. bir görme alanının varlığı gösterilmiştir. Bu alan V2 alanı olarak adlandırılır (Şekil 9) (15b, 54b). En büyük sekonder görsel alandır (152c). V1 gibi tam bir retinotopik haritaya sahiptir. İnsanda karşı taraf alt görme alanını temsil eden V2 alan parçası kalkarin sulkusun üst tarafında, kuneusta bulunur. Karşı taraf üst görme alanı ise V2 alanının lingual girusta bulunan kısmında temsil edilmektedir (Şekil 10) (153).

V1 alanındaki çizgili görünüm V2 alanında yoktur. pLGN hücreleri başlıca V1 alanına projekte olmakla beraber az sayıda lif doğrudan V2 alanına gelmektedir. V2 hücrelerinin çoğu kompleks (15b) ve genellikle binoküler hücrelerdir (16a). Bu alanın V1 alanına göre derinlik algısıyla daha fazla ilgili olduğu düşünülmektedir (16a, 67). Reseptif alanları V1 hücrelerinin reseptif alanlarından daha büyüktür (67, 152e).



Şekil 9: İnsanda, sol hemisfer iç yüzünde V1, V2, V3 alanları (63).



Şekil 10: Sağ görme alanının sol hemisferde oksipital lopta yerleşimi (52c).

Son yıllarda sitokrom oksidaz enzimi ile yapılan çalışmalarda V2 alanının metabolik yapısı ortaya konmuştur. Sitokrom oksidazı alan bölgeler koyu boyanmaktadır. V2 alanı, kortikal yüzeyden beyaz cevhere uzanan, koyu boyanan kalın çizgi, az boyalı alan çizgiler arası bölge ve koyu boyanan ince çizgi şeklinde tekrarlayan çizgili görünüme sahiptir (67, 78, 125, 152c). Birbirini izleyen açık çizgi, kalın çizgi ve ince çizgide bulunan hücrelerin reseptif alanları yaklaşık olarak aynıdır (152f).

Metabolik yapı, anatomik ve fonksiyonel yapı ile bağlantılıdır. V2'de farklı çizgi bölgeleri farklı fonksiyonlarla ilişkilidir (67, 152c).

V1 alanının II. ve III. tabakalarında bulunan, uyarıyi pLGN parvoselüler tabakalarından alan blob bölge hücreleri, V2 alanında ince çizgilere projekte olurlar. Yine bu tabakalarda interblob bölgelerde bulunan hücreler, V2'de az boyalı, açık renkli, çizgiler arası bölgelere projekte olurlar (62, 125). V1'de 4C-Alfa tabakası yoluyla magnoselüler sinyaller alan 4B tabakası ise V2'de kalın çizgilere projekte olur (Şekil 11) (62, 67, 125, 152c).

V1 alanı ve V2 alanı diğer sekonder görsel alanlardan farklı olarak derinlik, şekil, renk, hareket gibi tüm görsel modalitelere yanıt verirler. Diğer alanlar farklı modalitelere özelleşmiş görünülmektedir. Tüm alanlara impulslar V1 ve V2 alanında direkt veya indirekt geldiğine göre V2 ve özellikle V1 alanı farklı alanlara göndermeden önce farklı modaliteleri ayırmalıdır (153).

V3 alanı; Brodmann'ın 18. alanında bulunmaktadır. Retinotopik bir harita içerir (35b, 152c). İnsanda kuneus ve lingual girusta bulunduğu ve kuneus parçasının karşı taraf alt görme alanını, lingual girusta bulunan kısmının karşı taraf üst görme alanını temsil ettiği düşünülmektedir (Şekil 9,10). Impulslarını V2 ve V1 alanında almaktadır (152c). V3 nöronlarının reseptif alanları V1 ve V2 alanındaki kilelere göre

daha büyüktür. V3 hücrelerinin çoğu kompleks veya hiperkompleksdir, binokülerdir. Çizgi şeklindeki uyarıların yönüne duyarlı ancak renklerine duyarlı değildir (35b, 152d). Çizgilerin yönlerinin tespiti biçim algısında önemlidir (152d).

V4 alanının; insanda lingual ve fusiform giruslarda bulunduğu düşünülmektedir (Şekil 10). Primer görme korteksinde foveayı temsil eden bölgeden direkt impuls almaktadır. Ancak impulsunun çoğu, V2 alanının parvoselüler sinyaller alan açık boyanan bölgelerinden ve ince çizgilerinden gelir (153). V2 alanının bu iki fonksiyonel olarak ayrı bölgesinden gelen uyarıların, V4 hücrelerinde konvergens yapmaları olasıdır (152f). Çünkü V4 alanındaki oryantasyona duyarlı hücrelerin çoğu değişen derecelerde renklere de duyarlıdır (78, 152f). V4, diğer alanlara göre daha fazla sayıda farklı ışık spektrumlarına duyarlı hücre içerir. Hareket yönüne duyarlı hücre bulunmaz, ancak hücrelerin % 50 kadarı eğime duyarlıdır (62, 152d). Renkli görmeyle ilgili olduğu düşünülen V4, görme alanının tam bir temsilini içermez. Renkli görmenin en iyi olduğu foveal ve fovea çevresi alanın temsili vardır (152e).

V5 alanı; en küçük sekonder görsel alandır (152c). Makak maymununda üst temporal sulkusa gömülüdür. İnsanlarda oksipital ve temporal lop birleşiminde 19 ve 37. alanlarda bulunduğu ileri sürülmektedir (Şekil 19 a) (153). V5 alanı, primer görme korteksinin 4B tabakasından direkt impuls alır (67, 153). Ayrıca V2 alanında kalın çizgilerde bulunan derinlik algısı ile ilgili hücrelerden uyarı gelir (Şekil11) (78). Tam bir topografik harita içermez; ancak, görme alanının topografik temsili tamamen bozulmamıştır (152e).

V5 alanında bulunan hücrelerin tamamı harekete, %90 kadarı ise hareket yönüne duyarlıdır. Renklere duyarlı hücre belirlenmemiştir (152d). V5 alanının hareketin analizi ve derinlik algısı ile ilgili olduğunu düşündürmektedir (78).

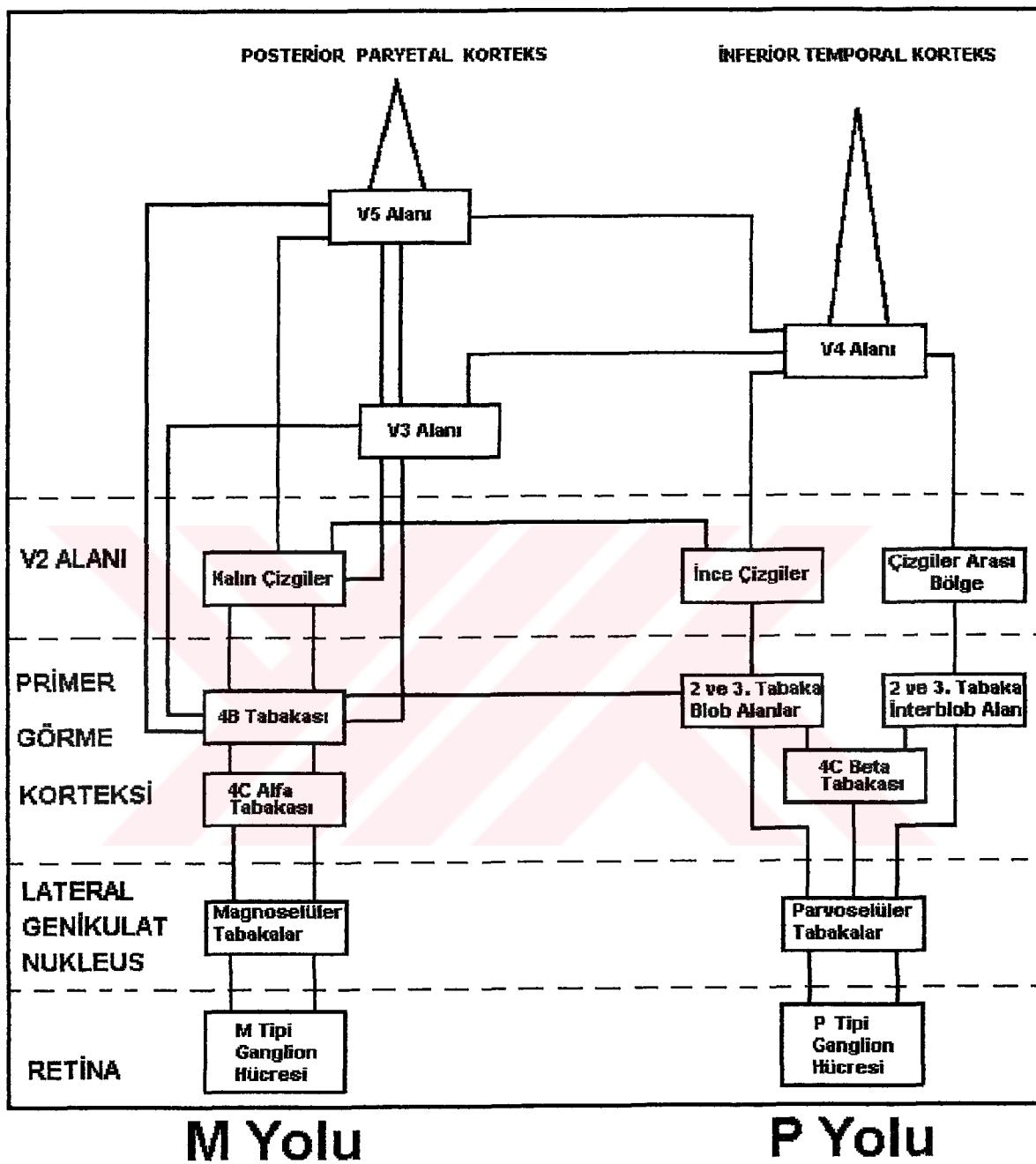
4. Görme Korteksinde Paralel İşlem:

Görme alanlarının diğer alanlarla seri olarak bağlandığını ve her bir alanın görmenin bütün unsurlarını işlediğini ancak bağlantılı olduğu bir önceki alandan daha kompleks bir işlem yaptığı savunan hiyerarşik strateji modeli, yerini, belirli görsel modalitelere özelleşmiş bağlantılı görsel alanlar ve ayrı fakat bağlantılı paralel yollar kavramına bırakmıştır. Bu yeni kavram hiyerarşik modeli de içine almaktadır (51, 152a). Paralel işlem hipotezine göre görüntünün renk, şekil, hareket gibi farklı yönleri ile ilgili paralel yollar retinadan başlar. Yapısal, anatomik ve fonksiyonel farklılığını primer ve sekonder görme alanlarını da kapsayarak korur (62, 78).

Görsel sisteme; parvoselüler (P kanalı, 'color opponent' kanal) ve magnoselüler sistem (M kanalı, geniş band sistemi) olarak adlandırılan iki ayrı genikulostriat yol vardır (86, 120, 143). İki sistem arasında anatomik olarak primer görme korteksine kadar bağlantı yoktur (Şekil 11) (86, 143). Hareket, derinlik, şekil ve renk algısı birbiriyle bağlantılı paralel sistemlerde işlenmektedir ancak renk algısı dışında diğerlerinin tam olarak magnoselüler veya parvoselüler sistemlere ait oldukları gösterilememiştir (86, 120).

Kortekste görme ile ilgili ağ, 2 ana kanalla tanımlanabilir. Bunlardan birisi paryetal kortekste sonlanır; obje hareketi, hareketin ve uzaysal ilişkilerin analizi ile ilgili olduğu ileri sürülmektedir. Büyük ölçüde magnoselüler genikulostriat yoldan sinyal almaktadır. İkinci kortikal ağ, temporal kortekste sonlanır, renklerin, şekillerin, objelerin tanınması ile ilgili olduğu ileri sürülmektedir. Uyarılarının çoğu, parvoselüler genikulostriat yolla gelir, ancak magnoselüler kanaldan da önemli ölçüde sinyal almaktadır (86, 125).

Paryetal Yol Temporal Yol



Sekil 11: Görsel uyarının işlenmesinde paralel yollar (67 ve 86' dan yararlanılmıştır).

Primer görme korteksi ve diğer sekonder görsel alanlarda paralellik ve fonksiyonel ayrılık özelliğinin korunmasına karşılık bu iki yol arasında çeşitli düzeylerde bağlantılar vardır (86, 143).

V1 alanında başlıca M sisteminden uyarı alan 4B tabakası, P sistemi ile ilgili 2. ve 3. tabakalara da lif gönderir. V2 alanında ayrı sistemlerle ilgili olduğu düşünülen kalın, ince ve açık renk çizgili alanları birbiriyle bağlayan horizontal lifler gösterilmiştir (86, 152b). Tüm sekonder görsel alanlar arasında karşılıklı bağlantılar vardır (Şekil11). Yine tüm sekonder görsel alanların V1 ve V2 alanına projeksyonları vardır, bu lifler V1 ve V2 alanlarına P veya M sinyallerinin projeksyonlarına uymaksızın yaygın olarak dağılırlar. Bu lifler, kortikal paralel yolların birbirlerinden etkilendiğini göstermektedir (152g).

Magnoselüler sistem (M sistemi); objelerin 'Ne' olduğundan çok 'Nerede' oldukları ile ilgili bilgileri işleyen (67) ve büyük ölçüde paryetal kortekse projekte olan kortikal kanalla ilişkilidir (86). M sistemi hücrelerinin yöne ve hareket yönüne duyarlılıkları bu sistemin hareketin analizi ve hareketli şekil algısıyla ilgili olduğunu düşündürmektedir (62, 125, 142a). Hareketsiz objeleri analiz etmede yetersizdir. Nöronları hızlı ve geçici yanıt verirler, ışığın farklı spektrumlarına farklı duyarlılık göstermezler (62).

M kanalının M Tipi Ganglion Hücreleri --> pLGN Magnoselüler Tabakalar --> V1 Alanı 4C-Alfa Tabakası --> V1 Alanı 4B Tabakası --> V2 Kalın Çizgilere uğrayarak veya direkt olarak --> V5 Alanı ve buradan paryetal kortekse projekte olan yolun hareket algısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (67, 152f).

M kanalının M Tipi Ganglion Hücreleri --> LGN Magnoselüler Tabakalar --> V1 Alanı 4C-Alfa Tabakası --> V1 Alanı 4B Tabakası --> V2 Kalın Çizgilere uğrayarak veya direkt olarak --> V3 Alanı --> V5 Alanı ve büyük ölçüde paryetal kortekse

projekte olan yolun dinamik şekil algısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (Şekil 11) (152f).

V3 ve V4 alanlarının periferal retinayı gören kısımlarının ağırlıklı olarak parietal görsel alana projeksiyonu, bu alanın ince detaylarla ilgili olmadığını desteklemektedir (152g).

Parvoselüler sistem (P sistemi); nöronlarının, objelerin 'Nerede' olduğundan çok 'Ne' oldukları ile ilgili bilgileri işlediği düşünülen ve büyük ölçüde temporal kortekse projekte olan kortikal sistemle ilişkilidir (86). Renkli görme, görüntüdeki ince detayların algılanması bu sistemin fonksiyonudur (67, 121, 142a).

P kanalının P Tipi Gangliyon Hücreleri --> pLGN Parvoselüler Tabakaları --> V1 Alanı Blob Bölgeler --> V2 Alanı İnce Çizgiler --> V4 Alanı şeklinde ilerleyen yol inferior temporal kortekse projekte olur (62). Parvoselüler sistemle ilgili bu yolun renkli görmede rolü olduğu düşünülmektedir (125). İnce çizgilerde bulunan hücreler yöne duyarlı değildir; yanından fazlası renklere duyarlıdır (78). İnsanlarda yapılan pozitron emisyon tomografi çalışmalarında, renkli uyarı ile V1 ve V2 alanlarına uyan bölgelerde, ayrıca insanda V4 alanının yer aldığı düşünülen lingual ve fusiform girusta aktivasyon olmaktadır.

P kanalının P Tipi Gangliyon Hücreleri --> pLGN Parvoselüler Tabakaları --> V1 Alanı Interblob Bölgeler --> V2 Alanı Açık Boyanan Çizgiler --> V4 Alanı şeklinde ilerleyen yol yine ağırlıklı olarak inferior temporal kortekse projekte olur (Şekil 11).

V2 alanında açık boyanan çizgilerde bulunan hücreler yöne duyarlıdır, harekete duyarlı değildir. Bu hücrelerin yaklaşık yarısı ışığın dalga boyuna da duyarlıdır (62). Hücrelerin köşelere ve sınırlı çizgilere daha şiddetli yanıt verdikleri gözlenmiştir (78, 125). Bu yolun renkli şekil algısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir (152f). Böylece şekil algısında iki ayrı yolun varlığından bahsedilebilir. P sistemi ile

bağlantılı olan yol daha çok renkli şekil algısıyla, M sistemi ile bağlantılı olan yol ise hareketli şekillerin algılanmasıyla ilgili görünülmektedir (152f).

Derinlik algısı hem M sistemi (78), hem de P sistemi ile ilgilidir (121, 125). Retinaya düşen görüntü iki boyutludur. Her bir göz dünyayı hafifçe farklı açılardan görür. İki göz arasındaki bu eşitsizlik derinlik algısında kullanılır (67).

Yapılan son çalışmalar, M kanalıyla gelen uyarının zemin olarak, P kanalıyla gelen uyarıların ise figür olarak işlendiğini destekler niteliktedir (141).

5. Görsel Sistemde İntegrasyon:

Paralel yollarda işlenen ayrı modaliteler, tam bir görsel algı için integre edilmelidir (67, 127, 142a, 152i). Integrasyon, birbirine bağlantılı 3 basamakta gerçekleştirilir.

İlk işlem basamağında hücrelerin reseptif alanları giderek büyür ve görme alanının gitgide daha büyük parçalarından informasyon toplanır (67, 152i). Görsel sistemde en büyük reseptif alana sahip hücreler inferior temporal korteks ve posterior paryetal kortekste bulunur (86).

İkinci işlem basamağı birinci işlemle aynı zamanda olmaktadır. Bu basamakta hücreler gitgide daha kompleks ve spesifik uyarılara duyarlı hale gelmektedirler. Örneğin lateral genikulat hücrelerin spot ışığı şeklinde uyarılara yanıt vermesi, V1 alanındaki hücrelerin oryantasyon duyarlılıkları, V5 alanındaki hücrelerin hareket duyarlılıkları, inferior temporal korteks hücrelerinin kompleks şekillere ve posterior paryetal korteks hücrelerinin kompleks hareket şekillerine yanıt vermesi gibi (67, 86, 152i).

Üçüncü işlem basamağında, renk, biçim, hareket gibi değişik görsel modalitelerle ilgili değişik kortikal alanlardan gelen sinyaller bütünlendirilir (152i). Bütünlendirmenin, sinyallerin aynı hücre üzerinde bir araya getirilmesi ile değil; birbirine uzak hücrelerin senkron aktivitesi sonucu gerçekleştiği düşünülmektedir (127, 152i).

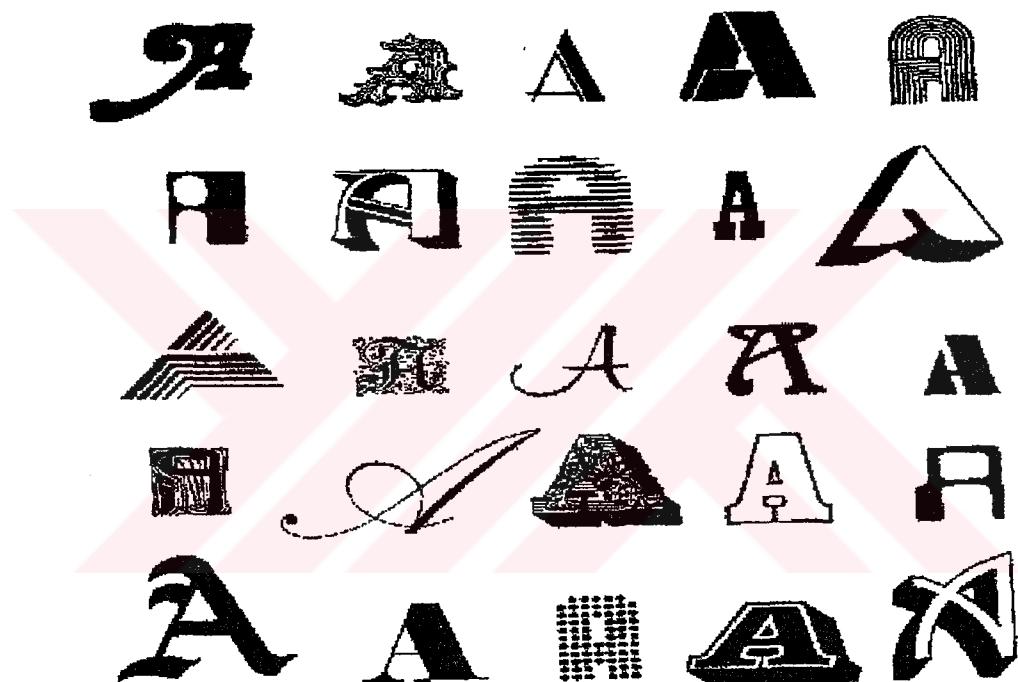
İntegrasyon ve tanıma arasındaki sınır belirsizdir. Tanıma integrasyon olmadan gerçekleşmez (152k). Tanımanın asosye eden ve filtre eden iki komponenti vardır (16a).

Objeler çeşitli zamanlarda, farklı aydınlanmalar altında, çeşitli renk, yön ve mesafelerden görülürler. Görsel sistem, dikkat fonksiyonu ile, obje hayalinden objenin tanınması için gerekli özellikleri filtreleyerek ayırır, rastgele unsurlar elenmiş olur (16a, 68). Böylece görüş açısı ve aydınlanma farkından bağımsız olarak, tanımağa katkıda bulunan sabit obje özellikleri depolanır (84b).

Objenin biçimini, yapısını, rengi ile ilgili özellikler inferior temporal lopla ilişkili görsel sisteme; yerleşimi, büyülüüğünü ile ilgili özellikler posterior paryetal lopla ilişkili görsel sisteme kodlanmaktadır. Görsel uyarı çeşitli basamaklarda işlenir, filtre edildikten sonra bu iki sisteme gönderilir, görsel bellekte en uyumlu olduğu depollanmış obje veya şekil hayalini aktive eder (68). Bu yolla farklı aydınlanmalarla farklı açılardan görülen objeler ve şekiller tanımlanabilir (16a).

Bağlantılı paralel sistemlerde, sistemlerin tek başlarına ortaya çıkaracakları bütünden farklı bir bütün elde edilir. Görsel sistem, çeşitli alanlardan gelen informasyonu basitçe toplamaz. Bunun yerine, görsel uyarı kodlarken, aktif bir şekilde, uyarıyı oluşturan parçalara sadık kalmaz. Görme alanındaki tamamlanmamış sınırlar, alanlar, beyin tarafından doldurulmaktadır. Örneğin, kör nokta zemin olarak algılanır. Bu olay, şekil tanımda önemlidir. Tamamlanmamış bir şeklin beyin

tarafından bütün olarak algılanması için eksik bölgelerin doldurulması gereklidir (Şekil 12). Bu, aktivasyonun uyarı almayan bölgelere yayılması anlamına gelmektedir. Birbiri ile bağlantılı paralel sistemlerde böyle bir işlem olasıdır. Böylece beyin sınırlı bir informasyonu global hale getirebilmektedir (143).



Şekil 12: Farklı şekillerde yazılmış A harfleri tanınımaktadır (16b).

B. KOGNİTİF YETENEKLERİN LOKALİZASYONU:

Beynin bazı alanları belirli bir fonksiyonu yerine getirmede özelleşmiştir. Özellestiği fonksiyonla diğer fonksiyonlara göre daha fazla ilgilidir. Bu, bir fonksiyonun tek bir bölgeye ait olduğu anlamına gelmez. Pek çok fonksiyon, değişik alanlardaki nöronların integre davranışlarını gerektirir (69). Ayrıca, kognitif fonksiyonların lokalizasyonu kişisel farklılıklar gösterebilir (95).

Kognitif yetenek; algı, dil, hareket, bellek ve düşünce gibi temel kapasitelerin kullanılması ve integre edilebilmesidir (84a).

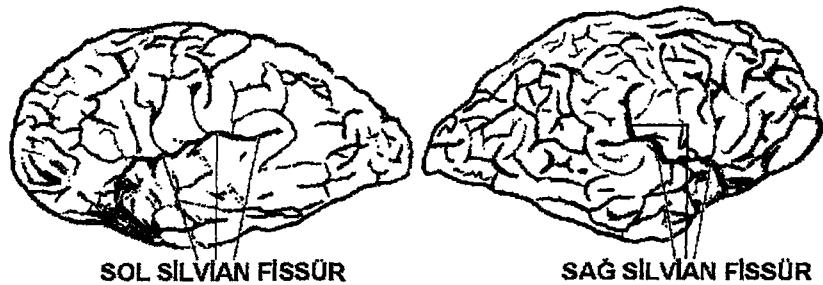
Kognitif fonksiyonların lokalizasyonu ile ilgili kanıtların çoğu asosyasyon alanları çalışmaları ile elde edilmiştir (69). Elektriksel uyarıları motor harekete yol açmayan (95) ve genel anestezi sırasında duysal uyarılar çağrılmış potansiyelle yanıt vermeyen korteks bölgelerine asosyasyon alanları denir (35c, 69). Kortekste, primer duysal alanlar çevrelerinde bulunan duyunun daha detaylı analizi ile ilişkili sekonder duysal alanlarla ve sekonder duysal alanlar da asosyasyon alanları ile bağlantılıdır (15b, 69). Asosyasyon alanları, kognitif fonksiyonların çeşitli yönlerinden birlikte sorumludurlar (69).

C. SEREBRAL ASİMETRİ:

1. Anatomik Asimetri:

İki hemisfer arasında ağırlık, hacim, beyaz ve gri cevher oranları, kortikal kalınlık farklarına yönelik çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Silvian fissür asimetrisi 1884'de Eberstaller tarafından tanımlanmıştır (38, 46). Silvian fissür genellikle solda daha

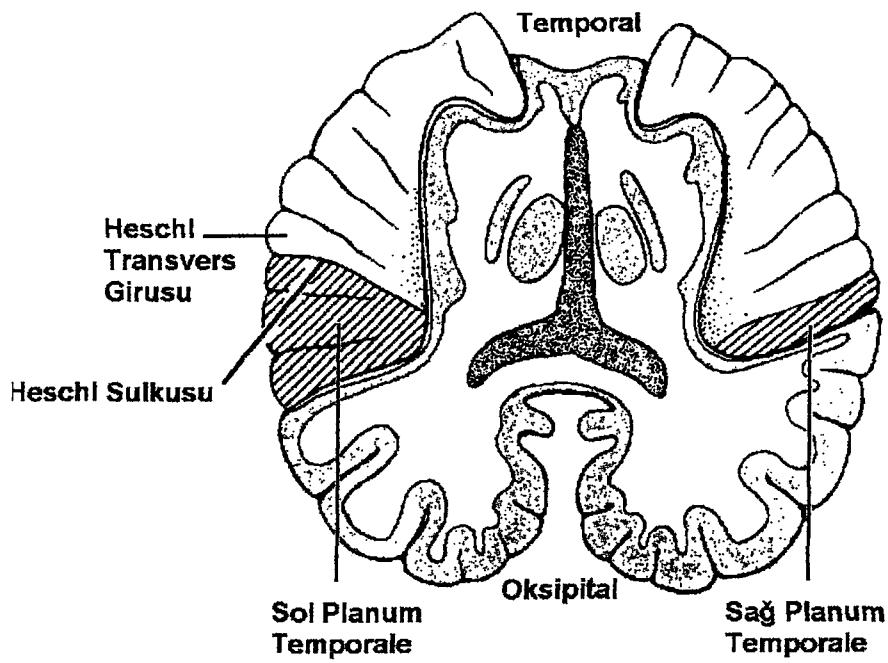
uzundur (38, 41, 57). Gestasyonun 16. haftasında silvian fissür asimetrisi gözlenmiştir (Şekil 13) (46). Bu asimetri silvian fissürün arka ucunda bulunan temporal ve paryetal bölgelerin görünümünü de etkiler (38, 55, 57).



Şekil 13: Silvian fissür asimetrisi. Silvian fissürün sol hemisferde uzun, sağ hemisferde kısa ve yukarı doğru kıvrılmış olduğu görülmektedir (36).

Silvian fissürün arka ucu ve santral sulkus arasında yer alan paryetal operkulumun solda daha büyük olduğu bildirilmiştir (57). Inferior paryetal lobilde bulunan küçük bir alan sağ tarafta daha büyütür (41, 46, 55). Bu bulgu, görsel-uzaysal yetenekler ve dikkat gibi sağ hemisfere lateralizasyonu ileri sürülen fonksiyonlarla ilişkili olabilir (46, 55).

Temporal lobun üst kısmına lokalize, Heschl girusunun (primer işitme alanı) hemen arkasında, silvian fissürün arka ucuna gömülü üçgen biçimindeki bölge planum temporale (PT) alanı olarak bilinir. Bu bölgede Wernicke alanı bulunur. Planum temporale bölgesinin insanların yaklaşık 2/3'ünde sol tarafta daha büyük olduğu gösterilmiştir (Şekil 14) (4, 36, 45, 46, 118). Fötal hayatta beliren (4, 36, 38, 46, 54c, 55) ve erişkin dönemine kadar hafifçe artan (55) planum temporale asimetrisi, sözel yeteneklerin fonksiyonel asimetrisiyle ilişkili olabilir (3, 33, 36, 38, 57, 83).



Şekil 14: Planum temporale asimetrisi (69).

Paryetal lobun arka alt kısmında yer alan angüler gyrus multimodal duysal nöronları içerir. Genellikle sol angüler gyrus daha büyüktür (38, 41, 46). Bu alanla sol PT büyülüğu arasında önemli bir pozitif korelasyon vardır (46). Prefrontal sulkusun önünde, motor kortekse bitişik, inferior frontal girusta bulunan Broca'nın motor konuşma alanının, genellikle sol hemisferde daha büyük olduğu bildirilmiştir (41, 46, 55).

Hemisferlerin anatomik asimetrisi ve fonksiyonel asimetri arasındaki bağlantı tam olarak anlaşılmış değildir (61).

2. Fonksiyonel Asimetri:

Kognitif yeteneklerin lokalize olduğu kortikal alanlar fonksiyonel olarak iki hemisfer arasında farklılık gösterirler (46, 69). Bir hemisfer belirli bir tip görevi yerine

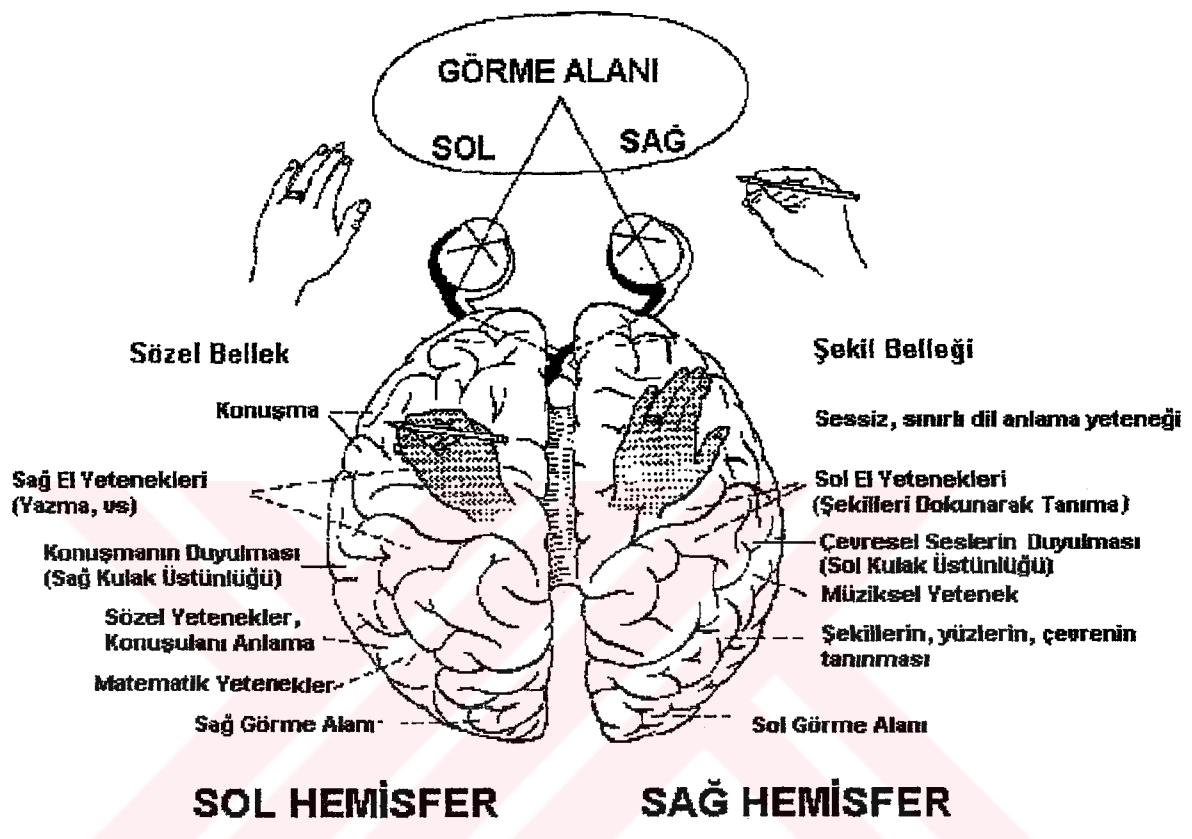
getirmeye veya informasyonu belirli bir yolla işlemeye özelleşmiştir (24). Kognitif fonksiyonların gerçekleştirilmesinde daha baskın rol alan hemisfere fonksiyonun lateralize olduğu söylenir (8, 11). Hemisfere o fonksiyon için dominant hemisfer denir (15b, 45). Yüksek fonksiyonların çoğu için dominant hemisfer ve lateralizasyon kavramından bahsedilebilir (15b). Bu, fonksiyonun bütünüyle bir hemisfere lokalize olduğu anlamına gelmemektedir. Bir fonksiyonun çeşitli yönleri için iki hemisfer de dominant olabilir (Şekil 15) (61).

İnsanlarda genellikle dilsel (8, 43, 60), aritmetik ve analistik fonksiyonlarda sol hemisfer baskındır (15b, 35c, 139). Bu kişilerde uzaysal algı (8, 37, 139), dikkat fonksiyonu (37, 46, 61, 140) ve müzikle ilgili yeteneklerin pek çok yönü sağ hemisfere lateralize olmuştur (15b, 16b, 60). Müziğin sözlerinin anlaşılması sol hemisfer lezyonlarında, melodinin anlaşılması sağ hemisfer lezyonlarında daha sık bozulmaktadır (122). Sağ hemisferlerine geçici olarak anestezi uygulanan kişiler monoton bir sesle, melodisiz şarkı söyleyebilirler (35c).

Ellerin kontrolü ile ilgili motor alanlar da genellikle sol hemisferde baskındır (54c). Bu kişilerde sağ el tercihi ile beraber sağ bacak ve sağ göz tercihi de sıktır (16b).

Sağ ve sol hemisferler afektif durumu düzenlemeleri açısından farklıdır (44, 46, 69). Sağ hemisfer emosyonların algılanmasında (9, 19) ve düzenlenmesinde dominanttir (58, 61). Sağ hemisferin negatif emosyonları, sol hemisferin pozitif emosyonları işlemeye özgü olduğu ileri sürülmektedir (119). Sağ hemisferin kısa süreli anestezisi sırasında geçici öfori, sol hemisferin kısa süreli anestezisi ile geçici depresyon gözlenmektedir (69). Deprese kişilerde sağ hemisferin ön tarafında aktivasyonun arttığı bildirilmiştir (25). Sol frontal lop lezyonlu hastalarda daha ciddi

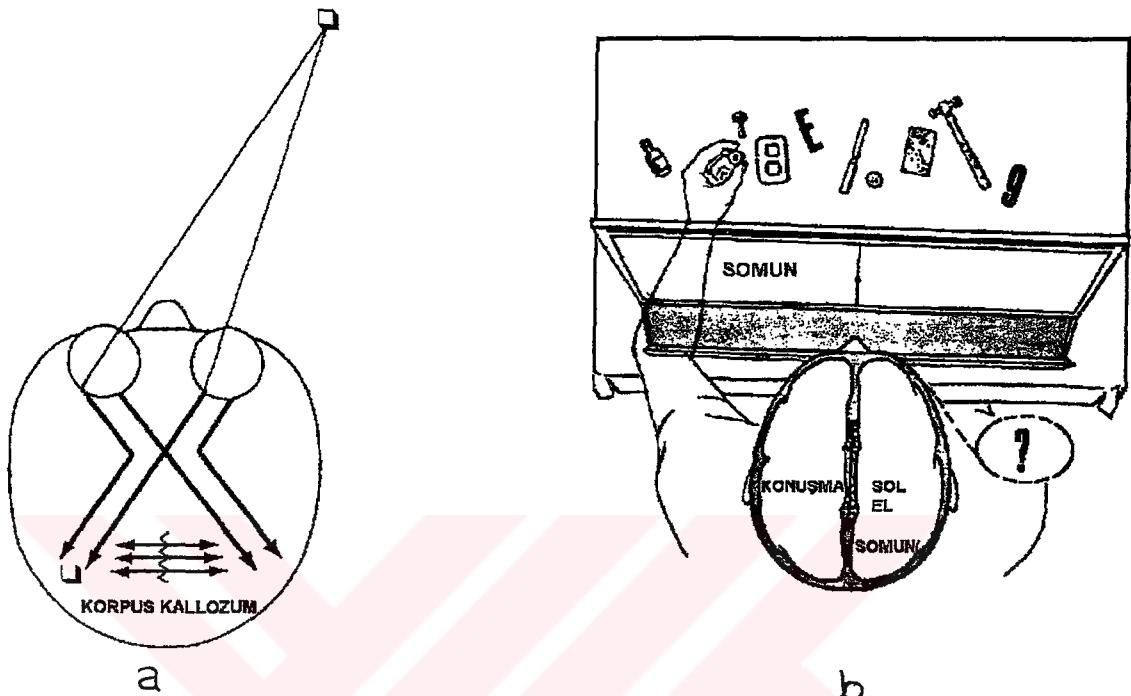
depressif semptomlar gözlenmektedir (24). Sağ hemisfer, sol görme alanına düşürülen yüz ifadelerini algılamakta sol hemisferden daha üstündür (19, 65, 93).



Şekil 15: Bazı kognitif fonksiyonların serebral lateralizasyonu (35c).

Korpus kallosum ve komissura anteriorun kesildiği kişilerde, iki hemisferin birbirinden bağımsız çalıştığı gösterilmiştir (16b, 35c, 44). Optik kiasma sağlam olduğundan, görme alanının tek tarafına düşürülen görüntüler yanlışca karşı taraf görme korteksine ilettilir (Şekil 16a). Bu hastalarda, motor görevlerle ilgili emir verme, duysal analiz, bellek, öğrenme ve temel aritmetik hesaplamalarda her iki hemisfer de yeteneklidir (16b, 83, 142b). Hasta sağ hemisferine düşürülen görüntüyü isimlendiremez, ancak sözel olmayan bir yolla ne gördüğünü tanımlayabilir (Şekil

16b) (35c, 44). Görev karmaşık analizler ve sonuç çıkarma ile ilişkili ise sağ hemisferin yeteneği çok sınırlıdır (44, 69).



Şekil 16: (a) Komissurotomili hastalarda, herbir hemisfer yanlış taraf görme alanından uyarı almaktadır (69). (b) Komissurotomili hasta, sağ hemisferi ile objenin ismini okuyabilmekte, anlayabilmekte ve sol eli ile objeyi seçebilmektedir. Ancak okuduğu objenin ismini söyleyememektedir (35c)

Izole hemisferlerin yeteneklerindeki belirgin farklara karşılık, bağlantılı sağ ve sol hemisferler tüm kognitif görevlerde birbirlerini tamamlamaktadırlar (69, 84a, 128).

3. Asimetri ile İlgili Teoriler:

Serebral fonksiyonların lateralizasyonunu açıklayan teoriler genelde nedenin, hemisferlerin asimetrik özelleşmeleri olduğunu ileri sürmektedir. Buna göre fonksiyonel asimetri hemisferlerin eşit olmayan yeteneklerinin sonucudur (108, 139, 150). Teoriler arasında asimetrinin baskın hemisferin gücünden çok diğer hemisferin

zayıflığı ile belirlendiğini ileri süren görüşler önemli yere sahiptir. Asimetri genellikle bir yeteneğin veya kortikal yapının bir tarafta kaybı ile beraberdir (4, 36).

Bir kortikal bölgenin iki hemisferdeki toplam alanı ile bu bölgenin anatomik asimetrisi arasında negatif bir korelasyon vardır (117). Planum temporale asimetrisine neden olan asıl faktörün sağ planum temporale büyülüüğü olduğu, sol planum temporale büyülüğünün değişmediği gösterilmiştir (4, 40, 41). Böylece PT asimetrisi sol tarafta en fazla olan bireylerin sağ-sol toplam PT alanları en küçüktür. PT asimetrisi az olan bireylerin ise toplam PT alanları büyüktür (40).

Sağ hemisfer sol hemisfere göre hızlı gelişmektedir (57, 38, 46). Sağ hemisfer sulkus ve girusları fotal hayatın daha erken evrelerinde ortaya çıkmaktadır (46, 57). Buna dayanılarak yavaş gelişen bölgenin büyük boyutlara eriştiği ve ilgili fonksiyonlarda daha iyi olduğu ileri sürülmüştür (38, 46). Böylece sol taraf fazla büyümekte ve nöronal bağlantılar için sağa göre daha uygun hale gelmektedir (55). Nöronların gelişmeleri sırasında bağlantılarını kurmak için birbirleriyle yarıştıkları ve başarısız nöronların yaşam sürelerinin kısa olduğu bilinmektedir (46, 57). Asimetrik bölgelerde küçük olan alanın daha az nöron içerdiği gösterilmiştir (36, 43, 117).

Nöronal göç sırasında ya da hemen sonrasında iki hemisferin PT alanları yaklaşık olarak aynı büyüklüktedir. Daha sonra sağ PT'de hücre kaybı gelişir (4, 46, 55). Eğer hücre kaybına neden olan faktörler herhangi bir şekilde engellenirse iki PT yaklaşık aynı büyüklükte olur. Bu durum, anatomik asimetrisi belirsiz bireylerde sözel yeteneklerin lateralizasyonunun daha az oluşunun nedeni olabilir (4, 55).

Serebral asimetride genetik faktörlerin etkili olduğunu düşündüren kanıtlar vardır (15b, 46). Annett'in görüşüne göre, insanların bir kısmında konuşmanın ve el tercihinin hemisferler tarafından kontrolü tamamen tesadüfidir. Bu grupta rastgele olarak, sağ hemisfer ya da sol hemisfer konuşma ve el tercihi için baskın olabilir (46).

Geri kalan grupta baskınlık genetik bir faktöre bağlıdır. Genetik etken beyin gelişiminin kritik bir döneminde her iki hemisferde de bazı nöronların yokmasına neden olan faktörlerin sağ hemisferi daha çok etkilemesine yol açar, böylece sağ hemisferin motor ve sözel kontrol yeteneğini azaltır, çeşitli derecelerde sol hemisfer baskınlığı oluşur (3, 84c).

Geschwind'in teorisine göre, beynin gelişimi temelde konuşmanın ve el tercihinin sol hemisfere lateralizasyonuna yöneliktir (46). Genetik faktörlere ek olarak bir faktör, olasılıkla testosterone, gelişim sürecinin kritik bir döneminde sol hemisferdeki bazı bölgelerin gelişimini daha fazla bloke eder. Bunun nedeni bu bölgelerin farklı duyarlılığı olabilir. Aşırı testosterone etkisi konuşmanın ve el tercihinin sol hemisfere lateralizasyonunun azalmasına, hatta kaybolmasına neden olacaktır (40, 46, 57).

Geç fotal ve erken postnatal dönemde, doğal kısmi kallozal bağlantı kaybının hemisferik asimetrinin oluşumunda etkisi olduğu ileri sürülmüştür (145, 147). Bu kayıp hücre ölümüne (41, 46, 147) veya hücre ölümü olmaksızın akson kaybına bağlı olabilir (57, 147). Nöronal aktivite bazı sinapsları stabilize ederken bazı sinapsların aksonal bağlantıları ile birlikte yok olmalarına aracılık eder (55). Kallozal akson kaybının postnatal aktiviteye bağlı etkilerin, genetik ve prenatal epigenetik faktörlerin kombinasyonu sonucuoluğu düşünülmektedir (41, 44).

Fonksiyonel lateralizasyonda serebral hemisferlerin asimetrik özelleşmelerinin asıl faktör olduğunu ileri süren teorilere ek olarak, korpus kallozumun iki hemisfer arasında integrasyon görevinden başka inhibitör etkisinin de olduğu ortaya atılmıştır (18, 22, 108). Bazı komissurotomili hastaların sağ hemisfer sözel yeteneklerinin, sol hemisfer hasarlı afaziklerin sözel yeteneklerinden daha iyi olduğu gözlenmiştir. Sol beyin lezyonlarda kısmen sağlam kallozumun buna neden olduğu ileri

sürülmektedir. Buna göre, bir hemisferde özellikle belirli bir informasyonu işlemeye uygun serebral yapı, diğer hemisferdeki simetriği olan bölgenin aynı informasyonu aynı şekilde işlemesini inhibe eder; ancak simetrik bölgenin informasyonu başka bir yönde işlemesini engellemez. Böylece bir uyarının işlenmesinde dominant olan hemisfer hasarlandığında, karşı hemisferin inhibe olmuş kapasiteleri serbest kalır (108).

Beynin büyülüğü gözönüne alındığında, geniş intrakortikal bağlantıları gerektiren yüksek fonksiyonların çeşitli yönlerinin hemisferlere lateralize olması önemli bir kazanç sağlamaktadır.

4. El Tercihi-Serebral Asimetri İlişkisi:

Hemisferler arasındaki fonksiyonel ve anatomik farklılıklar ile el tercihi ve cinsiyet arasında ilişki olduğu ileri sürülmektedir (46, 57, 60, 128).

Aşırı sağlaklıarda silvian fissürün sol hemisferde uzun oluşu belirgindir. Solak ve iki elini kullananlarda ise silvian fissür sağlaklıara göre daha simetiktir (4, 41). Sağ el tercihi ve sol PT büyülüğü arasında belirgin bir ilişki saptanmıştır. Her iki değişkene de benzer faktörler etki ediyor olabilir (4).

Sağlıklık ve konuşmanın sol hemisfer baskınılığı arasında da ilişki vardır (4, 16b, 61, 87). Sağlakların büyük bir kısmında sözel yeteneklerin çoğu sol hemisferde lateralizedir. Solak ve iki elini birden kullananlarda bu oran biraz düşmektedir; sağ hemisfer baskınılığı ve bilateral temsil oranı artmaktadır (55, 84a, 145). PT ile ilgili lifleri içeren korpus kallosum bölgelerinin sağlaklıarda, solak ve iki elini kullananlara göre daha küçük olduğu bulunmuştur (3, 41, 145, 146). Bu durum, sözel fonksiyonların solaklarda daha bilateral temsili ile ilişkili olabilir.

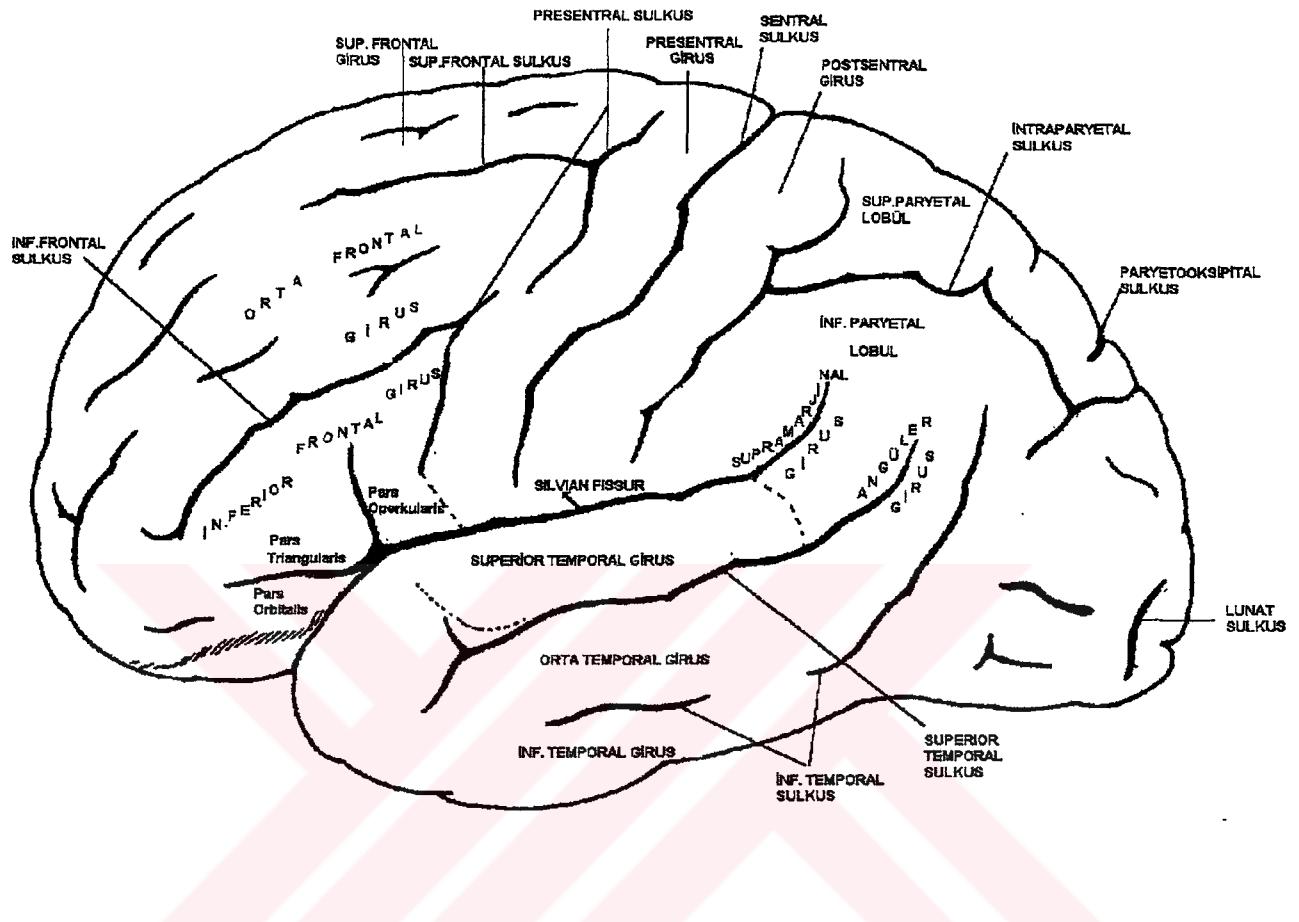
D. SÖZEL YETENEKLERLE İLGİLİ KORTİKAL ALANLAR:

19. yüzyılda ortaya atılan ve geliştirilen klasik görüşe göre, sözel fonksiyonların gerçekleştirilmesi ile ilgili, aralarında tek yönlü bağlantıların olduğu, az sayıda birbirinden bağımsız merkez vardır (23). Bu görüş, sözel fonksiyonların ilgili kortikal merkezlerde seri olarak işlendiğini ileri sürmektedir (96, 102). Ancak yapılan çalışmalar, sözel fonksiyonların serebral korteksin pek çok alanından, subkortikal çekirdekler ve karşılıklı bağlantıyı sağlayan yollardan oluşan bir ağın senkronize aktivitesi ile gerçekleştiğini göstermektedir (23). Buna göre, işitilen veya görülen kelimeler modalite-spesifik kodlara dönüştürüülüp ayrı paralel yollarda işlenir (26, 96, 102).

İnsan beyinde bazı kortikal alanlar sözel fonksiyonlarda kritik öneme sahiptir. Bu alanlar; perisylvian korteks, inferior frontal girusta pars opercularis ve pars triangularis, süperior temporal girusun arka kısmı, inferior paryetal lobünde angüler ve supramarginal giruslar, suplementer motor kortekste süperior frontal girus, arkuat fasikülüs ve suplementer motor kortekste perisylvian dil alanlarını bağlayan beyaz cevher bölgeleridir (Şekil 17) (23, 36).

İnsanların çoğunda sözel yeteneklerin kognitif yönü sol hemisfere lateralize olmuştur (6, 23, 27, 35c, 83, 97). Sözel kognitif fonksiyonlarla ilgili alanların sağ hemisfer karşılıkları, dilin emosyonel yönlerinin anlaşılmasından sorumlu olabilir (6, 23, 83, 122). Sağ hemisferin çoğunlukla konuşmadığı (16b, 35c, 43), buna karşılık çok basit sözel uyarıları işleyebildiği gözlenmektedir (6, 83, 84a). Komissurotomili hastalarda basit kelimeleri, obje isimlerini sağ hemisfer anlayabilir (6, 30). Pozitron emisyon tomografi çalışmalarında, sözel fonksiyonlar sırasında sağ üst temporal

alanın (sol hemisferdeki karşısından daha az olmak üzere) aktive olduğu gösterilmiştir (27).



Şekil 17: Sol hemisferin yandan görünüşü (144).

Süperior temporal lobun arkasında bulunan Wernicke alanı işitilen seslerin kelime formuna dönüştürüldüğü alandır (23, 54c, 64, 83, 122, 142b). Wernicke alanı konuşmanın anlaşılmasına ile ilgili nöronal ağın bir parçasıdır (23, 27). PET çalışmalarında, kelimelerin iştilmesi sırasında, primer ve sekonder işitme alanlarına ek olarak Wernicke alanına uyan sol üst temporal girusta ve temporoparyetal bölgede kan akımının artışı gösterilmiştir (27, 64). İşitilen kelimelerin anlamlandırılması sırasında sol temporoparyetal korteksin aktive olduğu bildirilmiştir (101).

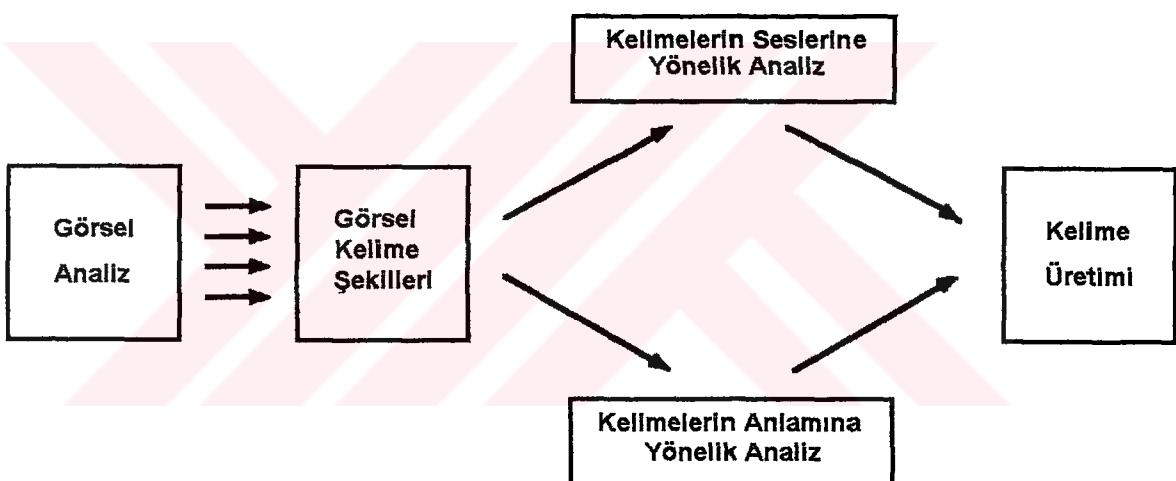
Wernicke alanının hasarlanmasında genellikle hastanın işitme yeteneği bozulmaz, kelime olmayan seslerin algılanması normaldir, ancak konuşma anlamsız gürültüler olarak algılanır (35c). Hastalar kelimeleri kullanarak bir düşünceyi ifade edemez, anlamsız konuşurlar (23, 54c, 83).

Konuşma sırasında Broca'nın motor konuşma alanında kan akımı artışı gösterilmiştir (27, 34, 102). Bu alanı için alan geniş bir bölge kelime artikulasyonu için hafıza deposudur. Çoğunlukla sol tarafta Broca alanını içine alan bölgenin hasarlanmasında, anlama yeteneği normaldir, ancak kişi ya hiç konuşamaz veya konuşması çok yavaştır, kelimelerin eklerini kullanamaz (23, 35c, 54c, 83). Lezyon yanlış Broca alanındaaysa klinik bulgular hafifdir (23). Buna karşılık sağ hemisferin ön tarafındaki lezyonlarda, konuşmanın tonlaması ve melodisi bozulmakta, monoton konuşma gözlenmektedir (6, 35c, 83).

Suplementer motor alanı ve anterior singulat girusu içine alan sol hemisfer frontal lobunun iç yüzeyindeki alanlar, konuşmanın başlatılmasında ve sürdürülmesinde rol alırlar (23, 96). Sağ hemisfer lezyonlu hastaların sözel olmayan materyali (örneğin çizilmiş şekilleri, iki melodi arasındaki benzerliği), sol hemisfer lezyonlu hastaların işitsel veya görsel sözel materyali hatırlayamadıkları gösterilmiştir (69, 106, 122). Kelime sözlüğü genellikle sol hemisferdedir (43). Sol hemisferde anterior temporal bölgeye elektrik akımı uygulanması, sözel hafızayı etkiler; silvan fissür çevresinin, özellikle temporal lobun alt yüzeyindeki fusiform girusun elektriksel uyarımı isimlendirmeyi bozar (95). Bu alandaki nöronların çoğunu isimlendirme ve sözel hafıza ile ilgili görevlerde aktivasyonlarının değiştiği gözlenmiştir (96). Sol medial temporal lop lezyonlarında da sözel hafızanın etkilendiği bildirilmiştir (94).

Okuma yeteneği ile ilgili olarak, Geschwind 1979'da, okunan kelimelerin işitilen kelimeler gibi ses kodlarına çevrildikten sonra tanınıp anlaşıldığını ileri sürmüştür

(64). Ancak, işitsel kelime kodları ile görsel kelime kodlarının ayrı kortikal lokalizasyonları ile ilgili bulgular vardır (101, 102). Kelimeler, oluşturan harflerin tek tek okunmasından çok daha hızlı okunmaktadır. Böylece kelime şekillerinin bütün olarak depolandığı görüşü ortaya atılmıştır (Şekil 18) (84e). PET çalışmalarında, işitsel kelime sözlüğünün solda, Wernicke alanına uyan bölgede olduğunu destekleyen bulgular elde edilmiştir. Kelimelerin okunması sırasında bu alanda aktivasyon değişikliği izlenmemektedir (64).



Şekil 18: Okuma sürecinin, genel olarak kabul edilen temel akış şeması (84e).

Okuma yeteneği ile ilişkili olduğu ileri sürülen angüler girus, sol posterior paryetal bölgenin en alt kısmında yer alır. Wernicke alanı ile komşudur ve görme alanları ile kaynaşmıştır (54c). Frontal konuşma alanları ile bağlantılıdır (38). Angüler

girus işitsel, görsel, taktil bilginin asosyasyonu ile ilgilidir (35c, 83). Angüler ve supramarginal girus lezyonlu hastalar okuyamaz ve yazamazlar; kelimeleri görür, kelime olduklarını bilir, anımlarını yorumlayamazlar (54c, 83). Kabartma harfleri okuyamazlar. Semboller dile çevirememektedirler (35c, 83).

E. UZAYSAL-GÖRSEL YETENEKLERLE İLGİLİ KORTİKL ALANLAR:

Sekonder görsel alanlar, posterior inferior temporal kortekste ve posterior paryetal kortekste bulunan başlıca iki ana görsel asosyasyon alanına projekte olurlar. Bu iki alanın sırasıyla uzaysal-görsel algıya ve biçim ayırdetme ile objelerin tanınmasına (133) özelleştiği genel olarak kabul edilmektedir (68, 86, 115).

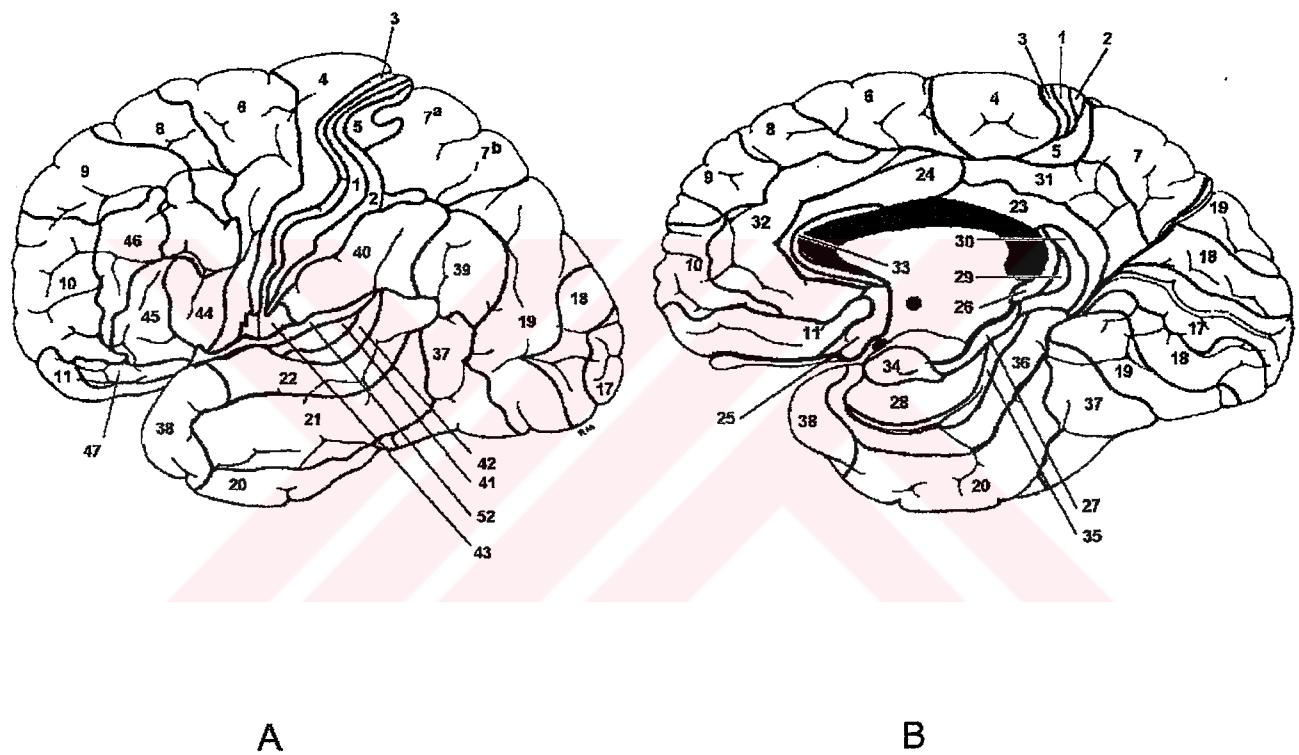
Kognitif görevler verilerek beyin kan akımı artışının gözlendiği çalışmalarında, uzaysal-görsel görevler sırasında posterior süperior paryetal korteks ve posterior inferior temporal korteks aktivasyonu bildirilmiştir (34, 51).

1. Posterior Paryetal Korteks:

Posterior paryetal korteks asosyasyon alanlarının özelliklerine sahiptir. Motor hareketlerin şekillenmesinde kullanılmak üzere farklı duysal modalitelerden aldığı impulsları integre eder (2, 81).

İnsanlarda posterior paryetal korteks, üstte 5. ve 7., alta 39. ve 40. Brodmann alanlarını içerir (Şekil 19 a,b) (47). 5. alan inputunun çoğunu primer duysal korteksten alır. Premotor ve motor kortekse, temporal kortekse projekte olur. Bu alan, somatik duysal uyarıları harekete yönelik olarak işler (35c). 7. alan inputunun çoğunu sekonder görsel alanlarından ve subkortikal bölgelerden alır (2, 47). Sekonder

görsel alanlardan aldığı görsel bilgileri, 5. alandan gelen somatosensoryal bilgilerle ve 22. alandan gelen işitsel uyarılarla integre eder (47), temporal korteksin limbik yapılarıla ilişkili bölümlerine ve görsel hafıza ile ilgili parahipokampal girusa projekte olur.(106) Dikkatin görme alanına yoğunlaştırılmasında rol alır (68).



Şekil 19: İnsan beyninde Brodmann tarafından tanımlanan alanlar. (A) Üst-dış görünüş; (B) iç yüzün görünüşü (144).

Inferior paryetal bölgenin genel bir görsel asosyasyon alanı olduğu ileri sürülmektedir (79). Bu alan, maymunlarda uzaysal-görsel yeteneklerle ilişkisi bilinen süperior temporal sulkus ve 7. alanın insanlardaki karşılığı olabilir. Uzaysal dikkatle ilgili nöronal sistemleri içermektedir (56, 71, 115, 148). Objeler ve basit şekiller

gösterilerek beyin aktivasyonunun magnetoensefalografi ile incelendiği bir çalışmada inferior parietal lobun aktive olduğu bildirilmiştir (79).

Posterior parietal bölge lezyonlu hastalar görsel uzaysal yetenek kayıpları ile ilişkili olarak yollarını bulamazlar, harita okuyamazlar, objelerin birbirine göre uzaklıklarını algılayamazlar. Derinlik algısı bozulmuştur (16b, 35c). Uzaysal hafıza etkilenir; uzaysal ilişkileri içeren model veya çizim problemlerini çözemezler, uzaysal dikkat dağılımında bozukluklar gözlenir (2, 30). Hastalar lezyonun karşı tarafındaki vücut kısımları ve dış dünya yokmuş gibi davranışları (16b, 17, 35c, 54c, 69, 86). Somatik ve görsel uyarıları doğru olarak alırlar, ancak uyarıyı uzaysal koordinatlara doğru olarak yerleştiremezler (35c, 47, 69); lezyonun karşı tarafındaki hareket, somatik ve görsel uyarıların rehberliğinde hedefe ulaşırılamaz (2, 35c, 84d).

2. Inferior Temporal Korteks:

Temporal lobun amigdala, hipokampus ve asosyasyon korteksi gibi yapıları bellek fonksiyonunda, emosyonların algılanmasında, kompleks görsel işlemlerde önemlidir (124). Maymunlarda, görsel bilgilerin depolandığı medial temporal lop, hipokampus ve ilgili diğer kortikal alanlar (68, 88), tanımayla ilişkili asosyasyon alanları ile karşılıklı olarak bağlantılıdır (137).

Inferior temporal korteks başlıca V2 ve V4 alanlarından (133), parietal korteksten ve pulvinardan (35c), temporal loptan, parahipokampal girustan, frontal loptan impuls alır; bu alanlara projekte olur (88). Böylece görme kortekslerini, limbik sistemleri (133) ve yüksek kognitif yeteneklerin integrasyonu ile ilgili olduğu düşünülen frontal lobu birbirine bağlar (35c, 88, 107). Görsel öğrenme ve görsel bellekle ilişkilidir (116). Görsel olarak algılanan bir objenin büyüklüğü, rengi, dokusu

ve şekli gibi fiziksel özelliklerinin, prestriat-posterior temporal korteksin çeşitli bölmelerinde analiz edildiği (88, 133), inferior temporal korteksin ön kısımlarının bu analizleri yeniden tek bir konfigürasyon halinde sentezlediği ve objelerin görüntülerinin, farklı görünümlerinden bağımsız prototipler halinde depolandığı ileri sürülmektedir (59, 88, 133).

PET çalışmalarında, renklere ve şekillere dikkat sırasında inferior temporal kortekste aktivasyon olduğu gözlenmektedir (86). Inferior temporal korteks nöronları objenin farklı görüntülerine benzer yanıtlar vermektedirler (131). Böylece inferior temporal korteks, çeşitli şekillerde görülen objelerin tanınmasına aracılık etmektedir (59, 88, 133) .

Görsel obje tanıma görevi sırasında orta temporal girus ve oksipitotemporal bölgenin kanlanmasında artış olduğu gösterilmiştir. Bu alanlar, insanda inferior temporal asosyasyon alanı ile ilgili görsel sistemin parçası olabilirler (68).

Inferior temporal lop lezyonlarında tamamen görsel yetenekler etkilenir. Görsel ayırdetme yeteneği bozulur (86, 88, 133), diğer duyularla ilgili ayırdetme yetenekleri ve primer görme duyusu sağlamdır (35c, 88). Görsel hafıza etkilenir (86). Sözel olarak kodlanamayan kompleks görsel şekilleri ve objeleri tanıma yeteneği azalır (88, 107, 133).

Inferior temporal lobun yüz tanımda rolü çeşitli hayvan ve insan çalışmalarında gösterilmiştir (124). Maymunlarda, inferior temporal kortekste özellikle yüz ve el görüntülerine duyarlı nöronlar bulunmaktadır (59, 79, 86, 88, 116, 124, 133). İnsanlarda, orta temporal girusta diğer görsel uyarılarından etkilenmeyip yalnızca insan yüzlerinden etkilenen alanların varlığı gösterilmiştir (79).

İnsan lezyon çalışmaları, yüz tanıma ile ilişkili kritik alanların inferomedial temporal lobun arka tarafındaki lingual-fusiform alanlara doğru uzandığını desteklemektedir (124).

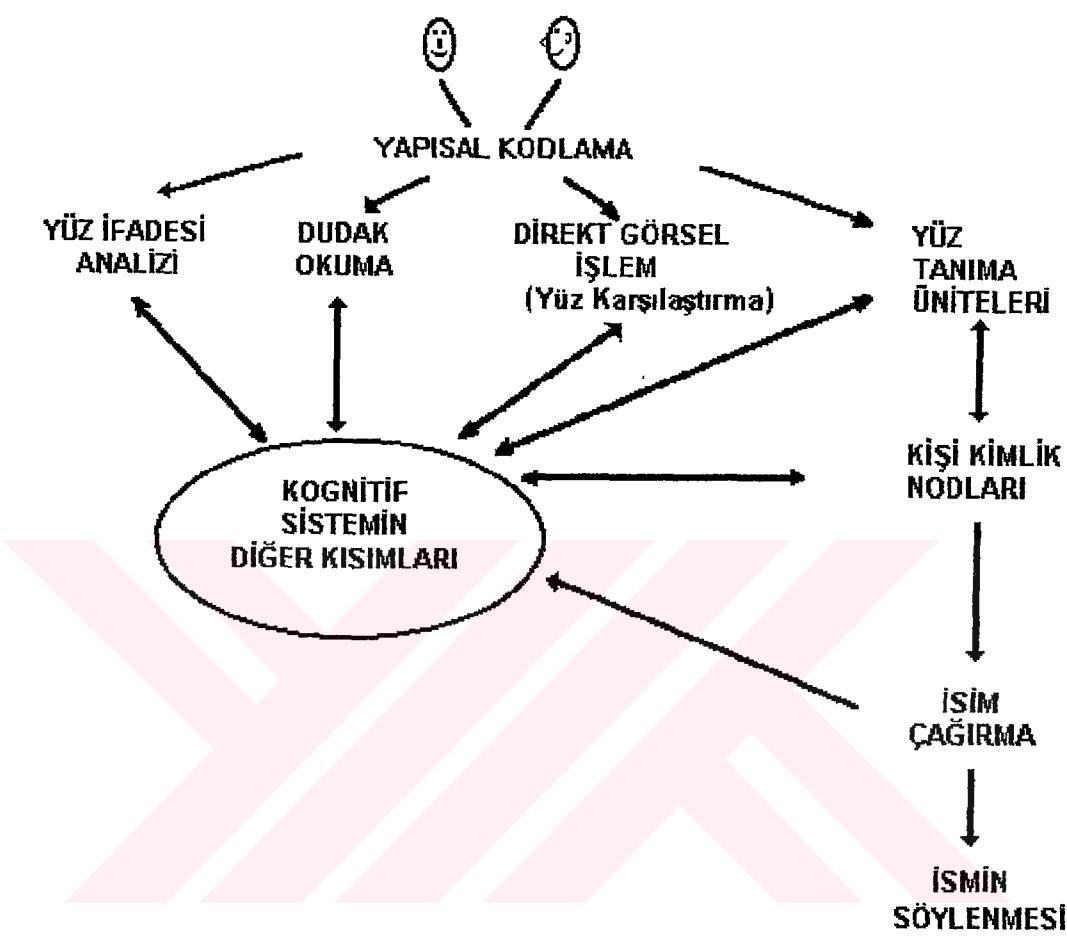
İnsanlarda yüzlerin görsel işlenmesi yeteneğinin, kompleks şekillerin görsel işlenmesi ile ilgili genel bir sistemin parçası (75, 29) değil, büyük ölçüde bağımsız bir kognitif fonksiyon olduğunu destekleyen bulgular vardır (5, 31, 84c, 85, 94, 110, 137).

Bruce ve Young adlı araştırmacılar 1986 yılında görsel yüz uyarlarının işlenmesi ile ilgili bir hipotez geliştirdiler (Şekil 20) (12).

Bu hipoteze göre yüz ile ilgili görsel impulslar önce yapısal olarak kodlanmakta, daha sonra yüz ifadelerinin tanınması, yüzlerin tanınması, yüzlerin karşılaştırılması ve dudak okuma yetenekleri ayrı paralel sistemlerde işlenmekte ve ilgili kognitif sistemlere gönderilmektedir (12, 98). Bu yeteneklerin ayrı ayrı etkilendiğini gösteren lezyon çalışmaları (5, 12, 13, 66, 84c, 85, 98, 107, 124, 137) ve sağlıklı insanlarda yeteneklere ait farklı aktivasyon alanlarının varlığı (124), hipotezi desteklemektedir.

Yüzlerin yapısal özelliklerinin kodlanmasıından sonra, gerekli bilgiler yüz hayalının daha önceden tanınan yüz kodları ile karşılaştırıldığı yüz tanıma Ünitelerine gönderilmektedir.

Kişi kimlik Ünitelerinde, tanıdık olduğu belirlenen yüze ait nerede karşılaşıldığı, arkadaşlarının kimler olduğu gibi ayrıntılı bilgiler hatırlanmakta ve sonra isimlendirme fonksiyonu gerçekleştirilmektedir. Hipoteze göre görülen yüzün tanıdık olup olmadığına, kişi kimlik kodlarından önceki ilk basamaklarda karar verilmektedir (12).



Şekil 20: Bruce ve Young'a göre, yüzlerle ilgili informasyonun işlenme süreci (84c).

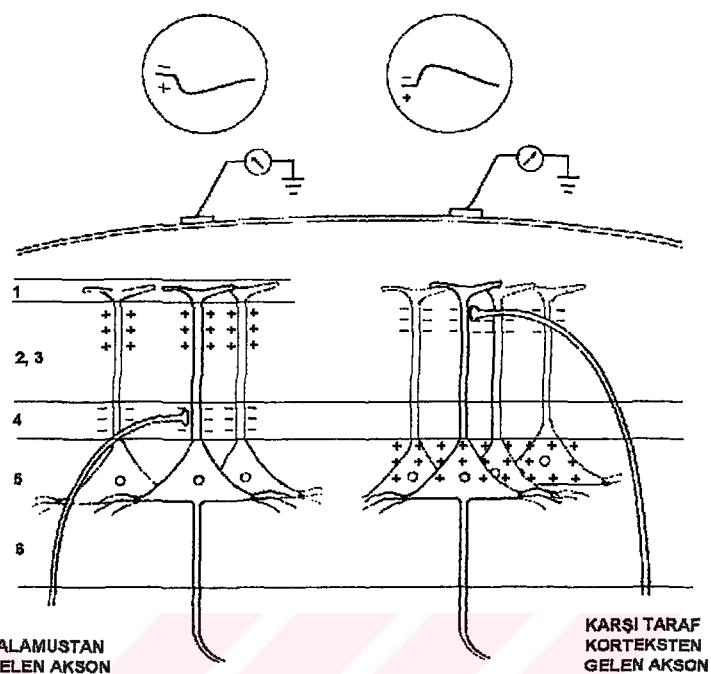
F. EEG VE SEREBRAL ASİMETRİ ÇALIŞMALARI:

Elektroensefalografi (EEG), beynin elektriksel aktivitesi sonucu oluşan potansiyel değişikliklerinin kafa derisi üzerine yerleştirilen elektrotlarla kaydedilmesi işlemidir (1, 80, 99). EEG ucuz ve kişiye zarar vermeyen bir yöntem olarak klinikte ve araştırmalarda kullanılmaktadır (1, 99).

EEG potansiyellerinin frekans karakteristiklerinin aşırı derecede kompleks oluşuna ve genliklerinin kısa zaman aralıklarında büyük ölçüde değişmesine karşılık bazı tipik dominant frekans bandları ve genlikleri gözlenmektedir (80). Bunlar alfa dalgaları (8-13 Hz), beta dalgaları (13 Hz ve üstü), delta dalgaları (0.5-4 Hz) ve teta dalgaları (4-7 Hz) olarak isimlendirilmiştir. Genliği en düşük dalga gurubu betadır, delta ve teta dalgalarının genlikleri ise diğer iki guruba göre yüksektir (80, 99).

1. EEG'de Kaydedilen Aktivite:

EEG'de, büyük hücre topluluklarının aktivitesinden kaynaklanan iyon akımlarının ekstraselüler sıvıda neden olduğu potansiyel dalgalanmaları kaydedilmektedir (80, 99). EEG' de gözlenen periyodik olmayan ritmik aktivitenin önemli ölçüde kortikal nöronların postsinaptik potansiyellerinden kaynaklandığı hayvan deneylerinden elde edilen kanıtlarla desteklenmektedir (1, 80). Bu nöronlar, kortekse dik olarak yerleşmiş ve yüzeye doğru uzanan apikal bir dendritleri olan piramidal nöronlardır (Şekil 21). Subkortikal yapıların veya korteks yüzeyine horizontal olarak yerleşmiş hücrelerin nöronal aktivitesiyle oluşan potansiyeller EEG' de kaydedilen aktiviteye hiç ya da çok az katkıda bulunurlar (1, 80).



Şekil 21: EEG potansiyellerinin oluşumunda piramidal nöronların apikal dendritleri üzerinde gerçekleşen postsinaptik potansiyellerin rolü görülmektedir (80).

Tek bir nöronda gerçekleşen aksiyon potansiyelinin veya sinaptik olayların neden olduğu potansiyel değişikliği makroelektrotlarla kaydedilemeyecek kadar küçüktür (127). Kafa derisinden kaydedilen bir kortikal potansiyelin büyüklüğünde, elektrotun görüş alanındaki eş zamanlı sinaptik olayların gerçekleştiği nöron sayısı önemlidir. Ayrıca, sulkal girintilerden gelen potansiyeller, yüzeyden gelenlere göre daha zor kaydedilmektedir (1).

EEG'deki dalga şekilleri kabaca senkronize ve desenkronize aktiviteler olarak ikiye ayrılır. Alçak frekanslı ve yüksek genlikli dalgaların varlığı senkronize aktiviteyi göstermektedir. Desenkronize aktivite ise, daha yüksek frekanslı ve düşük genlikli EEG dalga şeklinin senkronize dalgaların yerini aldığı anlamına gelmektedir (129). Potansiyel dalgalanmalarının frekanslarının arttıkça genliğin azalması, frekansı

yüksek aktiviteye katılan nöron sayısının, düşük frekanslı aktivitelere katılan nöron sayısından az olduğunu göstermektedir (127). Böylece, EEG senkronizasyonu sırasında, kafa derisine yerleştirilen makroelektrotlarla kaydedilecek kadar büyük toplu sinaptik olayların varlığı ve çok sayıda nöronun birlikte aktivasyonu ileri sürülmektedir (129).

EEG'de gözlenen kortikal ritmik aktivite, beyin sapından talamusa ve neokortekse gelen spesifik olmayan projeksiyonların, talamustan gelen spesifik uyarıların, limbik sistem projeksiyonlarının ve kortikokortikal sinaptik olayların etkisi altındadır (127, 129). Yavaş dalgaların blokajının altında yatan mekanizma, beyin sapından ve bazal ön beyinden çıkan kolinergic projeksiyonlara dayanmaktadır. Uzun süredir ileri sürülmekte olan kolinergic aktive edici sistem hipotezi deneysel kanıtlarla da desteklenmektedir. Beyin sapından talamusa ve bazal ön beyinden talamus ve serebral kortekse kolinergic projeksiyonlar gösterilmiştir (129).

15 Hz üzerindeki yüksek frekanslı desenkronize aktivite, insanlarda dikkatin odaklandığı (127, 129) veya yeni ve karmaşık bir hareketin gerçekleştirildiği durumlarda gözlenmektedir (127). EEG'deki desenkronize aktivite sırasında, beynin laminar organizasyon gösteren neokortex gibi yapılarında bulunan bazı nöron grupları yüksek frekanslı senkronize aktivasyon göstermektedirler (127, 129).

Düşük frekanslı senkronize kortikal aktivitenin informasyonları işlemeye elverişsiz olduğu düşünülmektedir. Koma, derin uykü ve genel anestezi durumlarında EEG'de gözlenen düşük frekanslı senkron aktivite bu görüşü desteklemektedir. Daha küçük nöron grupları ile ilgili yüksek frekanslı aktivite uyanık durumda gözlenmektedir; motor ve duysal işlemlerle ilişkilidir (127). Diğer yandan, neokortikal örtünün geniş bölgelerinde desenkronize dalgalar gözlenirken, aynı anda

hipokampus, entorinal korteks ve bağlantılı alt sistemler senkronize teta dalgaları göstermektedirler (129).

Kortikal aktivite, inhibitör ve eksitatör mekanizmalar arasındaki karşılıklı etkileşimlerin sonucudur (127). Etkileşimler, bir nöron üzerinde eksitatör ve inhibitör membran iletkenliği değişiklikleri şeklinde olabilir. Bu durumda 'pacemaker' aktiviteden söz edilebilir (127, 129).

Kortikal aktivite, subkortikal mekanizmalarla fonksiyonel birlikteliği düşündüren düzenli bir ritme sahiptir. EEG' de kaydedilen belirli ritmik kortikal aktiviteler için retiküler talamik nükleusun pacemaker olabileceği düşünülmektedir (1, 129). Bu çekirdek, projeksiyonları kortekse olan bütün talamik nükleuslara ritmisitenin yayılmasını sağlamak için gerekli bağlantılarla sahip homojen nöronları içerir (129).

Kortikal aktivite, pacemaker hücre gruplarından başka, büyük nöron havuzlarındaki sinaptik etkileşimlerin sonucu da olabilir (127, 129). Genel olarak EEG' de gözlenen aktivitede nöronal ağlar ve pacemaker aktivitesi beraber rol alırlar (127).

2. Kantitatif EEG ve Frekans Analizi:

Bilgisayarların son yıllarda EEG işleminde kullanılmaya başlanmasıyla çok sayıda kanaldan kayıt alınabilmekte, veriler uzun süre saklanabilmekte, istenilen kayıt bölümleri daha geniş zaman aralığında ayrıntılı olarak incelenebilmektedir (91). Böylece, beynin elektriksel aktivitesindeki genlik ve frekans değişiklikleri hakkında milisaniyeler boyunca bilgi edinilebilmesi olanaklı hale gelmiştir (24).

Kantitatif EEG, EEG'nin bilgisayar yolu ile elde edilmesi, saklanması, analizi ile ilgilidir (151).

EEG frekans komponentinin analizi genel olarak matematikçi Jean Fourier'in geliştirdiği prensipleri temel alır (91). Fourier transformu ile yapılan sinyal analizi işlemi, özellikle frekans bandlarının EEG konsantrasyonlarının hesaplanmasıında kullanılır (91, 89). Çalışmalar bilgisayarın hesaplama gücünü gerektirdiğinden, ancak son yıllarda hız kazanmıştır (24, 91). Sinyal analizinin en önemli kazancı nörofizyolojik mekanizmlarla ilgili daha fazla bilgi vermesidir (151). Bu özelliğinden faydalananlarak hastalıkların tanı ve sınıflandırılmasında yer almaya başlamıştır (32, 89, 90, 103, 104).

Bir EEG kaydında yatay eksen zamanı, düşey eksen voltajı gösterir (151). Fourier transformu sonucunda yatay eksen frekansı, düşey eksen ise frekanslara karşı gelen voltajı gösterir. Bu şekilde, EEG sinyalinin belli frekans bandlarının spektral gücü elde edilebilir ve μV^2 cinsinden ifade edilir (91, 151).

EEG, Berger tarafından insanlarda 1929'da ilk defa tanımlanmasıyla birlikte serebral asimetri çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır (24).

EEG sinyal analizi işlemi ile, simetrik sağ ve sol elektrottan alınan kayıtlarda, frekans bandlarının spektral güçleri arasındaki farklardan yararlanılarak hemisferler arasındaki aktivasyon farklılığı hesaplanabilir (91, 151).

Hemisferik fonksiyonel asimetrinin araştırılmasında kullanılan EEG metodu genellikle, alfa ritmindeki göreve bağlı asimetrlere dayanır (49, 113, 134, 136). Bu yöntemde, belirli bir görev sırasında alınan kayıtta sinyal analizi ile alfa bandının gücü hesaplanır (49). Alfa bandı gücünün azalmasının o bölgenin aktivasyonunu gösterdiği düşünülmektedir (8, 24, 50, 135). Bu görüşün temeli teorik ve gözlemsel sonuçlara dayanmaktadır (49). Matematiksel işlemlerin çözümü gibi zihinsel aktiviteler sırasında alfa dalgalarının baskılандığı gözlenmiştir (49, 80, 89). Bu gözlemler, kortikal nöronların alfa dalgası gibi yüksek genlik ve düşük frekanslı

senkronize aktivasyonlar sırasında dinlenim durumunda olduklarını, beta dalgası gibi düşük genlik ve yüksek frekanslı desenkronize aktivasyonlar sırasında ise aktive olduklarını ileri süren genel teoriyle uyumludur (49). Sonuç olarak, görev sırasında azalmış alfa aktivitesinin kaydedildiği korteks bölgesinin, dinlenim durumuna göre ve karşı hemisferdeki simetriği bölgeye göre daha fazla aktive olduğu ileri sürülmektedir (24, 49, 92, 114, 136).

II. AMAÇ

Görsel uyarının serebral kortekste paralel yollarla işlenmesi sırasında kognitif süreçler başlamaktadır. Bu kognitif süreçler görsel uyarının tipine ve kişiye verilen görevlere (örneğin yüz tanıma, okuma, mental rotasyon, objeleri tanıma ve isimlendirme gibi) göre değişmektedir.

Tüm kognitif süreçlerin ve paralel yolların asimetrisinden bahsetmek mümkündür. Ancak konuya ilgili çalışmalar henüz yeterli düzeyde olmadığı gibi, çelişkili sonuçlar da bulunmaktadır. Sunulan tez çalışmasında, görsel-kognitif süreçlerinin asimetrisinin kantitatif EEG ile araştırılması amaçlanmıştır.

III. MATERİYAL VE METOD

Araştırma, 18-30 yaşıları arasında, üniversite öğrencisi veya üniversite mezunu, 6 kadın ve 3 erkekten oluşan 9 sağlam denek ile gerçekleştirildi. Kayıtlar alınmadan önce deneklere sorularak, nörolojik veya psikiyatrik bir hastalık tanısı almadıkları belirlendi; görme keskinlikleri ölçüldü.

Deneklerin el tercihini belirlemeye Modifiye Oldfield El Tercihi anketi kullanıldı (132). Bu anket, günlük hayatı sıklıkla karşılaşılan el becerisi ile ilgili hareketlerde hangi elin kullanıldığına ilişkin 10 sorudan oluşmaktadır (Şekil 22).

Ankette yer alan bir iş sırasında her zaman sağ el kullanımını 10, genellikle sağ el kullanımını 5, her iki elin kullanımını 0, genellikle sol el kullanımını -5 ve her zaman sol el kullanımını -10 puan olarak değerlendirildi. Buna göre el tercihi skorları 100 ile -100 arasında değişir. Çalışmaya alınan deneklerin el tercihleri 70 ile 100 puan arasındaydı.

Denekler, başlarını dayayabilecekleri arkası olan rahat bir koltuğa oturtuldular. Karşılara, 3 m uzaklığa yerleştirilen bir perde ve slaytlar kullanılarak önce dinlenim kayıtları, daha sonra karışık bir sıra ile görsel-uzaysal yetenekle ilgili görevler, yüz tanıma testleri verildi ve kısa paragraflar okutuldu.

Dinlenim ve testler sırasında, kişilerden hareketsiz durmaları ve tüm testleri konuşmadan, içsel olarak yapmaları istendi. Kayıt alınan zaman dışında deneklerin gözleri kapalıydı.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI
EL ASİMETRİNİ BELİRLEME FORMU

ADI SOYADI: MELİH SAHİN

TARİH: 11. 11. 1961

CİNSİYET : EKKEK

MESLEK : MAKİNA MÜH.

GELDİĞİ YER:

AİLEDEKİ SOLAKLAR: KARDEŞLER:

ANNE, BABA:

AMCA, DAYI, HALA, TEYZE:

BÜYÜK ANNELER, BÜYÜKBABALAR:

~~AMCA, DAYI, HALA, TEYZE COCUKLARI~~

KARDEŞ COCUKLARI:

KENDİ COCUKLARI:

EŞİ:

KONUŞMA YAŞI:

KONUŞMA BOZUKLUĞU:

NÖROLOJİK RAHATSIZLIK:

AŞAĞIDAKİ İSLERİ YAPARKEN HANGİ ELİNİZİ KULLANIRSINIZ?

	HER ZAMAN SAG	GENELLİKLE SAG	HER İKİSİNDİE SOL	GENELLİKLE HER ZAMAN SOL
YAZI YAZARKEN	X			
CİZERKEN	X			
BİRSEYİ FIRLATIRKEN		X		
MAKAS KULLANIRKEN	X			
DİS FİRÇALARKEN		X		
BIÇAK KULLANIRKEN (Çatalsız)	X			
KASIK KULLANIRKEN		X		
EL KÜREGİ KULLANIRKEN	X			
KIBRIT ÇAKARKEN		X		
KAVANOZ KA- PASI ACARKEN		X		
TOPLAM	50	25		El tercihi skoru: + 75

Şekil 22: Deneyde kullanılan el asimetrisi belirleme formu.

Denek, testlerde kullanılan zemin renginde hazırlanan slayta bakarken 10 dinlenim kaydı alındı. Bu sırada kişilerden belirli bir düşünceye yoğunlaşmamaları istendi.

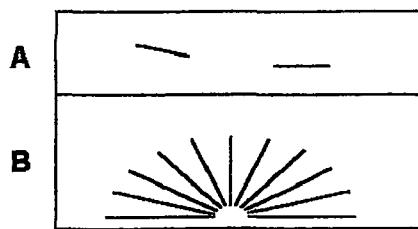
Yüz tanıma görevi için; cepheden çekilmiş, ünlü ve tanınmayan kişilere ait her biri 16 yüz fotoğrafı içeren 10 slayt gösterildi. Deneklerden, slaytin gösterildiği 10 saniye boyunca, tanıdıkları yüzleri isimlendirme yapmadan içsel olarak ayırdetmeleri istendi (Şekil 23).



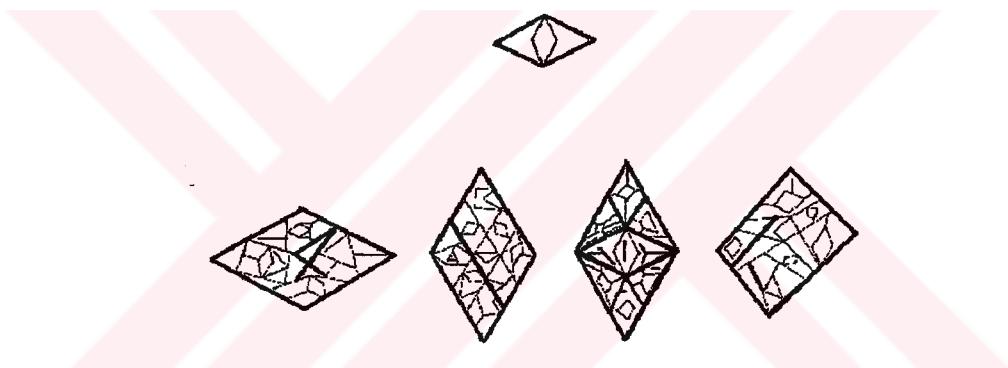
Şekil 23: Yüz tanıma testi için düzenlenen slayt.

Okuma görevi için, bir düz yazdan rasgele seçilmiş paragrafları içeren 10 slaytin her biri, 20 saniye gösterildi ve denekler slayttaki yazıları içsel olarak okudular.

Uzaysal-görsel yetenek testi olarak, her biri Benton'un Çizgi Oryantasyon Testi veya Gardner'in TVPS (Test of Visual Perceptual Skills) testinden seçilen problemlerle hazırlanmış toplam 10 slayt gösterildi (Şekil 24, 25) (42 a,b). Deneklerden slaytin gösterildiği 20 saniyelik süre içerisinde, problemleri içsel olarak çözmeleri istendi.



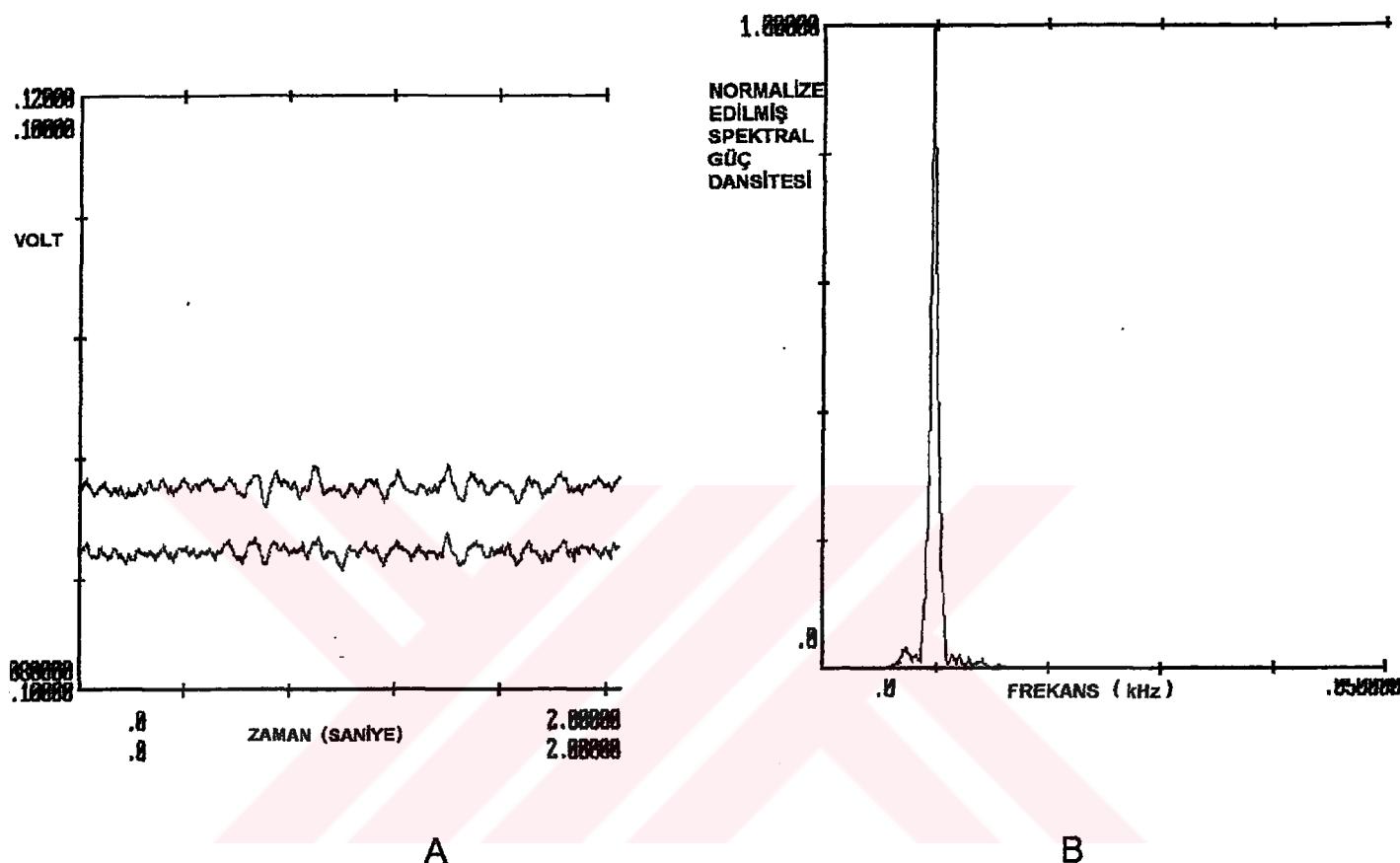
Şekil 24: Benton'un Çizgi Oryantasyon Testi. Denekten, (A)'daki doğru parçalarının (B)'deki karşılığını bulması istenir (84d).



Şekil 25: Gardner'in TVPS testinden deneyde kullanılan bir örnek. Denekten, yukarıdaki şekeitenin altındaki dört şekeleden hangisinin içinde olduğunu bulması istenir (42a).

Elektrotlar simetrik olarak sağ ve sol üst posterior paryetal bölge ile sağ ve sol posterior temporal bölge üzerine, referans elektrotu vertekse (24, 135, 136) yerleştirildi. Bu şekilde 4 kanaldan alınan EEG, Grass 6 model elektroensefalografla 5-35 Hz elektronik filtre uygulanarak amplifiye edildi. PCL-812PG model, 16 kanal, 12 bit analog-dijital konvertör ve 80286 ana işlemciye sahip bilgisayarla, Unkelscope paket programı kullanılarak, 100/sn örneklem hızında 2 saniyelik kayıtlar alındı.

Dijital filtre ile 5 Hz altı (24, 114, 151) ve 30 Hz üzeri (24, 103, 136) filtrelandı, Fast Fourier Transformu ile spektral güç grafikleri elde edildi (Şekil 26 a,b).



Şekil 26: (A) Bir denekten dinlenim sırasında alınan 5-30 Hz Band Pass filtre uygulanmış EEG kaydı. (B) A' daki kayda spektral güç analizi yapılmıştır.

Toffol 1990'da yayınladığı 3 çalışmada, 0-1 Hz bandında $200 \mu\text{V}^2$ üzerinde spektral güç gözlenen kayıtları artefaktlı oldukları gereğesi ile çalışmasına almamıştır (134,135,136). Çalışmamızda aynı gerekçe ile, 5 Hz altı frekanslarda, en yüksek spektral güç dansitesi değerinin 1/5'inden büyük dansite gözlenen kayıtlar artefaktlı kabul edilerek değerlendirmeye alınmadı. Seçilen grafiklerin ham EEG

kayıtlarına 8-13 Hz Band-pass filtresi uygulandı (92) ve Fast Fourier transformu ile bundan sonraki işlemlerde kullanılacak olan spektral güç grafikleri çıkarıldı.

Bir denekte, 4 ayrı elektrottan eş zamanlı alınan 2 saniyelik 160 kaydın her birinde alfa bandı (8-13 Hz) spektral gücü hesaplandı. Bu değerler kullanılarak, sağ ve sol paryetal (P) bölgeler ile sağ ve sol temporal (T) bölgelerde, ortalama alfa spektral gücü, dinlenim ve test grupları için ayrı ayrı bulundu.

Kantitatif EEG verileri ile istatistiksel değerlendirmeler için gerekli normal dağılım eğrisi elde edilememektedir. Verilerin normalizasyonunu sağlamak amacıyla değerlerin logaritmaları alındı (91, 134, 136, 151).

Her denekte, görevler ve dinlenim sırasında alınan 10'ar kaydın alfa spektral gücü değerleri ortalaması kullanılarak $\log(\text{sol T}) - \log(\text{sağ T})$; $\log(\text{sol P}) - \log(\text{sağ P})$ lateralizasyon indeksleri elde edildi (24).

Son olarak 9 deneğin lateralizasyon indekslerinin ortalaması alındı.

IV. BULGULAR

Temporal ve paryetal bölgelerden alınan kayıtların alfa bandı (8-13Hz) spektral güçleri Tablo I a ve I b ile Şekil 27 a ve 27 b' de gösterilmiştir.

Dinlenim durumuna göre yüz tanıma testleri sırasında alfa bandı spektral gücü, sağ hemisferde daha fazla olmak üzere iki hemisferde de azalmıştır. Bu durum temporal bölge kayıtlarında, paryetal bölge kayıtlarından daha belirgindir.

Dinlenime göre okuma testi sırasında, temporal bölge alfa bandı spektral gücünün, görevle birlikte sol hemisferde azaldığı gözlenmiştir. Paryetal bölge alfa bandı spektral gücü, sağ hemisferde daha belirgin olmak üzere iki hemisferde de dinlenim kayıtlarına göre azalmıştır.

Dinlenime göre uzaysal-görsel görev kayıtlarında, temporal bölge alfa spektral gücü, sağda daha fazla olmak üzere iki hemisferde de azalmıştır. Paryetal bölge alfa spektral gücü, görev sırasında sağ hemisferde azalmıştır.

Tablo II a ve II b'de paryetal ve temporal bölgede, sağ ve sol hemisfer arasındaki aktivasyon farklılığını gösteren lateralizasyon indeksleri değerleri izlenmektedir. Burada (-) değerler sol hemisferde; (+) değerler sağ hemisferde alfa spektral gücünün diğer hemisfere göre az olduğu anlamına gelmektedir.

Şekil 28 a ve 28 b'de , dinlenim ve testler sırasında temporal ve paryetal bölge lateralizasyon indekslerine ait grafikler görülmektedir.

Şekil 28 a'da, temporal bölgede, yüz tanıma ve uzaysal-görsel testler sırasında sağ hemisfer aktivasyonu; dinlenim kayıtlarında ve okuma testi sırasında sol hemisfer

aktivasyonu izlenmektedir. Dinlenime göre okuma görevi, daha fazla sol hemisfer aktivasyonuna neden olmuştur.

Dinlenim, yüz tanıma, okuma ve uzaysal-görsel yetenek testlerine ait kayıtların temporal bölge lateralizasyon indeksleri bulguları 'Paired t' testi ile karşılaştırıldı ve değerlendirildi.

Temporal bölgede dinlenim ve yüz tanıma görevi ($p=0.15$, $t=-1.52$); dinlenim ve okuma görevi ($p=0.48$, $t=0.73$); dinlenim ve uzaysal-görsel görevler ($p=0.67$, $t=-0.43$); yüz tanıma ve uzaysal-görsel görevler ($p=0.35$, $t=0.97$); okuma ve uzaysal-görsel görevler ($p=0.30$, $t=-1.08$) lateralizasyon indeksleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı.

Temporal bölge yüz tanıma ve okuma testleri lateralizasyon indeksleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0.05$, $t=2.13$).

Şekil 28 b' de, paryetal bölgede, dinlenim ve yüz tanıma görevi sırasında, yüz tanıma görevinde daha belirgin olarak sol hemisfer aktivasyonu; okuma ve uzaysal-görsel testler sırasında ise sağ hemisfer aktivasyonu izlenmektedir.

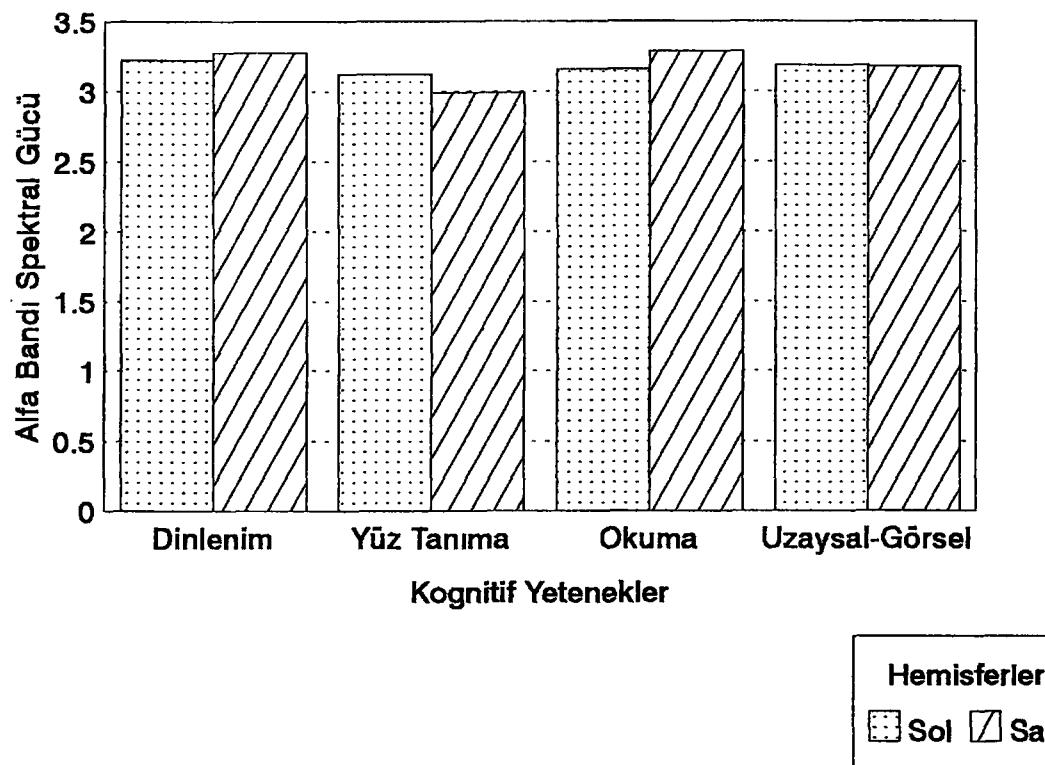
Paryetal bölge lateralizasyon indekslerinin 'Paired t' testi ile karşılaştırılmasında; dinlenim ve yüz tanıma görevleri ($p=0.92$, $t=0.10$); dinlenim ve okuma testi ($p=0.29$, $t=-1.09$); dinlenim ve uzaysal-görsel görevler ($p=0.22$, $t=-1.27$); yüz tanıma ve okuma testleri ($p=0.30$, $t=-1.08$); yüz tanıma ve uzaysal-görsel görevler ($p=0.23$, $t=-1.24$); okuma ve uzaysal-görsel görevler ($p=0.92$, $t=-0.10$) lateralizasyon indeksleri arasında anlamlı fark bulunmadı.

Tablo Ia : Temporal Bölge α Bandı Spektral Güçleri: (n=9)

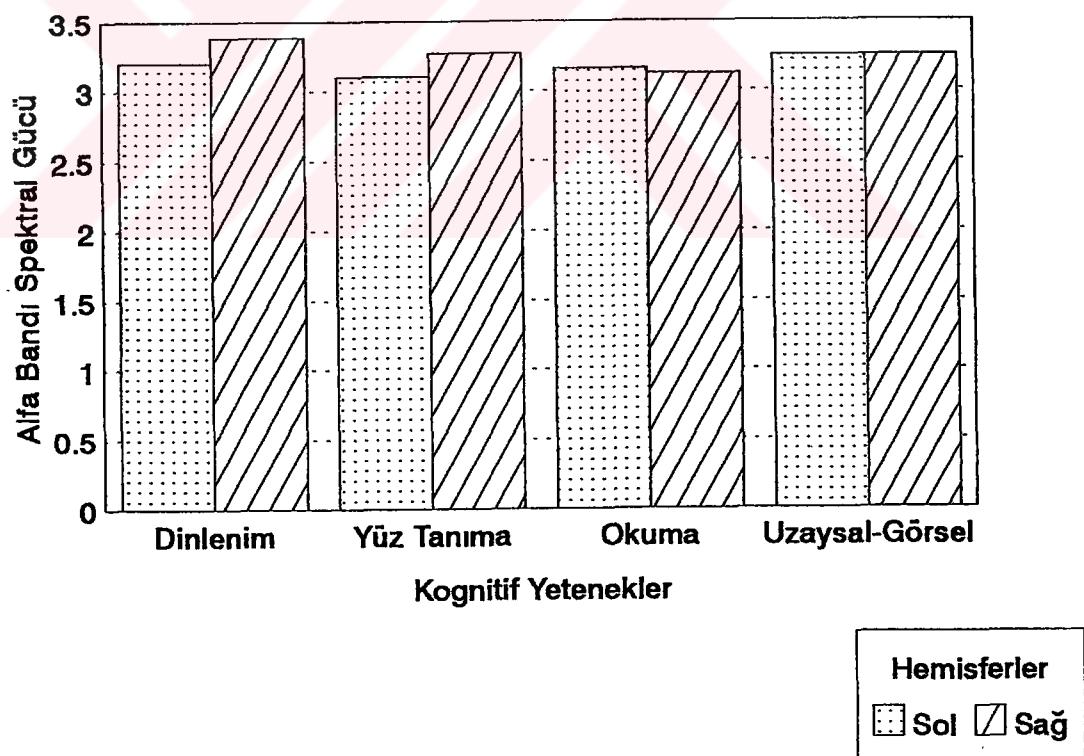
GÖREVLER	BÖLGE	SPEKTRAL GÜÇLER
Dinlenim	Sol	3.222 ± 0.546
	Sağ	3.276 ± 0.556
Yüz Tanıma	Sol	3.118 ± 0.609
	Sağ	2.988 ± 0.485
Okuma	Sol	3.156 ± 0.539
	Sağ	3.285 ± 0.465
Uzaysal-Görsel	Sol	3.181 ± 0.479
	Sağ	3.172 ± 0.435

Tablo Ib : Paryetal Bölge α Bandı Spektral Güçleri: (n=9)

GÖREVLER	BÖLGE	SPEKTRAL GÜÇLER
Dinlenim	Sol	3.203 ± 0.54
	Sağ	3.384 ± 0.635
Yüz Tanıma	Sol	3.101 ± 0.371
	Sağ	3.271 ± 0.153
Okuma	Sol	3.157 ± 0.545
	Sağ	3.120 ± 0.427
Uzaysal-Görsel	Sol	3.246 ± 0.407
	Sağ	3.245 ± 0.714



Şekil 27 a: Temporal bölge kayıtlarında dinlenim ve görevler sırasında alfa bandı spektral güçleri.



Şekil 27 b: Paryetal bölge kayıtlarında dinlenim ve görevler sırasında alfa bandı spektral güçleri.

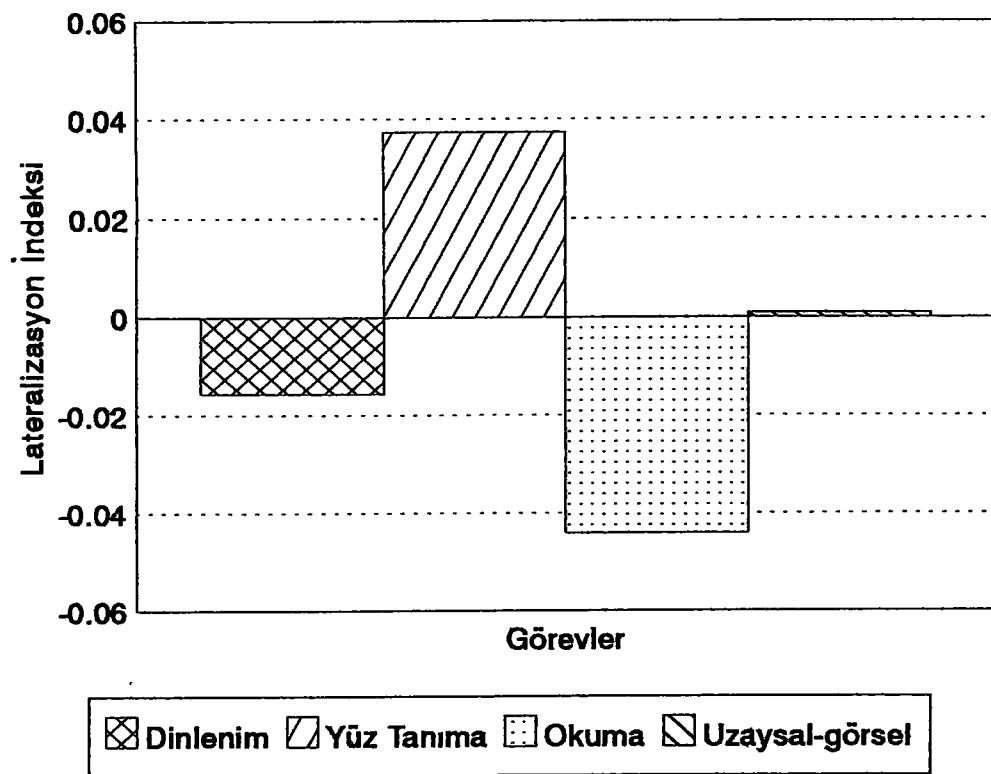
Tablo IIa : Temporal Bölge Lateralizasyon Indeksleri*: (n=9)

GÖREVLER	LATERALIZASYON INDEKSLERI
Dinlenim	-0.0157 ± 0.076
Yüz Tanıma	0.0374 ± 0.072
Okuma	-0.0441 ± 0.089
Uzaysal-Görsel	0.0009 ± 0.087

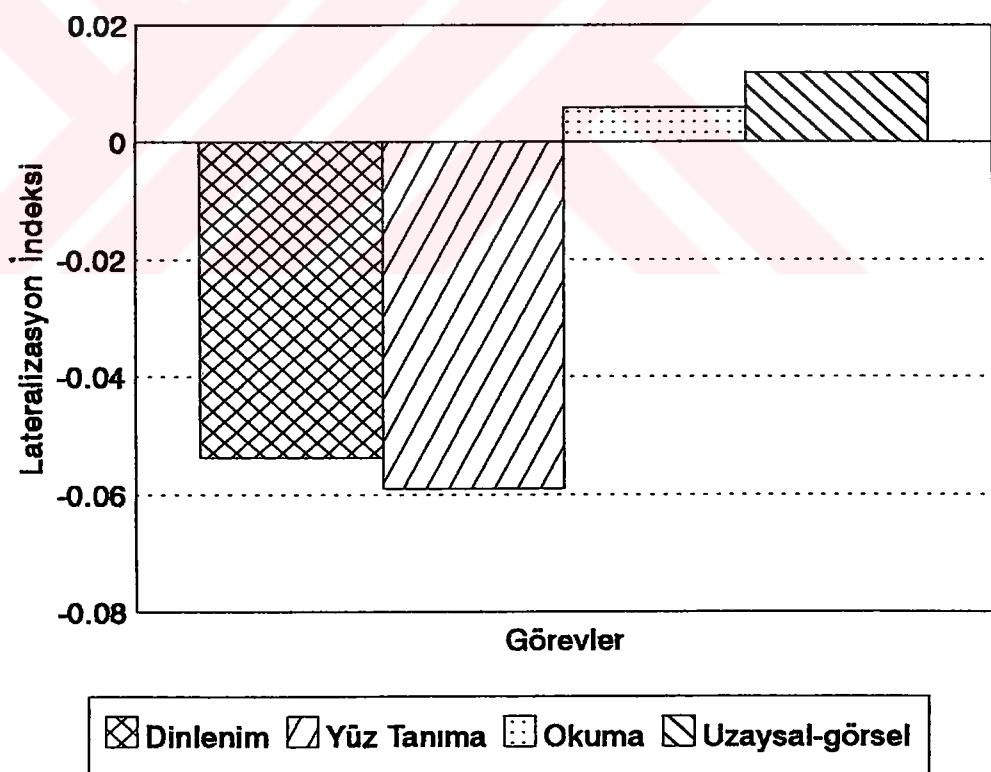
Tablo IIb : Paryetal Bölge Lateralizasyon Indeksleri*: (n=9)

GÖREVLER	LATERALIZASYON INDEKSLERI
Dinlenim	-0.0537 ± 0.101
Yüz Tanıma	-0.0059 ± 0.124
Okuma	0.0059 ± 0.13
Uzaysal-Görsel	0.0117 ± 0.117

* Log (sol α spektral güç) - Log (sağ α spektral güç)



Şekil 28 a: Temporal bölgede dinlenim ve görevler sırasında alfa bandı lateralizasyon indeksleri.



Şekil 28 b: Paryetal bölgede dinlenim ve görevler sırasında alfa bandı lateralizasyon indeksleri.

V. TARTIŞMA

Çalışmada, genç sağlak bireylerde okuma testi sırasında, temporal bölge kayıtlarında lateralizasyon indeksi sağa kaymıştır. Bu, sol arka temporal bölge alfa bandı spektral gücünün, sağ hemisferdeki simetriği bölgeye göre daha az olduğu anlamına gelmektedir; sol arka temporal bölge okuma testi sırasında sağ arka temporal bölgeye göre daha fazla aktive olmuştur.

Yine temporal bölge kayıtlarında, yüz tanıma testi sırasında lateralizasyon indeksi sola kaymıştır. Bu, alfa bandı spektral gücünün sağ arka temporal bölgede sol hemisferdeki simetriğinden az olduğu anlamına gelmektedir; yüz tanıma testi sırasında sağ hemisfer arka temporal bölge, sol arka temporal bölgeye göre daha fazla aktive olmuştur.

Posterior temporal bölgeye yerleştirilen elektrotlar, yüz tanıma ve okuma yeteneği ile ilişkili olduğu ileri sürülen alanlara yakındır.

Okuma yeteneğinin sol hemisfere lateralize bir yetenek olduğunu destekleyen çalışmalar yapılmıştır (105, 114).

Farah, literatürde yayınlanmış 99 hastanın derlendiği çalışmasında, okuma bozukluğunun sol hemisfer posteriorunda lezyonu olan hastalarda daha sık izlendiğini bildirmiştir (31). Yine sol posterior serebral arter tıkanıklığına bağlı enfarktüs nedeniyle yanlışca okuma yeteneğinin etkilendiği 2 hasta bildirilmiştir (109). Sol anguler girüs lezyonlarında genellikle okuma ve yazma bozuklukları gözlediği belirtilmektedir (64, 84e).

Sağlak deneklerle gerçekleştirilen, olaya bağlı uyarılmış potansiyellerin incelendiği bir araştırmada, kelimelerin görsel tanınması sırasında sol hemisfer üstünlüğü gösterilmiştir (123). Yine sağlak deneklerle yapılan bir pozitron emisyon tomografi (PET) çalışmasında, görsel kelime sözlüğünün sol arka orta temporal girusta, anguler girus sınırında olduğu ileri sürülmektedir (64). Howard, lezyon çalışmalarında kelimelerin görsel şekillerinin sol temporal lop lokalizasyonuna ait kanıtlar olduğuna dikkat çekmiştir (64). Sağlak deneklerle yapılan PET çalışmalarında, kelimelerin anlamlandırılma yapılmadan pasif olarak okunması sırasında sol medial ekstrastriat alanda bildirilen aktivasyon (101), bu alanın da görsel kelime şekilleri ile ilgili olduğunu düşündürmektedir (14, 101).

Sağ hemisferin yüzlerin görsel algılanmasıyla ilgili kognitif yeteneklerde dominant olduğu ileri sürülmektedir (12, 111). Bununla birlikte, yüz tanımanın bilateral ya da sağ hemisfere lateralize bir yetenek olduğu tartışmaları devam etmektedir (5, 20, 111, 137). Yüz tanıma yeteneği bozulmuş hastaların patoloji raporları ve otopsi bulgularında bilateral lezyonlar bildirilmiştir (5, 112, 137). Bilateral oksipitotemporal bölge lezyonlarında yüz tanıma yeteneği etkilenmektedir (56, 72, 79, 124). Sağlıklı sağlak deneklerle gerçekleştirilen bir çalışmada, yüz tanıma görevi sırasında bu alanda bilateral aktivasyon olduğu gösterilmiştir (79).

Buna karşılık, görsel yüz tanıma ve algılama yetenekleri bozulmuş hastalarla, komissurotomili ve normal sağlak deneklerle yapılan çalışmalarında sağ hemisferin yüzlerin (5, 44, 65, 75, 112) ve yüz ifadelerinin (20, 65, 76, 119) görsel işlenmesine özelleştiğini gösteren kanıtlar elde edilmiştir.

Yüz tanıma fonksiyonu bozulmuş hastalarda, sağ hemisfer lezyonunu destekleyen sol görme alanı defekti ve uzaysal-görsel yeteneklerin bozulması gibi bulgular sıkılıkla söz konusudur (5, 73, 112). Landis 1986' da yüz tanıma yeteneği

bozulmuş 6 hastanın bilgisayarlı tomografi (BT) incelemelerinde lezyonların sağ hemisfer posteriorunda olduğunu bildirmiştir (72). Young 1991' de sağ hemisfer posteriorunda lezyonu olan sağlam bir hastanın tanıdık ve tanımadığı yüz fotoğraflarını birbirinden ayıramadığını yayınlamıştır (149). De Renzi ve arkadaşları, daha önceki yayınlardan taranan yüz tanıma yeteneği bozulmuş 27 hastada lezyon yerinin sağ hemisfer posteriorunda olduğunu bildirmiştir (111). Sağ hemisferektomili bir hasta yüz tanıma yeteneğini kaybetmiştir (5).

Lezyon çalışmaları, hafıza deposu ile ilgili sağ inferior ve medial temporal lop ile görsel bilginin bu alanlara iletim yolu üzerinde bulunan sağ inferior oksipitotemporal alanın, yüz tanıma fonksiyonunda kritik bölgeler olduğunu desteklemektedir (5).

Derin elektrotlar yerleştirilerek yapılan bir çalışmada, yüz tanıma ve yabancı yüzlerin ayırdedilmesi (yabancı yüzlerin kullanıldığı bir gurup fotoğrafta, ikinci defa gösterilen yüzlerin seçilmesi) sırasında sağ hemisferde aktivasyonun arttığı gösterilmiştir (124). Sağlak deneklerde olaya bağlı uyarılmış potansiyellerin incelendiği bir araştırmada, daha önceden tanınmayan yüzlerin ayırdedilmesi görevi ile sağ hemisfer aktivasyonu bildirilmiştir (123).

Yüz tanıma yeteneği bozulmuş sağlam bir hastada PET ve manyetik rezonans görüntüleme tekniği ile (137), bir başka sağlam hastada otopsi bulgusu olarak (73), diğer iki sağlam hastada bilgisayarlı tomografi ile (109) sağ oksipitotemporal bölgede lezyon gösterilmiştir. De Renzi 1994'de yüz tanıma yeteneği etkilenmiş iki sağlam hastada, sağ medial temporal korteks ve Brodmann'ın 19. alanında lezyon bildirmiştir (111). Seeck, yüz tanıma testi uygulanan deneklerle yapılan bir PET çalışmında temporal loplarda önemli ölçüde bilateral aktivasyon izlendiğini, ancak aktivasyonun sağ anteromedial temporal girus ve parahipokampal alanda özellikle belirgin

olduğunu; bir başka çalışmada, kraniotomi sırasında mikroelektrotlarla alınan kayıtlarda, yüz karşılaştırma testleri sırasında sağ anterior ve medial temporal kortekste aktivasyon artışı olduğunu bildiren yayılara dikkat çekmiştir (124).

Sağ tarafta daha geniş olan bilateral oksipital lezyonlar, kelimelerin görsel algılanmasından çok yüzlerin algılanmasını etkileyen görsel obje tanıma bozukluklarına neden olurken, sol tarafta daha geniş olan lezyonlarda, okuma zorlukları ile birlikte obje tanıma bozuklukları izlenmektedir (31, 94). Bu durum, okuma ve yüz tanıma fonksiyonlarının ayrı hemisferlere lateralize oldukları görüşünü desteklemektedir.

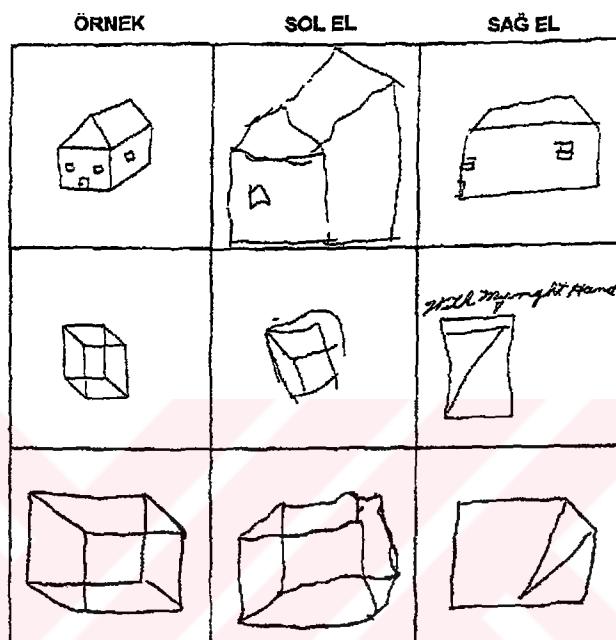
Sunulan çalışmada, sağlak deneklerde temporal bölgede okuma testi sırasında gözlenen sol hemisfer aktivasyonu ile yüz tanıma testi sırasında gözlenen sağ hemisfer aktivasyonu arasındaki anlamlı farklılık, okuma yeteneğinin sol, yüz tanıma yeteneğinin sağ hemisfere lateralize olduğunu ileri süren literatür bilgisiyle uyumludur.

Paryetal bölge kayıtlarında, okuma görevi ile sağ hemisfer aktivasyonu ve yüz tanıma görevi ile sol hemisfer aktivasyonu saptanmıştır; ancak aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgu, arka üst paryetal bölgeye yerleştirilen elektrotların yüz tanıma ve okuma ile ilişkili olduğu ileri sürülen kortikal alanlara yeterince yakın olmayııyla açıklanabilir.

Çalışmamızda, uzaysal-görsel yetenek testleri ile temporal bölge ve paryetal bölge kayıtlarında paryetal bölgede daha fazla olmak üzere alfa bandı spektral gücünün sola kaydığını (sağ hemisfer aktivasyonu) gözlenmiştir.

Sağ hemisfer insanların çoğunda uzaysal-görsel görevlerin yerine getirilmesinde sol hemisferden daha üstündür (21, 61, 83, 142b). Uzaysal-görsel uyarıların algılanması ve manüplasyonlarını gerektiren görevlerde, bu üstünlük

belirgindir (77, 128). Komissurotomili hastalar sol elleriyle karmaşık ve üç boyutlu şekilleri daha iyi çizerler (Şekil 29). Objelerin parçaları arasındaki ilişkiyi sol el daha iyi araştırır (35c). Sağ hemisfere düşürülen görsel-uzaysal uyarı, sol hemisfere göre daha hızlı işlenmektedir (10).



Şekil 29: Komissurotomili hasta sol eli ile şekillerin üç boyutlu görüntüsünü daha iyi kopya ederken sağ eli ile daha düzgün çizgiler çizmekte ancak şeitin üç boyutlu görüntüsü kaybolmaktadır (16b).

Sağ hemisfer posteriorunda lezyonu olan hastalarda, bildikleri çevrede yol bulamama gibi topografik bozukluklar daha sık gözlenmektedir (20, 56).

Sağ posteroparyetal lezyonlu hastalar, gizlenmiş, bozulmuş obje çizimlerinde objeyi ayırdedememektedirler (30). Çizgiyi ortadan bölme görevi, çizgi oryantasyon testi, hedef araştırma ve sayma, çizimleri kopya etme gibi uzaysal-görsel görevlerde, özellikle sağ posterior paryetal hemisfer lezyonlu hastaların, görme alanının solunu ihmal ettikleri gözlenmektedir. Sol hemisfer lezyonu olan hastalarda da daha hafif

olarak ihmal fenomenleri gösterilmiştir (17, 70, 84d, 100, 148). Dış dünyanın ve vücutun sol tarafından gelen duysal uyarıların uzaysal yönlerini değerlendirememeye genellikle sağ paryetal lop hasarında gözlenmektedir (35c, 47, 69, 84d, 115, 130). Sağ hemisfer lezyonlarında ihmal fenomeninin daha ağır oluşuna dayanılarak bu hemisferin dikkatin tüm görme alanına yoğunlaştırılmasında rolü olduğu ileri sürülmektedir (70, 84d, 140).

Sağ posterior temporoparyetal lezyonlu hastalar, obje tanımda spesifik bozukluklar göstermektedirler (7). Sağ temporal lobun çıkarılması görsel algıda yanlışca hafif bir bozukluğa neden olurken görsel bellekte belirgin bozukluklar ortaya çıkar (20). Sağ temporal lobun ön kısımlarındaki lezyonlar görsel belleği etkilerken, posteriorundaki lezyonlar görsel ayırdetme yeteneğini daha fazla etkilemektedir (28).

Bu bilgilere dayanılarak, üst posterior paryetal bölgeye ve posterior temporal bölgeye yerleştirilen elektrotlarla alınan kayıtlarda, uzaysal-görsel yetenek testleri sırasında anlamlı sağ hemisfer aktivasyonu beklenirdi.

Çalışmamızda, uzaysal-görsel yetenek testleri ile anlamlı sağ hemisfer aktivasyonu gözlenemeyişinin nedeni, bu görevlerin, okuma ve yüz tanıma testleri kadar tek hemisfere lateralize olmadığı ihtimalidir.

Ayrıca bu sonuç elektrotların, umulanın aksine, bu testler sırasında aktive olan alanlara yeterince yakın olmayı ile açıklanabilir.

Görsel dünyada objeler ve şekiller, birbirlerine göre hiyerarşik bir düzen ve parçadan bütüne doğru bir sıra içinde tanımlanabilir. Örneğin bir kapı bütün obje olarak düşünüldüğünde kapı kolu ya da anahtar deliği bunun parçalarıdır. Aynı şekilde kapı da binanın bir parçasıdır. Görsel uyarılarla ilgili lokal informasyonun işlenmesinde sol, global informasyonun işlenmesinde ise sağ hemisfer stratejilerinin kullanıldığı ileri sürülmektedir (28, 71). Sağ temporal lobu çıkarılmış 23 hastıyla

gerçekleştirilen bir çalışmada, hastaların, obje tanımda gerekli olan, parçaları anlamlı bir bütün halinde algılama yeteneklerinin bozulduğu bildirilmiştir (28).

Clarke, sol hemisferin uzaysal-görsel problemleri sıralı bir strateji ile çözebildiğini destekleyen komissurotomili hastalarla yapılan çalışmalara dikkat çekmektedir (20). Clarke ve arkadaşları tarafından, sağ hemisfer posteriorunu ve sağ hemisfer posteriorunu sol hemisferdeki simetriği bölgelere bağlayan korpus kallosum bölgelerini içine alan geniş lezyonu olan ve böylece uzaysal-görsel işlemlerde sağ hemisfer posteriorunu kullanamayan sağlam bir hasta bildirilmiştir. Bu hastada, sağ hemisfere lateralizasyonu ileri sürülen görsel tanıma ve topografik oryantasyon gibi yetenekler büyük ölçüde tekrar kazanılmıştır. Hasta çevreyi tanımak ve hatırlamak için, sağ hemisferin bütünü algılayan ve depolayan stratejisi yerine tek tek detayları analiz etmekte ve tanıma için, sözel olarak kodladığı bu bilgileri sırayla hatırlama yolunu kullanmaktadır. Örneğin, binaları tanıma görsel hayallere değil, sözel tanımlanabilen özelliklere dayanmaktadır. Bu, sol hemisferin sıralı, konuşma-bağımlı stratejisi ile uyumludur (20).

Çalışmamızda uzaysal-görsel yetenek testlerinde, sağ hemisfer aktivasyonunun anlamlı olmayışı, sağ hemisferle beraber sol hemisfer kognitif süreçlerinin de kullanılmış olmasına bağlı olabilir. Çünkü verilen testte problemin çözülmesi için, bütünsel algılamadan çok şekillerin parçalarının incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca problemler sıralı stratejinin kullanılmasına neden olmuş olabilir.

Geometrik şeiller sözel olarak da depolanabildiğinden, görsel işlenmelerinin sağ hemisfer lezyonlarında etkilenmeyeceği bildirilmektedir (50, 69). Çalışmamızda kullanılan testlerin sözel olarak kodlanamayan şeillerden seçimine

özen gösterilmiştir. Ancak, geometrik içeriği de olan bu şekiller, görevler sırasında sol hemisfer aktivasyonuna yol açmış olabilir.

Dinlenim sırasında alınan kayıtlarla görev kayıtları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bunun nedeni kognitif fonksiyonların dinlenim durumunda bile aktif olması (icsel konuşma, görsel uyarıların istem dışı işlenmesi gibi) olabilir (27).

VI. SONUÇ

Sonuç olarak, çalışmamızdan elde edilen bulgularla, sağlam genç bireylerde, literatürle uyumlu olarak okuma yeteneğinin sol hemisfere, yüz tanıma yeteneğinin ise sağ hemisfere lateralize olduğu saptanmıştır. Uzaysal görsel yetenek testlerinde ise iki hemisfer arasında anlamlı bir aktivasyon farkı saptanmamıştır. Bu bulgu, uzaysal görsel yeteneklerin her iki hemisferde de fonksiyonel lokalizasyonu bulunabileceğini işaret edebilmesi yanında, bu tip çalışmalarında kullanılacak testlerin amaca spesifik olması gerekliliğini, aksi takdirde literatürde sıklıkla rastlandığı gibi yorum güçlüğüne yol açabileceğini göstermektedir.

VII. ÖZET

Görsel uyarılar, retinadan kortekse kadar fonksiyonel hiyerarşik hücreler dizisinde ve ayrı fakat bağlantılı paralel yollarla işlenmektedir.

Serebral hemisferler çeşitli fonksiyonları yerine getirmede eşit olmayan yeteneklere sahiptir. Diğer kognitif yetenekler gibi görsel kognitif yeteneklerin farklı yönlerinin, serebral hemisferlere asimetrik dağılımını destekleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak, fonksiyonların sağ ya da sol hemisfere lateralizasyonu ile ilgili tartışmalı sonuçlar söz konusudur.

Araştırmada kantitatif EEG yöntemi kullanılarak, bazı görsel kognitif yeteneklerin serebral asimetrisine yaklaşım getirilmesi amaçlanmıştır. Kantitatif EEG ile alınan EEG kayıtlarında istenen frekans bandının spektral gücünü hesaplanabilmektedir. Bir frekans bandının spektral gücü o frekansla osile olan nöron sayısı ile ilişkilidir.

Alfa bandı spektral gücünün, bir hemisferde diğer hemisferdeki simetriği olan bölgeden az olması bu alanda yüksek frekansla osile olan nöron sayısının fazla olduğunu göstermektedir ve alanın simetrik bölgeye göre daha fazla aktivasyonu anlamına gelmektedir. Böylece, iki hemisferde simetrik bölgelere yerleştirilen elektrotlardan alınan eş zamanlı kayıtların sinyal analizi ile hemisferlerin asimetrik aktivasyonu incelenebilir.

Çalışma 6 kız, 3 erkek olmak üzere 9 sağlıklı, sağlam, genç denekle gerçekleştirildi. Deneklerin 'Modifiye Oldfield Anketi' ile belirlenen el tercihi skorları, + 75 ile + 100 arasındaydı.

Elektrotlar, sağda ve solda simetrik olarak posterior superior paryetal bölge ile posterior temporal bölgeye; referans elektrotu vertekse yerleştirildi. Denekler, karşıslarındaki perdeye düşürülen, görevlerde kullanılan zemin renginde slayta bakarlarken, 10 dinlenim kaydı alındı. Yüz tanıma görevi için, her biri ünlü ve tanınmayan 16 yüz fotoğrafından oluşan 10 slayt kullanıldı. Deneklerden, slaytin gösterildiği 10 saniye içinde, tanıdıkları yüzleri isimlendirme yapmadan belirlemeleri istendi. Uzaysal- görsel yetenek testi olarak, 'Benton'un Çizgi Oryantasyon Testi' ve 'Gardner'in TVPS Testi' nden hazırlanan problemleri içeren 10 slaytın herbiri, 20 saniye gösterildi. Okuma görevi için çeşitli paragraflardan oluşan 10 slayt 20'ser saniye gösterildi. Denekler, testleri hareket etmeden ve içsel olarak çözdüler ve kayıt alınan zaman dışında gözleri kapalıydı.

Dinlenim ve görevler sırasında alınan kayıtların, Fast Fourier Transformu ile spektral güç grafikleri çıkarıldı; kayıt alınan 4 bölgede dinlenim ve her bir görev gurubu için alfa bandı spektral gücü hesaplandı. Log (Sol Alfa Bandı Spektral Gücü) - Log (Sağ Alfa Bandı Spektral Gücü) işlemi ile temporal ve paryetal bölgelerde ayrı ayrı bulunan Lateralizasyon İndeksi değerleri, hemisferler arasındaki aktivasyon farklılığını göstermek için kullanıldı.

Temporal bölge kayıtlarında alfa bandı lateralizasyon indeksinin okuma testi sırasında sağa, yüz tanıma testi sırasında sola kaydığını tespit edildi. İki teste ait lateralizasyon indeksleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıydı. Bu bulgu, okuma yeteneğinin sol hemisfere, yüz tanıma yeteneğinin sağ hemisfere lateralizasyonunu ileri süren literatür bilgisiyle uyumluuydu. Uzaysal-görsel yetenekle ilgili testlerin çözülmesi sırasında hemisferler arasında anlamlı aktivasyon farklılığı bulunmadı. Bu bulgu, kullanılan testin aktivasyon farklılığına neden olacak kadar lateralize bir uzaysal-görsel görev olmamasına bağlıydı.

VIII. KAYNAKLAR

- 1- Aminoff M.J.: *Electroencephalography: General principles and clinical applications.* Electrodiagnosis in Clinical Neurology, 3rd Ed., USA, 1992, Churchill Livingstone Inc. Sayfa: 41-92.
- 2- Andersen R.A.: Visual and eye movement functions of the posterior parietal cortex. Annu Rev Neurosci 12: 377-403, 1989.
- 3- Annett M.: Annotation: Laterality and cerebral dominance. J Child Psychol Psychiatry 32(2): 21-232, 1991.
- 4- Annett M.: Parallels between asymmetries of planum temporale and of hand skill. Neuropsychologia 30(11): 951-962, 1992.
- 5- Benton A.: Facial recognition. Cortex 26: 491-499, 1990.
- 6- Benson D.F.: Aphasia and the lateralization of language. Cortex 22: 71-86, 1986.
- 7- Bergego C., Deloche G., Pradat-Diehl P., Robineau F., Lauriat-Prevost M.C.: Visual recognition in right brain-damaged patients: Evidence from a tachistoscopic confrontation naming task. Brain Lang 44: 181-190, 1993.
- 8- Berfield K.A., Ray J.W., Newcombe N.: Sex role and spatial ability: An EEG study. Neuropsychologia 24(5): 731-735, 1986.
- 9- Blonder X.L., Bowers D., Heilman M.K.: The role of the right hemisphere in emotional communication. Brain 114: 1115-1127, 1991.
- 10- Breedlove S.M.: Sexual differentiation of the human nervous system. Annu Rev Psychol 45: 389-418, 1994.
- 11- Brown J.W., Hecaen H.: Lateralization and language representation. Neurology 26: 183-189, 1976.
- 12- Bruce V., Young A.: Understanding face recognition. Br J Psychol 77: 305-327, 1986.
- 13- Bruyer R.: Covert face recognition in prosopagnosia: A review. Brain Cogn 15: 223-235, 1991.
- 14- Bub D.N.: Language activation and positron emission tomography: The relative contribution of task-based and stimulus-based effects. Discussions in Neuroscience 10(1,2): 124-130, 1994.
- 15- Carpenter B.M.: Core Text of Neuroanatomy, 3rd Ed., USA, 1985, Williams and Wilkins. Sayfa: (a): 221-264; (b): 348-390.
- 16- Carpenter R.H.S.: Neurophysiology, 2nd Ed., England, 1990, Edward Arnold, Hodder and Stoughton Li. Sayfa: (a): 150-208; (b): 302-334.
- 17- Chokron S. Imbert M.: Egocentric reference and asymmetric perception of space. Neuropsychologia 31(3): 267-275, 1993.
- 18- Christman S.D.: The many sides of the two sides of the brain. Brain Cogn 26: 91-98, 1994.

- 19- Christman S.D., Hackworth M.: Equivalent perceptual asymmetries for free viewing of positive and negative emotional expressions in chimeric faces. Neuropsychologia 31(6): 621-624, 1993.
- 20- Clarke S., Assal G., Trilolet N.: Left hemisphere strategies in visual recognition, topographical orientation and time planning. Neuropsychologia 31(2): 99-113, 1993.
- 21- Coney J., Abernethy M.: Picture-name priming in the cerebral hemispheres. Brain Lang 47: 300-313, 1994.
- 22- Cook N.D., Beech R.A.: The cerebral hemispheres and bilateral neural nets. Int J Neurosci 52: 201-210, 1990.
- 23- Damasio A.R.: Aphasia. N Engl J Med 326(8): 531-538, 1992.
- 24- Davidson J.R.: EEG measures of cerebral asymmetry: Conceptual and methodological issues. Int J Neurosci 39:71-89, 1988.
- 25- Davidson J.R., Schaffer E.C., Saron C.: Effects of lateralized presentations of faces on self-reports and EEG asymmetry in depressed and non-depressed subjects. Psychophysiology 22(3): 353-364, 1985.
- 26- Demonet J.F., Price C., Wise R., Frackowiak R.S.J.: Differential activation of right and left posterior sylvian regions by semantic and phonological tasks: A positron-emission tomography study in normal subjects. Neurosci Lett 182: 25-28, 1994.
- 27- Demonet J.F., Wise R., Frackowiak R.S.J.: Language functions explored in normal subjects by positron emission tomography: A critical review. Human Brain Mapp 1: 39-47, 1993.
- 28- Doyon J., Milner B.: Right temporal lobe contribution to global visual processing. Neuropsychologia 29(5): 343-360, 1991.
- 29- Eacott M.J., Heywood C.A., Gross C.G., Cowey A.: Visual discrimination impairments following lesions of the superior temporal sulcus are not specific for facial stimuli. Neuropsychologia 31(6): 609-619, 1993.
- 30- Ettlinger G.: 'Object vision' and 'Spatial vision' the neuropsychological evidence for the distinction. Cortex 26: 319- 341, 1990.
- 31- Farah M.J.: Patterns of co-occurrence among the associative agnosias: Implications for visual object representation. Cognitive Neuropsychology 8(1): 1-19, 1991.
- 32- Finitzo T., Pool K.D., Chapman S.B.: Quantitative electroencephalography and anatomoclinical principles of aphasia. Ann NY Acad Sci 620: 57-71, 1991.
- 33- Foundas L.A., Leonard M.C., Gilmore R., Fennell E., Heilman M.K.: Planum temporale asymmetry and language dominance. Neuropsychologia 32(10): 1225-1231, 1994.
- 34- Friberg L.: Brain mapping in thinking and language function. Acta Neurochir 56 (Suppl): 34-39, 1993.
- 35- Fuchs F.A.: Textbook of Physiology, Ed: Patton H.D., Fuchs A.F., Hille B., Scher A.M., Steiner R., 21st Ed., USA, 1989, W.B. Saunders Company. Sayfa: (a): 412-441; (b): 442-474; (c): 663-692.
- 36- Galaburda A.M.: Anatomical asymmetries. Cerebral Dominance, Geschwind N, Galaburda A.M., 1st Ed., USA, 1984, Harvard University Press. Sayfa: 11-25.

- 37- Galaburda A.M.: Language areas, lateralization and innateness of language. Discussions in Neuroscience 10(1,2): 118-124, 1994.
- 38- Galaburda A.M: Developmental dyslexia: Current anatomical research. Annals of Dyslexia 33: 41-53, 1983.
- 39- Galaburda A.M., Aboitiz F., Rosen G.D., Sherman G.F.: Histological asymmetry in the primary visual cortex of the rat: Implications for mechanisms of cerebral asymmetry. Cortex 22: 151-160, 1986.
- 40- Galaburda A.M., Corsiglia J., Rosen G.D., Sherman F.G.: Planum temporale asymmetry, reappraisal since Geschwind and Levitsky. Neuropsychologia 25(6): 853-868, 1987.
- 41- Galaburda A.M., Rosen G.D., Sherman F.G.: Individual variability in cortical organization: Its relationship to brain laterality and implications to function. Neuropsychologia 28(6): 529-546, 1990.
- 42- (a) Gardner M.F.: Test of visual-perceptual skills (non-motor). Health Publishing Company.
 (b) Benton A.L., Hamsher S., Varney N.R., Spreen O.: Judgment of line orientation. Contributions to Neuropsychological Assessment, USA, 1983, Oxford University Press.
- 43- Gazzaniga M.S.: Language and the cerebral hemispheres. Discussions in Neuroscience 10(1,2): 106-109, 1994.
- 44- Gazzaniga M.S.: Organization of the human brain. Science 245: 947-952, 1989.
- 45- Geschwind N.: Historical introduction. Cerebral Dominance, Geschwind N, Galaburda A.M., 1st Ed., USA, 1984, Harvard University Press. Sayfa: 1-8.
- 46- Geschwind N., Galaburda M.A.: Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. Arch Neurol 42:428-459, 1985.
- 47- Ghez C.: Voluntary movement. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 609-625.
- 48- Gilbert D.C., Wiesel N.T.: Columnar specificity of intrinsic horizontal and corticocortical connections in cat visual cortex. J Neurosci 9(7): 2422-2442, 1989.
- 49- Glass A.: Round table on hemispheric specialization and lateral asymmetries in the EEG: Introduction. Biol Psychol 19: 151-157, 1984.
- 50- Glass A., Butler S., Carter C.J.: Hemispheric asymmetry of EEG alpha activation: Effects of gender and familial handedness. Biol Psychol 19: 169-187, 1984.
- 51- Goldman-Rakic P.: Topography of cognition: Parallel distributed networks in primate association cortex. Annu Rev Neurosci 11: 137- 156, 1988.
- 52- Gouras P.: Color Vision. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 467-480.
- 53- Groot J.: The visual system. Correlative Neuroanatomy, 21st Ed., USA, 1991, Prentice-Hall International Inc. Sayfa: 158-169.
- 54- Guyton C.A.: Text Book of Medical Physiology, 8th Ed., Philadelphia, 1991, W.B. Saunders Company. Sayfa: (a): 546- 549; (b): 560-569; (c): 634-647.
- 55- Habib M.: Anatomical asymmetries of the human cerebral cortex. Int J Neurosci 47: 67-79, 1989.
- 56- Habib M., Sirigu A.: Pure topographical disorientation: A definition and anatomical basis. Cortex 23: 73-85, 1987.

- 57- Habib M., Touze F., Galaburda M.A.: Intrauterine factors in sinistrality: A review. Advances in Psychology 67: 99-127, 1990.
- 58- Hager C.J., Ekman P.: The asymmetry of facial actions is inconsistent with models of hemispheric specialization. Psychophysiology 22(3): 307-318, 1985.
- 59- Hasselmo M.E., Rolls E.T., Baylis G.C., Nalwa V.: Object-centered encoding by face-selective neurons in the superior temporal sulcus of the monkey. Exp Brain Res 75: 417-429, 1989.
- 60- Hassler M.: Functional cerebral asymmetries and cognitive abilities in musicians, painters, and controls. Brain Cogn 13: 1-17, 1990.
- 61- Hellige J.B.: Hemispheric asymmetry. Annu Rev Psychol 41: 55-80, 1990.
- 62- Heywood C.A., Cowey A., Newcombe F.: On the role of parvocellular (P) and magnocellular (M) pathways in cerebral achromatopsia. Brain 117: 245-254, 1994.
- 63- Horton C.J., Hoyt F.W.: Quadrantic visual field defects. Brain 114: 1703-1718, 1991.
- 64- Howard D., Patterson K., Wise R., Brown W.D., Friston K., Weiller C., Frackowiak R.: The cortical localization of the lexicons. Brain 115: 1769-1782, 1992.
- 65- Hughdahl K., Iversen P.M., Johnsen B.H.: Laterality for facial expressions: Does the sex of the subject interact with the sex of the stimulus face? Cortex 29: 325-331, 1993.
- 66- Humphreys G.W., Donnelly N., Riddoch M.J.: Expression is computed separately from moving and static faces: Neuropsychological evidence. Neuropsychologia 31(2): 173-181, 1993.
- 67- Kandel R.E.: Perception of motion, depth, and form. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 440-466.
- 68- Kosslyn S.M., Alpert M.N., Thompson W.L., Chabris C.F., Rauch S.L., Anderson A.K.: Identifying objects seen from different viewpoints: A PET Investigation. Brain 117: 1055-1071, 1994.
- 69- Kupfermann J.: Localization of higher cognitive and affective functions: The association cortices. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 823-838.
- 70- Ladavas E., Petronio A., Umiltà C.: The deployment of visual attention in the intact field of hemineglect patients. Cortex 26: 307-317, 1990.
- 71- Lamb M.R., Robertson L.C., Knight R.T.: Attention and interference in the processing of global and local information: Effects of unilateral temporal-parietal junction lesions. Neuropsychologia 27(4): 471-483, 1989.
- 72- Landis T., Cummings J.L., Christen L., Bogen J.E., Imhof H.: Are unilateral right posterior cerebral lesions sufficient to cause prosopagnosia? Clinical and radiological findings in six additional patients. Cortex 22: 243-252, 1986.
- 73- Landis T., Regard M., Bliese A., Kleihues P.: Prosopagnosia and agnosia for noncanonical views. Brain 111: 1287-1297, 1988.
- 74- Lavigne T.M.: Phototransduction and information processing in the retina. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 400-418.

- 75- Levine S.C., Banich M.T., Koch-Weser M.P.: Face recognition: A general or specific right hemisphere capacity? Brain Cogn 8: 303-325, 1988.
- 76- Levine S.C., Levy J.: Perceptual asymmetry for chimeric faces across the life span. Brain Cogn 5: 291-306, 1986.
- 77- Lewis R.S., Colege P., Harris L.J.: Handedness, sex, and spatial ability. Advances in Psychology 67: 319-339, 1990.
- 78- Livingstone M., Hubel D.: Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. Science 240: 740-749, 1988.
- 79- Lu S.T., Hamalainen M.S., Hari R., Ilmoniemi R.J., Lounasmaa O.V., Sams M., Vilkman V.: Seeing faces activates three separate areas outside the occipital visual cortex in man. Neuroscience 43(2,3): 287-290, 1991.
- 80- Martin H.J.: The collective electrical behavior of cortical neurons: The electroencephalogram and the mechanisms of epilepsy. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 777-791.
- 81- Martin H.J., Jessel M.T.: Anatomy of the somatic sensory system. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 353-366.
- 82- Mason C., Kandel R.E.: Central visual pathways. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 420-439.
- 83- Mayeux R., Kandel R.E.: Disorder of language: The aphasias. Principles of Neural Science, Ed: Kandel R.E., Schwartz H.J., Jessel M.T., 3rd Ed., USA, 1991, Elsevier Science Publishing Co. Sayfa: 839-851.
- 84- McCarthy R., Warrington K.E.: Cognitive Neuropsychology, 1st Ed., USA, 1990, Academic Press Inc. Sayfa: (a): 1-21; (b): 22-55; (c): 56-72; (d): 73-97; (e): 214-240.
- 85- McNeil J.E., Warrington E.K.: Prosopagnosia: A face-specific disorder. Q J Exp Psychol 46A(1): 1-10, 1993.
- 86- Merigan W.H. and Maunsell J.H.R.: How parallel are the primate visual pathways? Annu Rev Neurosci 16: 369-402, 1993.
- 87- Milner B.: Carotid-amygdala studies of speech representation and gesture control. Discussions in Neuroscience 10(1,2): 109-118, 1994.
- 88- Miyashita Y.: Inferior temporal cortex: Where visual perception meets memory. Annu Rev Neurosci 16: 245-263, 1993.
- 89- Mody C.K., McIntyre H.B., Miller B.L., Altman K., Read S.: Computerized EEG frequency analysis and topographic brain mapping in Alzheimer Disease. Ann NY Acad Sci 620: 45-56, 1991.
- 90- Nieber D., Schlegel S.: Relationships between psychomotor retardation and EEG power spectrum in major depression. Neuropsychobiology 25: 20-23, 1992.
- 91- Nuwer R.M.: Topographic mapping, frequency analysis, and other digital techniques in electroencephalography. Electrodiagnosis in Clinical Neurology, 3rd Ed., USA, 1992, Churchill Livingstone Inc. Sayfa: 225-248.

- 92- O'Boyle M.W., Alexander J.E., Benbow C.P.: Enhanced right hemisphere activation in the mathematically precocious: A preliminary EEG investigation. Brain Cogn 17: 138-153, 1991.
- 93- O'Boyle M.W., Benbow C.P.: Enhanced right hemisphere involvement during cognitive processing may relate to intellectual precocity. Neuropsychologia 28(2): 211-216, 1990.
- 94- Ogden J.A.: Visual object agnosia, prosopagnosia, achromotopsia, loss of visual imagery, and autobiographical amnesia following recovery from cortical blindness: Case M.H. Neuropsychologia 31(6): 571- 589, 1993.
- 95- Ojemann G.A.: Effect of cortical and subcortical stimulation on human language and verbal memory. Association for Research in Nervous and Mental Disease 66: 101-115, 1988.
- 96- Ojemann G.A.: Cortical organization of language. J Neurosci 11(8): 2281-2287, 1991.
- 97- Osiejuk E.: Discourse functions and hemispheric asymmetry. Acta Neurobiol Exp 53: 275-279, 1993.
- 98- Parry M.F., Young A.W., Shona J., Saul M., Moss A.: Dissociable face processing impairments after brain injury. J Clin Exp Neuropsychol 13(4): 545-558, 1991.
- 99- Pehlivan F.: Elektroanşefalografinin temel ilkeleri. Biyofizik, 1. Baskı, Ankara, 1989, Pelin Ofset Matbaası. Sayfa: 108-113.
- 100- Perani D., Vallar G., Paulesu E., Alberoni M., Fazio F.: Left and right hemisphere contribution to recovery from neglect after right hemisphere damage. Neuropsychologia 31(2): 115-125, 1993.
- 101- Petersen S.E., Fox P.T., Snyder A.Z., Raichle M.E.: Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and words-like stimuli. Science 249: 1041-1044, 1990.
- 102- Petersen S.E., Fox P.T., Posner M.I., Mintun M., Raichle M.E.: Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. Nature 331: 585-589, 1988.
- 103- Primavera A., Novello P.: Quantitative electroencephalography in Parkinson's Disease, dementia, depression and normal aging. Neuropsychobiology 25: 102-105, 1992.
- 104- Quint S.R., Michaels D.F., Hilliard G.W., Messenheimer J.A.: A real-time system for the spectral analysis of the EEG. Comput Methods Programs Biomed 28: 11-22, 1989.
- 105- Raichle M.E.: Positron emission tomographic studies of verbal response selection. Discussions in Neuroscience 10(1,2): 130-136, 1994.
- 106- Rains G.D., Milner B.: Right-hippocampal contralateral-hand effect in the recall of spatial location in the tactile modality. Neuropsychologia 32(10): 1233-1242, 1994.
- 107- Rapcsak S.Z., Comer J.F., Rubens A.B.: Anomia for facial expressions: Neuropsychological mechanisms and anatomical correlates. Brain Lang 45: 233-252, 1993.
- 108- Regard M., Cook N.D., Wieser H.G., Landis T.: The dynamics of cerebral dominance during unilateral limbic seizures. Brain 117: 91-104, 1994.
- 109- Renzi E.: Prosopagnosia in two patients with CT scan evidence of damage confined to right hemisphere. Neuropsychologia 24(3): 385-389, 1986.
- 110- Renzi E., Faglioni P., Grossi D., Nichelli P.: Apperceptive and associative forms of prosopagnosia. Cortex 27: 213-221, 1991.

- 111- Renzi E., Perani D., Carlesimo G.A., Silveri M.C., Fazio F.: Prosopagnosia can be associated with damage confined to right hemisphere- A MRI and PET study and a review of the literature. Neuropsychologia 32(8): 893-902, 1994.
- 112- Rhodes G.: Configural coding, expertise, and the right hemisphere advantage for face recognition. Brain Cogn 22: 19-41, 1993.
- 113- Rippon G.: Individual differences in electrodermal and electroencephalic asymmetries. Int J Psychophysiol 8: 309-320, 1990.
- 114- Roberts T.A., Kraft R.H.: Developmental differences in the relationship between reading comprehension and hemispheric alpha patterns: An EEG study. J Educ Psychol 81(3): 322-328, 1989.
- 115- Robertson L.C., Lamb R.M., Knight T.R.: Effects of lesions of temporal-parietal junction on perceptual and attentional processing in humans. J Neurosci 8(10): 3757-3769, 1988.
- 116- Rolls E.T., Baylis G.C., Hasselmo M.E., Nalwa V.: The effect of learning on the face selective responses of neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey. Exp Brain Res 76: 153-164, 1989.
- 117- Rosen G.D., Sherman G.F., Galaburda A.M.: Ontogenesis of neocortical asymmetry: A thymidine study. Neuroscience 41(2,3): 779- 790, 1991.
- 118- Rossi A., Serio A., Stratta P., Petrucci C., Schiazza G., Mattei P., Mancini F., Casacchia M.: Three-dimensional in vivo planum temporale reconstruction. Brain Lang 47: 89-95, 1994.
- 119- Schiff B.B., Truchon C.: Effect of unilateral contraction of hand muscles on perceiver biases in the perception of chimeric and neutral faces. Neuropsychologia 31(12): 1351-1365, 1993.
- 120- Schiller P.H., Logothetis K.N., Charles R.E.: Functions of the color-opponent and broad-band channels of the visual system. Nature 343: 68-70, 1990.
- 121- Schiller P.H., Logothetis K.N.: The color-opponent and broad-band channels of the primate visual system. Trends Neurosci 13(10): 392-399, 1990.
- 122- Schnider A., Benson D.F., Alexander D.N., Schnider-Klaus A.: Non-verbal environmental sound recognition after unilateral hemispheric stroke. Brain 117: 281-287, 1994.
- 123- Schweinberger S.R., Sommer W., Stiller R.M.: Event-related potentials and models of performance asymmetries in face and word recognition. Neuropsychologia 32(2): 175-191, 1994.
- 124- Seeck M., Mainwaring N., Ives J., Blume H., Dubuisson D., Cosgrove R., Mesulam M., Schomer D.L.: Differential neural activity in the human temporal lobe evoked by faces of family members and friends. Ann Neurol 34(3): 369-372, 1993.
- 125- Shapley R.: Parallel retinocortical channels: X and Y and P and M. Advances in Psychology 86: 3-36, 1992.
- 126- Shumikhina I.S.: Potentiation of the extrageniculo-striate pathway: A possible role in visual pattern discrimination. Prog Brain Res 95: 85-99, 1993.
- 127- Singer W.: Synchronization of cortical activity and its putative role in information processing and learning. Annu Rev Physiol 55: 349-374, 1993.
- 128- Snyder J.P., Harris J.L.: Handedness, sex, and familial sinistrality effects on spatial tasks. Cortex 29: 115-134, 1993.

- 129- Steriade M., Gloor P., Llinas R.R., Lopes da Silva F.H., Mesulam M.M.: Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 76: 481-508, 1990.
- 130- Sterzi R., Bottini G., Celani M.G., Righetti E., Lamassa M., Ricci S., Vallar G.: Hemianopia, hemianesthesia, and hemiplegia after right and left hemisphere damage. A hemispheric difference. J Neurol Neurosurg Psychiatr 56: 308-310, 1993.
- 131- Stryker M.P.: Temporal associations. Nature 354(14): 108-109, 1991.
- 132- Tan Ü.: The distribution of hand preference in normal men and women. Int J Neurosci 41: 35-55, 1988.
- 133- Tanaka K., Saito H.A., Fukado Y., Moriya M.: Coding visual images of objects in the inferotemporal cortex of the macaque monkey. J Neurophysiol 66(1): 170-189, 1991.
- 134- Toffol B., Autret A., Markabi S., Roux S.: Influence of lateralized sensorimotor and neuropsychological activities on electroencephalographic spectral power. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 75: 200-206, 1990.
- 135- Toffol B., Autret A., Degiovanni E., Roun S.: Spectral analysis of the EEG (alpha rhythm) and activity in the left hemisphere: The effects of lateral gaze. Neuropsychologia 28(8): 879-882, 1990.
- 136- Toffol B., Autret A.: Influence of lateralized neuropsychological activities with and without sensorimotor components on EEG spectral power (alpha rhythm). Int J Psychophysiol 11: 109-114, 1990.
- 137- Tohgi H., Watanabe K., Takanashi H., Yonezawa H., Hatano K., Sasaki T.: Prosopagnosia without topographagnosia and object agnosia associated with a lesion confined to the right occipitotemporal region. J Neurol 241: 470-474, 1994.
- 138- Ts'o Y.D., Gilbert D.C.: The organization of chromatic and spatial interactions in the primate striate cortex. J Neurosci 8(5): 1712- 1727, 1988.
- 139- Umiltà C., Rizzolatti G., Anzola P.G., Luppino G., Porro C.: Evidence of interhemispheric transmission in laterality effects. Neuropsychologia 23(2): 203-213, 1985.
- 140- Vingiano W.: Pseudoneglect on a cancellation task. Int J Neurosci 58: 63-67, 1991.
- 141- Weisstein N., Maguire W., Brannan R.J.: M and P pathways and the perception of figure and ground. Advances in Psychology 86: 137-166, 1992.
- 142- West B.J.: Physiological Basis of Medical Practise, 12th Ed., Baltimore, 1991, Williams and Wilkins Co. Sayfa: (a): 970-998; (b): 1094-1107.
- 143- Williams D.: Cooperative parallel processing in depth, motion and texture perception. Advances in Psychology 86: 167-225, 1992.
- 144- Williams P.L., Warwick R., Dyson M., Bannister L.H.: Neurology. Gray's Anatomy, 27th Ed., UK, 1989, Churchill Livingstone. Sayfa: 859-1244.
- 145- Witelson S.F.: The brain connection: The corpus callosum is larger in left-handers. Science 229: 665-668, 1985.
- 146- Witelson S.F.: Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human brain corpus callosum. Brain 112: 799-835, 1989.
- 147- Witelson S.F., Nowakowski R.S.: Left out axons make men right: A hypothesis for the origin of handedness and functional asymmetry. Neuropsychologia 29(4): 327-333, 1991.

- 148- Yamaguchi S., Tsuchiya H., Kobayashi S.: Electroencephalographic activity associated with shifts of visuospatial attention. Brain 117: 553-562, 1994.
- 149- Young A.W., Flude B.M., Hay D.C., Ellis A.W.: Impaired discrimination of familiar from unfamiliar faces. Cortex 29: 65-75, 1993.
- 150- Zaidel E.: A response to Gazzaniga: Language in the right hemisphere, convergent perspectives. Am Psychol 38: 542-546, 1983.
- 151- Zappala R.A.: Fundamentals and applications of quantified electrophysiology. Ann NY Acad Sci 620: 1-21, 1991.
- 152- Zeki S.: A Vision of the Brain, 1st Ed., USA, 1993, Blackwell Scientific Publications. Sayfa: (a): 73-81; (b): 87-93; (c): 94-114; (d): 122-130; (e): 131-141; (f): 147-164; (g): 171-185; (h): 186-196; (i): 197-206; (j): 295-308; (k): 309-320.
- 153- Zeki S., Watson J.D.G., Lueck C.J., Friston K.J., Kennard C., Frackowiak R.S.J.: A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. J Neurosci 11(3): 641-649, 1991.