

# Dil ve Beyin

DBB 302

Özgür Aydın

---

Özet

# Sinir Sistemine Genel Bakış

Özgür Aydın

## Merkezi sinir sistemi

Beyin (encephalon)

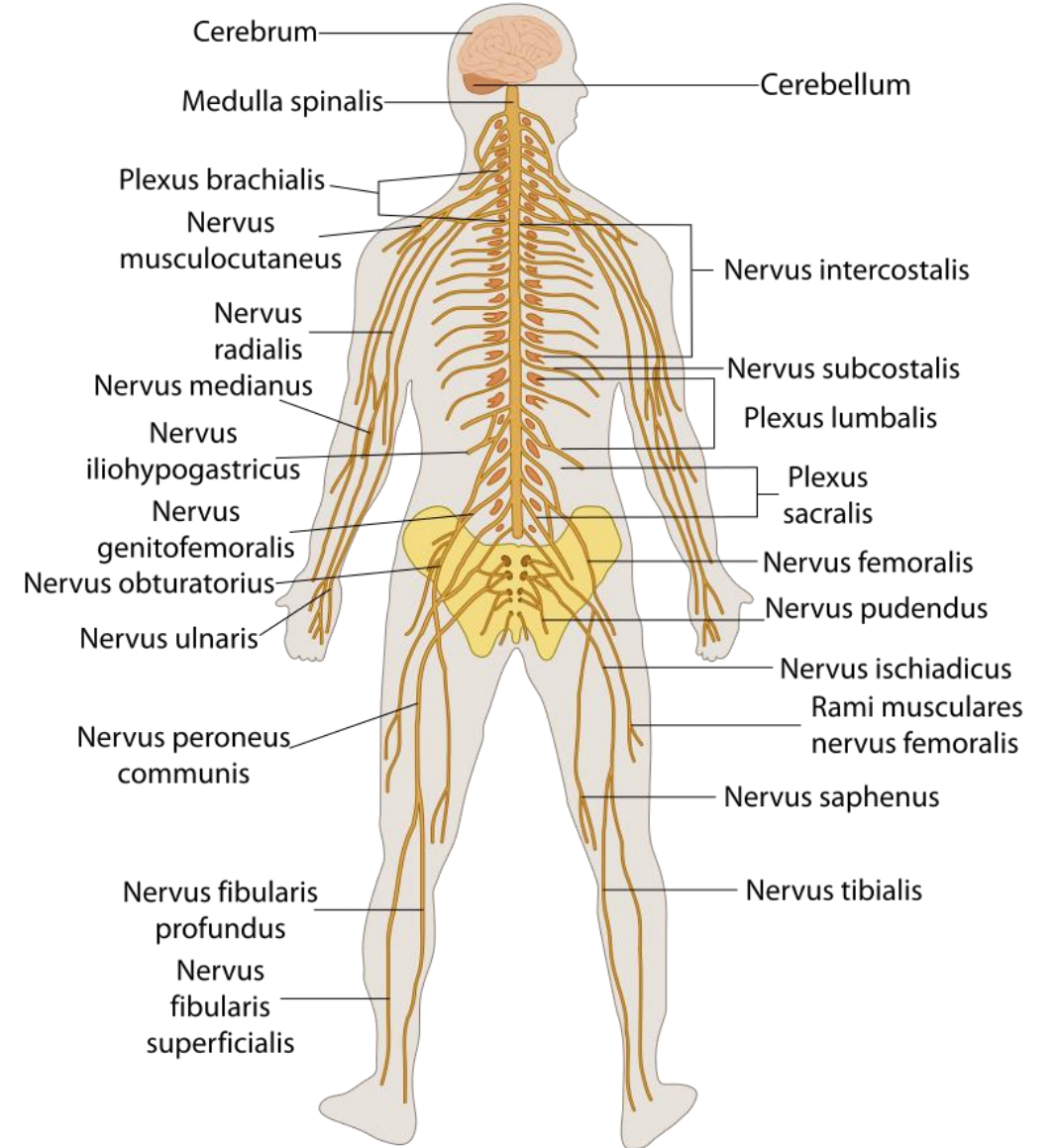
Omurilik (medulla spinalis)

## Periferik sinir sistemi

Kraniyal sinirler (nervi craniales)

Spinal sinirler (nervi spinales)

Otonom sinir lifleri (nervi autonomicum)



# Sinir Sistemine Genel Bakış

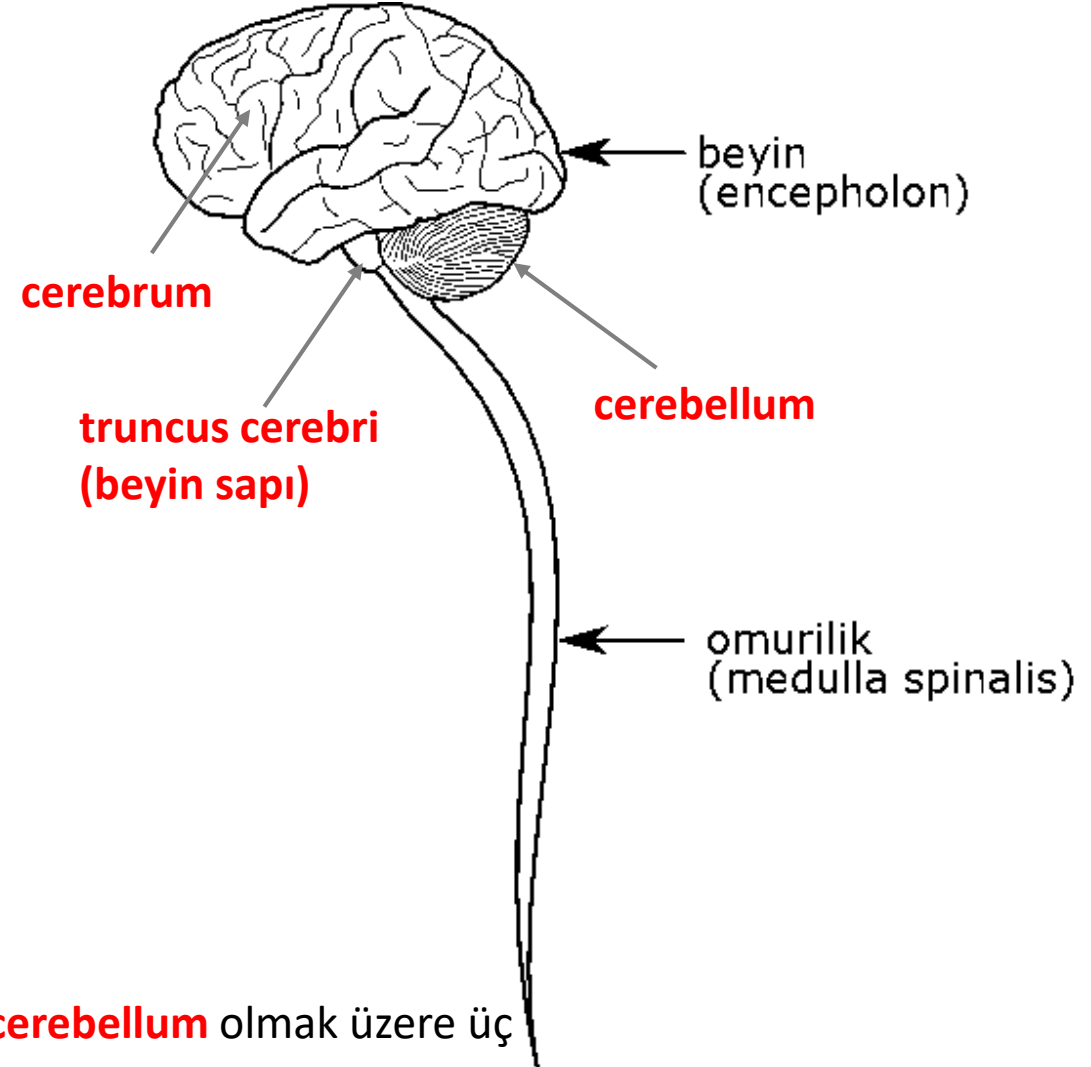
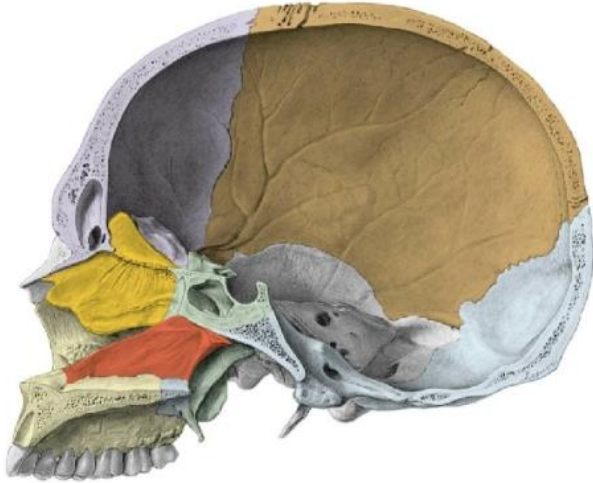
Özgür Aydın

## Merkezi sinir sistemi

Beyin (encephalon)

Omurilik (medulla spinalis)

Beyin **cavitas cranii** içersinde yer alır, medulla sinalis ise **canalis vertiralis** içersinde uzanır.



Beyin (encephalon) anatomik olarak **cerebrum**, **truncus cerebri** ve **cerebellum** olmak üzere üç bölümden oluşur.

## Merkezi sinir sistemi

### Beyin (encephalon)

Embriyolojik gelişimlerine göre de farklı bir şekilde sınıflama yapmak mümkündür. Bu sınıflamaya göre merkezi sinir sistemini oluşturan yapılar kranialden kaudale doğru şu şekilde sıralanır:

### **Prosencephalon (forebrain = ön beyin)**

Telencephalon (beyin hemisferleri)

Diencephalon (epithalamus, thalamus, hypothalamus, subthalamus)

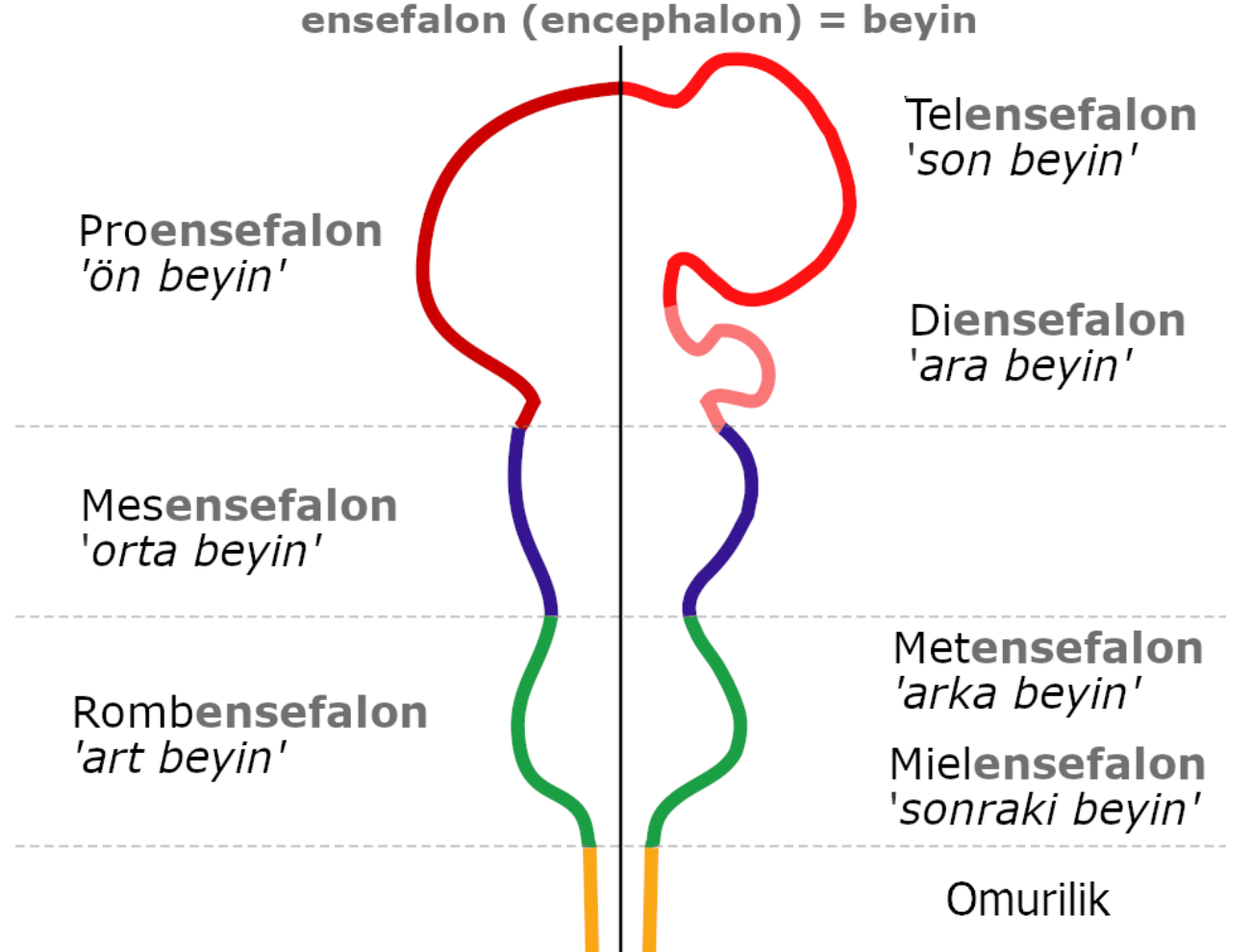
### **Mesencephalon (midbrain = orta beyin)**

### **Rhombencephalon (hindbrain = art beyin)**

Metencephalon (pons ve cerebellum)

Myelencephalon (medulla oblongata)

(Apaydın, 2021)



## Merkezi sinir sistemi

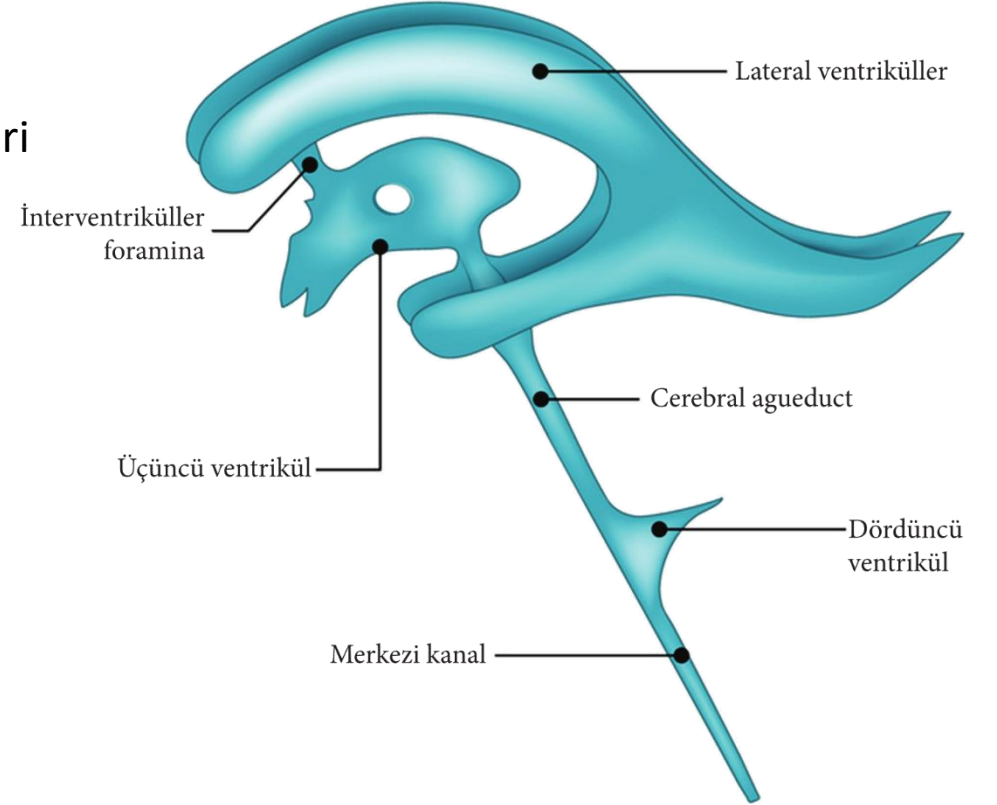
### Beyin (encephalon)

Beyin ve beyin sapı içerisinde yer alan, birbirleriyle bağlantılı ve içleri beyin-omurilik sıvısı (BOS) ile dolu olan boşluklara **ventrikül (ventriculus)** denir.

Görevi: Mekanik etkilere karşı koruyucu bir yastık.

Beynin **izafi ağırlığını azaltarak** normalde 1500 gr olan beynin 50 gr kadar hissedilmesini sağlar.

(Apaydın, 2021)



## Merkezi sinir sistemi

### Beyin (encephalon)

**Telensefalon** yani **cerebrum** yetişkin insan beyninin en büyük kısmıdır. İki **hemisferden** oluşur. Hemisferlerin dış yüzü çok **cerebral cortex** tarafından çevrelenmiştir. Hemisferlerin iç kısmı aksonlardan oluşan **substantia alba** adı verilen **beyaz maddeden** meydana gelir.

Cerebrum iki beyin yarı küresinden (hemispherium cerebri) meydana gelir. Hemispherium cerebri'lerin gri cevherine cortex cerebri denilir. Cortex cerebri'nin altında substantia alba cerebri (beynin beyaz cevheri) yer alır.

(Fazlıoğulları & Yılmaz, 2021)

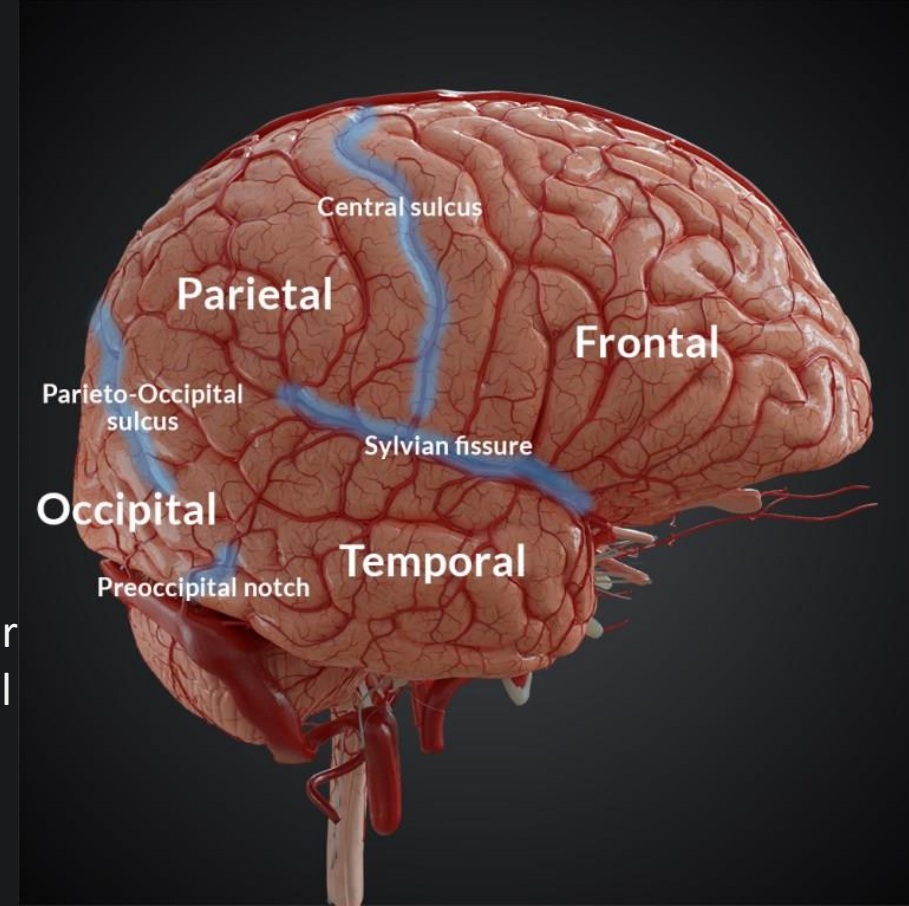


## Merkezi sinir sistemi

### Beyin (encephalon): Cerebrum (telensefalon)

**Beyin lobları (Lobi cerebri):** Her bir beyin yarı küresinde büyük ölçüde komşu olduğu kafa kemiğine uyan isimlerle lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis ve lobus temporalis ile iç taraftaki (dıştan görülemeyen) lobus insularis (insula) olarak adlandırılan 5 lob bulunmaktadır. Öndeki lobus frontalis'in ön uç kısmına **polus frontalis** denilir. Bu lob fossa cranii anterior'a yerleşmiştir. Orta-alt kısımda bulunan lobus temporalis'in öne-aşağıya doğru uzanan uç kısmına **polus temporalis** denilir ve bu lob da fossa cranii media'da bulunur. Arka kısmında bulunan uç kısmına ise **polus occipitalis** denir ve fossa cranii posterior'da yerleşmiştir. Beynin yan yüzünde frontal, parietal ve temporal loblar arasında bulunan derin yarığa, **sulcus lateralis** denilir. Frontal ve parietal loblar arasındaki derin oluğa ise, **sulcus centralis** denilir. Parietal ve oksipital loblar arasındaki oluğa, **sulcus parietooccipitalis** denilir.

(Apaydın, 2021)

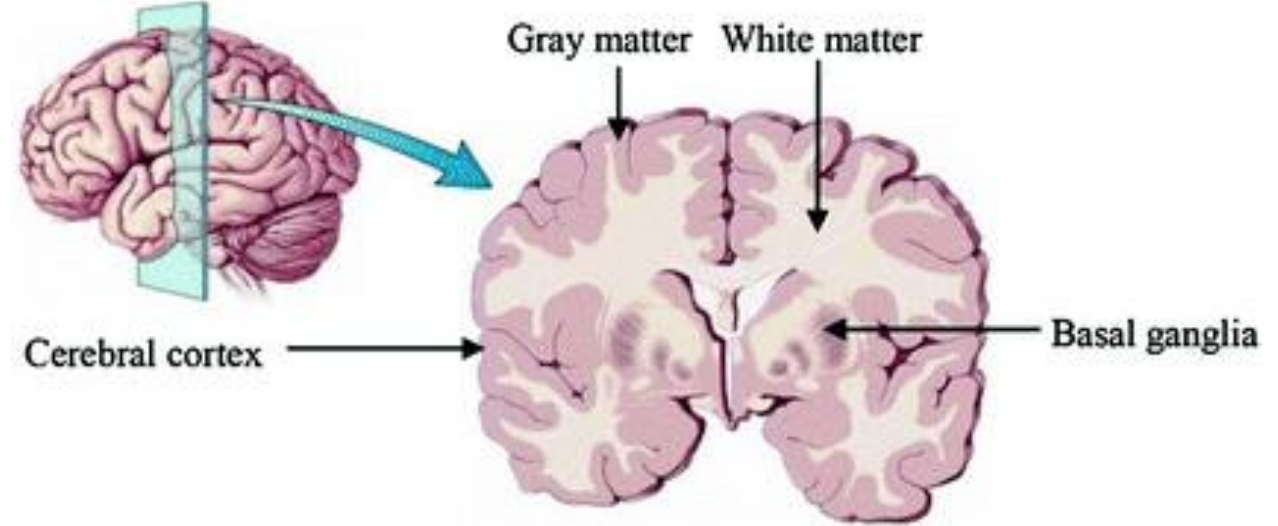


## Merkezi sinir sistemi

### Beyaz cevher

### Kortikal bağlantısallık

Genel olarak korteks ve kortikal alanların arasında bulunan bağlantıların hepsi beynin beyaz cevherini oluşturur. Kortikal yapıların arasındaki bağlantılar ve bu bağlantıların fonksiyonları günümüzde hala pek çok sinirbilim araştırmasının konusu olmaktadır. Kortikal konnektivite olarak da ifade edilebilen bu bağlantılar aslında beynin belirli bir alanının belirli bir işlevden sorumlu olmaktan çok, işlevlerin birbirleriyle bir sinir ağı ile bağlantılı birden çok merkez tarafından yani bir "network" sayesinde yürütüldüğünün kanıtıdır.





# Sinir Sistemine Genel Bakış

Özgür Aydın

## Merkezi sinir sistemi

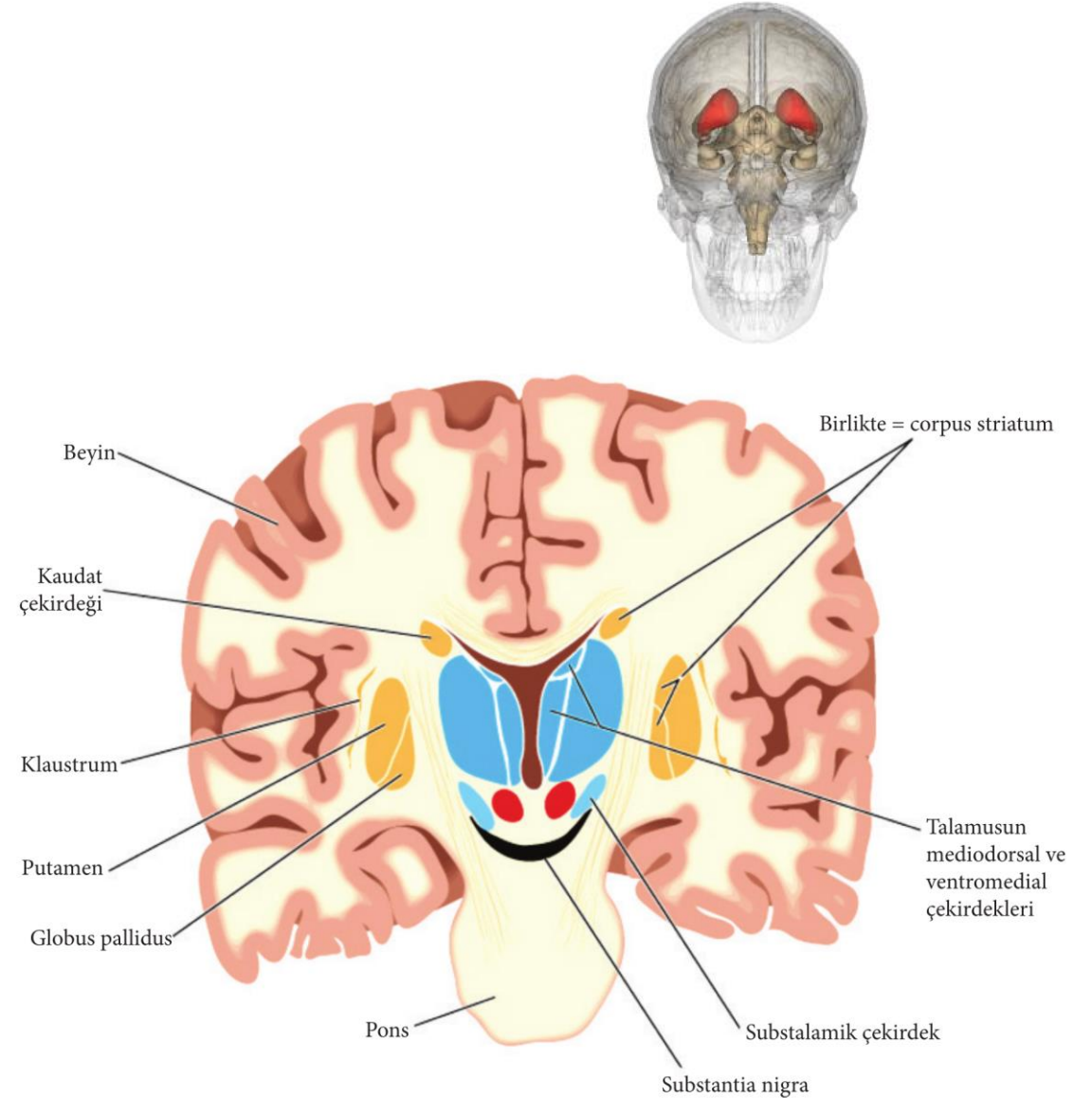
### Beyin (encephalon): Bazal çekirdekler

**motor hareketlerin koordinasyonu**  
**komplike hareketlerin düzenlenmesi**

Korteks tarafından öğrenilen **motor davranışların planlanması** ve **devam ettirilmesi** (Bisiklete binme, yüzme gibi).

Anlama, değerlendirme gibi **mental ve emosyonel fonksiyonlar**

(Apaydın, 2021)



# Sinir Sistemine Genel Bakış

Özgür Aydın

## Merkezi sinir sistemi

### Beyin (encephalon): Diensefalon

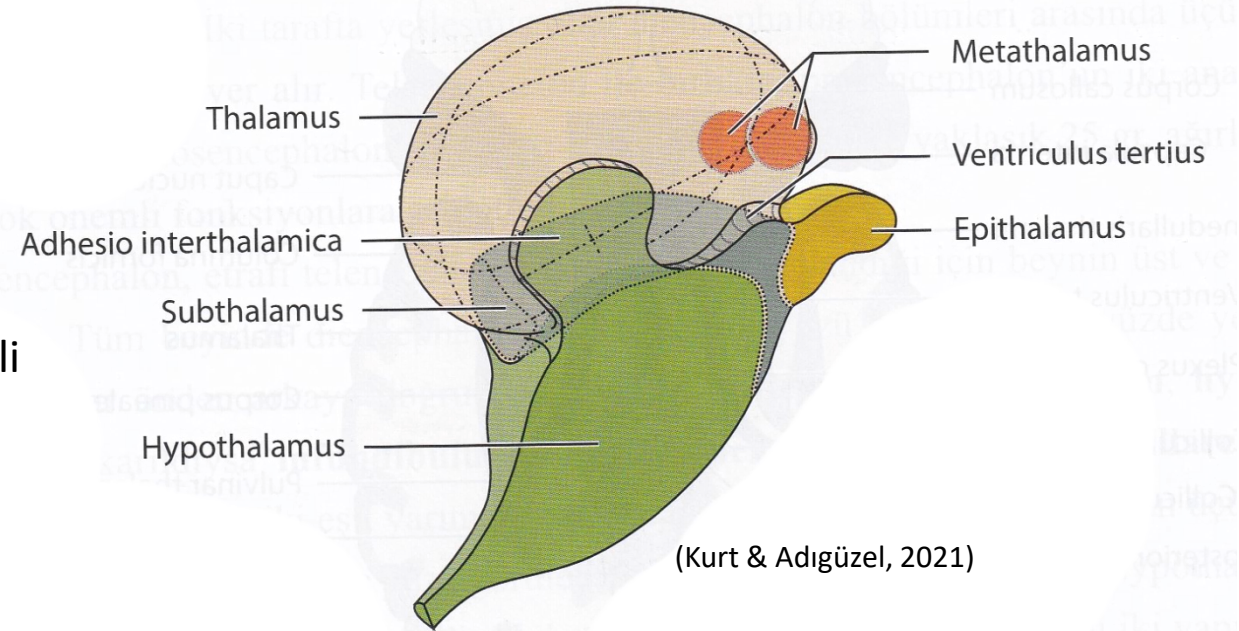
Diencephalon 4 kısımdan meydana gelmiştir: **Thalamus, hypothalamus, epithalamus, metathalamus.**

**Thalamus:** Duyusal impulsları entegre ettikten sonra kortekse gönderir. Mimik ve jestler ..

Çevrede olanlardan haberdar olma, bu durumlara karşı tetikte olma ve dikkat vb....

Limbik sistem ile olan bağlantıları sayesinde duyuların **emosyonel ilişkilerinin** değerlendirilmesi

**Hypothalamus:** Otonom sinir sistemi ile endokrin sistemi entegre ederek vücuttaki isteğimiz dışınca oluşan olayların dengeli bir şekilde oluşmasını sağlar ve organlarımızın düzenli şekilde çalışmalarını kontrol eder. Uyuma ve uyanıklıkla ilgilidir...



# Sinir Sistemine Genel Bakış

Özgür Aydın

## Merkezi sinir sistemi

### Beyin (encephalon): Beyincik (cerebellum)

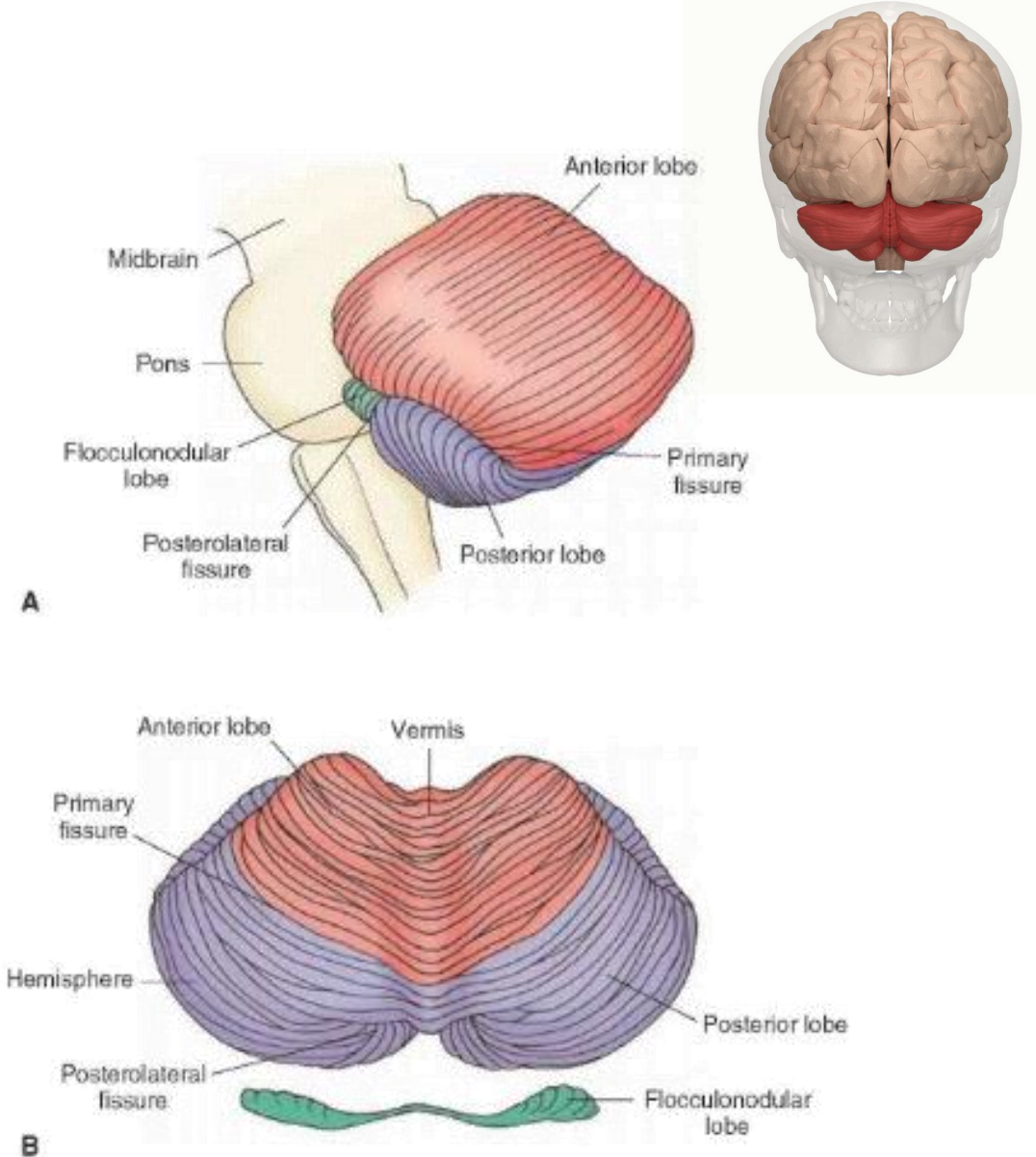
**Entegrasyon merkezidir.** Bu merkezde entegrasyonu ile içinde bulunduğumuz ortama oryante olmamız sağlanır.

Kas tonusunun ayarlanması

Postürünve dengenin korunması

Kasların koordineli bir şekilde çalışması

Beyin korteksine giden yolların bağlantısı yine beyincik korteksini etkisi altına alabilir.



# Sinir Sistemine Genel Bakış

Özgür Aydın

## Merkezi sinir sistemi

### Beyin (encephalon): Beyin sapı (truncus encephali)

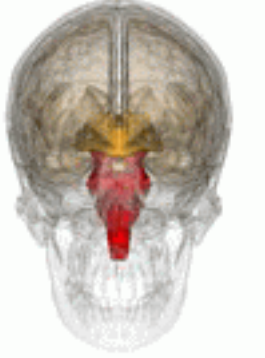
Beyin sapı (truncus encephali) 3 ana yapıdan oluşmuştur: medulla oblongata (bulbus), pons ve mesencephalon. Omurilik ve üst merkezler arasında uzanan tüm afferent ve efferent lifler buradan geçer.

Hayati öneme sahip solunum ve metabolizma merkezlerini içerir.

Yutma, kusma ve öksürük refleksleri

İçinde bulunduğumuz ortamda durumumuzu düzenlemeye yarayan ve başın pozisyonu

Uyku ya da uyanıklık da formatio reticularis'in kontrolündedir.



# Sinir Sistemine Genel Bakış

## Merkezi sinir sistemi

### Omurilik (medulla spinalis)

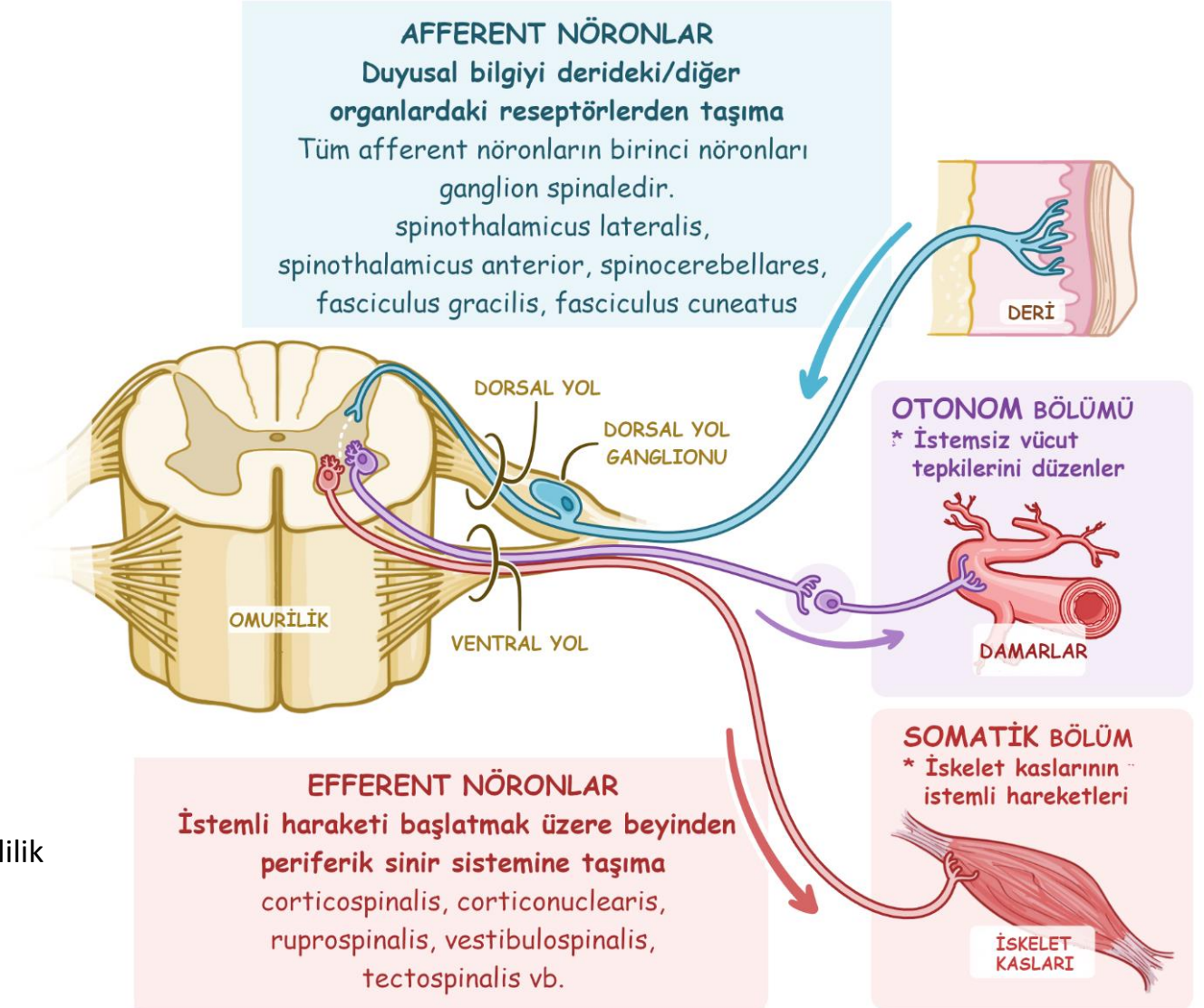
#### Efferent yollar (inen yollar, ventral):

- İstemli hareketi başlatmak ve düzenlemek,
- kas tonusu, postürün sağlanması,
- spinal refleks mekanizmalarının düzenlenmesi,
- afferent uyarıların geçişinin düzenlenmesi

#### Afferent yollar (çıkan yollar, dorsal):

- ağrı ve ısı duyusunu,
- kaba dokunmayı, basıncı, vibrasyon duyusunu,
- kas içciklerinden\*, golgi tendon organlardan bilgi aktaran istemsiz duyuları taşır.

\*Motor kontrol, postürün korunması ve stabil bir yürüyüş için gereklilik olan ekstremitelerin uzaydaki pozisyonunu ve hareketini hesaplar.

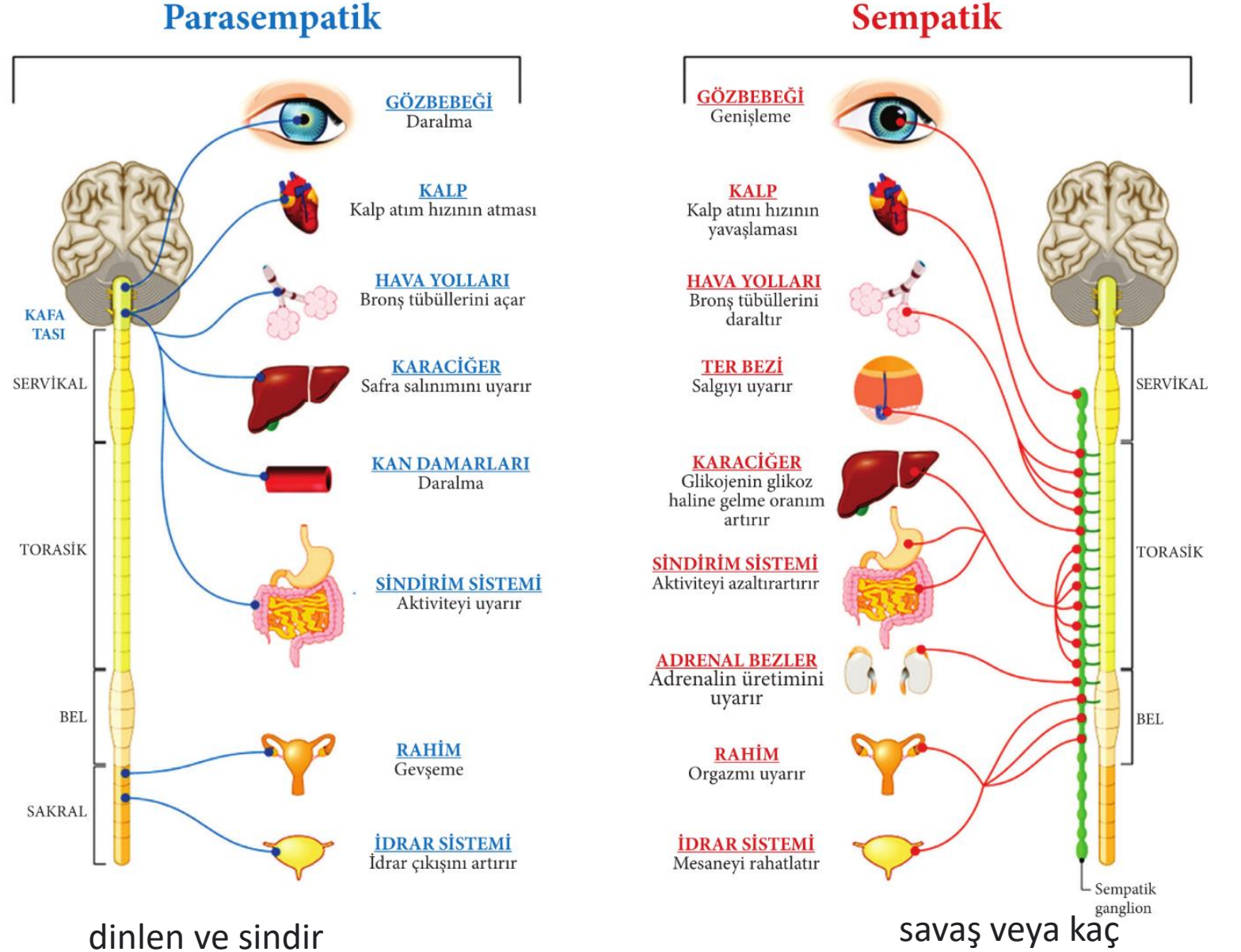


# Sinir Sistemine Genel Bakış

Özgür Aydın

## Otonom sinir sistemi

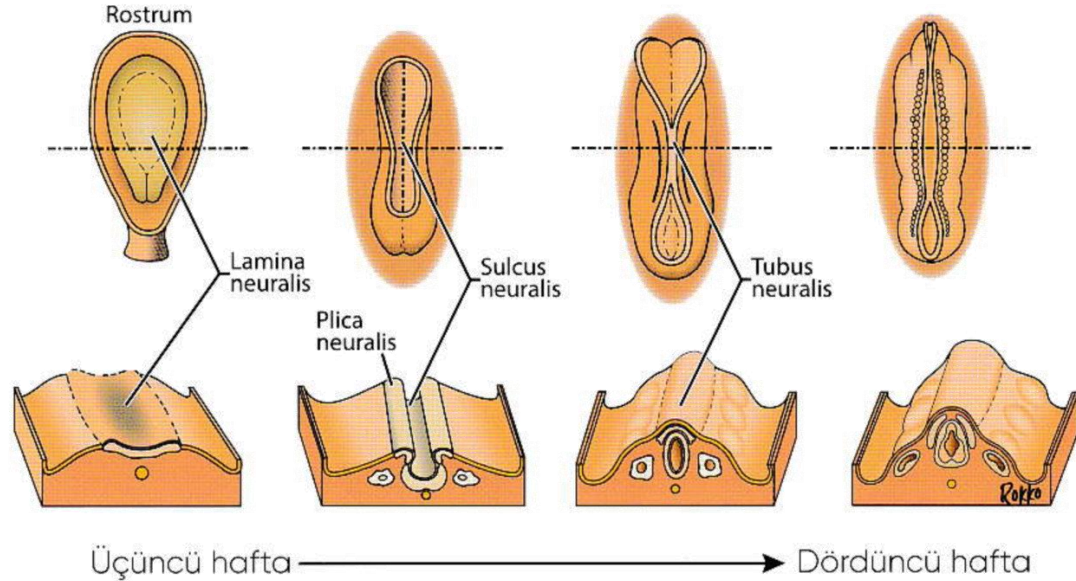
Otonom sinir sistemi, düz kaslar, kalp kası ve salgı bezleri gibi isteğimiz dışında çalışan organ ve sistemlere giden efferent ve bu yapılardan gelen duyu taşıyan afferentler içerir. Vücudun belirli bir denge içerisinde çalışmasını sağlayan ve genellikle birbirine zıt etki gösteren sempatik ve parasempatik olarak iki bölüme ayrılmıştır.



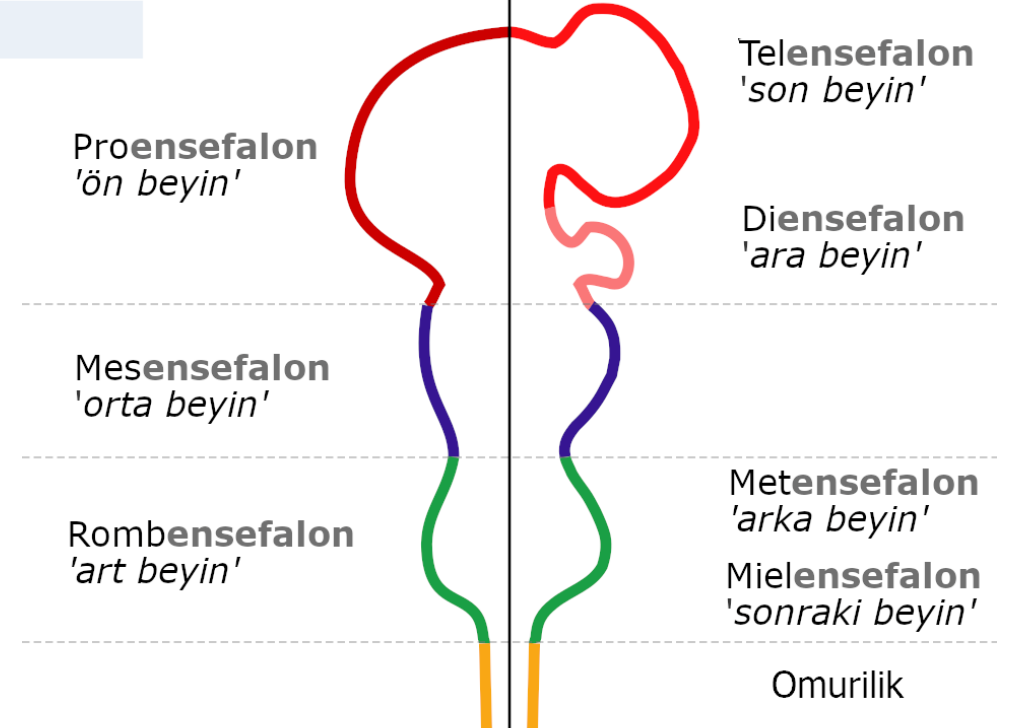
# Sinir Sisteminin Gelişimi

Özgür Aydın

Beyin Vezikülleri	Esas Gelişen Yapı	Alt bölümleri	Gelişen yapılar
Ön Beyin Vezikülü	Prosencefalon	Telencefalon	Hemispherium cerebri, bazal ganglia, hippocampus,
		Diencefalon	Thalamus, hypothalamus, glandula pinealis, infundibulum
Orta-Ara Beyin Vezikülü	Mesencefalon	Mesencefalon	Tectum, tegmentum, crus cerebri
Arka Beyin Vezikülü	Rhombencefalon	Metencefalon	Pons, cerebellum
		Myelencefalon	Medulla oblangata



ensefalon (encephalon) = beyin

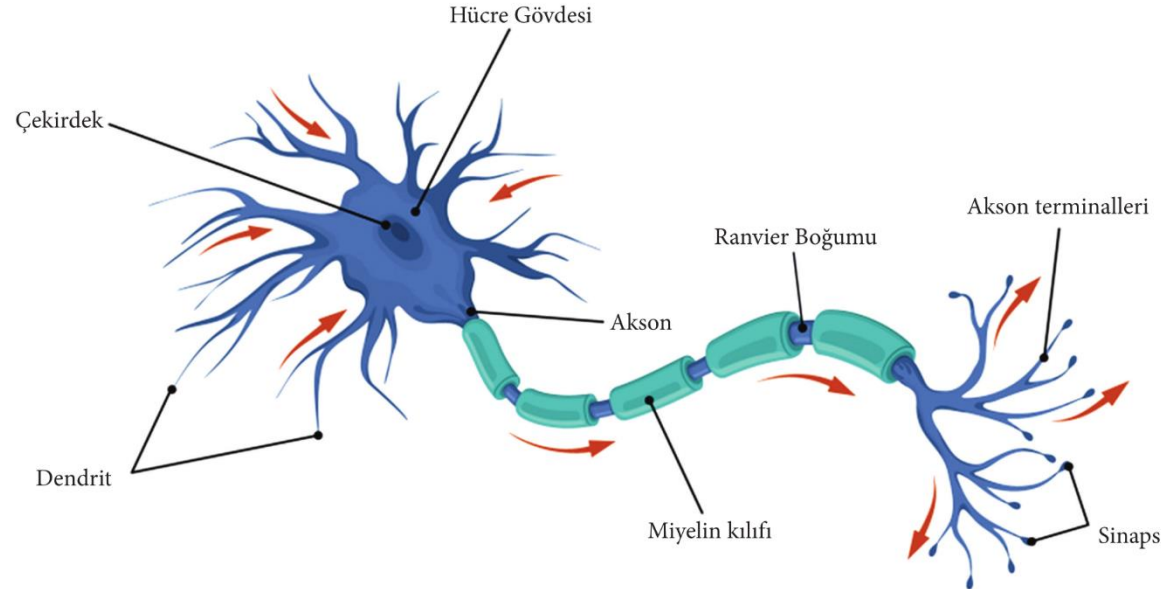


## Nöron

Nöronlar sinir impulslarını almak, iletmek, iletmek ve bunun sonucunda belli hücrel aktiviteyi başlatmaktan sorumludurlar. Aynı zamanda **nörotransmitter\*** ve diğer bilgi moleküllerini salgılamakla görevlidir. Şekil ve büyüklük açısından çok çeşitli nöronlar bulunsa da her bir nöron temel olarak **soma** ya da **perikaryon** olarak adlandırılan bir hücre gövdesi ve bu gövdeye bağlanan bir ya da birden çok uzantıdan oluşur. Bu uzantılara **sinir lifi (nörit)** denir. Bu uzantılar **dendrit** ve **akson** olmak üzere iki çeşittir

\*Nöronlar arasında veya bir nöron ile başka tür bir hücre arasında iletişimi sağlayan kimyasallar

(Apaydın, 2021)

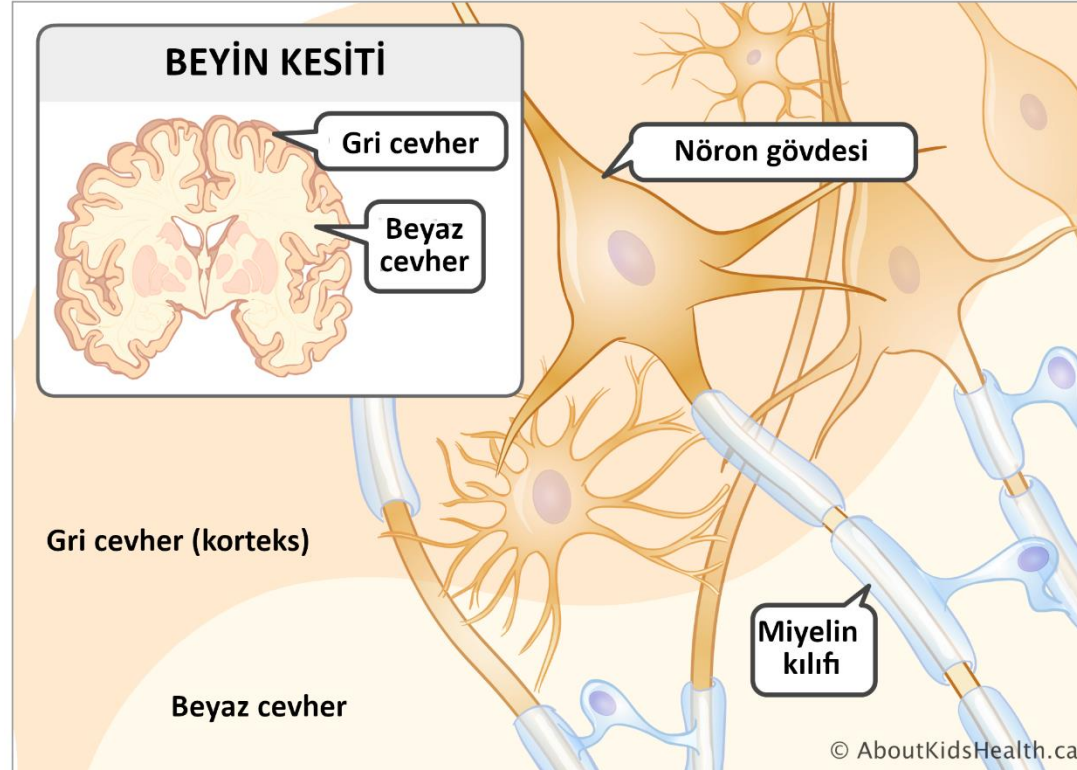




## Nöron

Omurilikte ise hücre gövdeleri merkezi kısımda yerleşmiştir. İşte bu şekilde merkezi sinir sistemi içinde toplu halde bulunan hücre gövdesi kümelerine genel olarak **nucleus**, periferik sinir sisteminde ise **ganglion** denilmektedir. Hücrelerin aksonal uzantıları çoğunlukla **miyelin** dediğimiz kılıfla kaplıdır. Miyelin kılıf taze görünümde aksona beyaz parlak görünüm verir. Dolayısıyla sinir uzantılarının topluca bulunduğu yerlere beyaz görüntüsünden ötürü **beyaz cevher (substantia alba)** denir.

(Apaydın, 2021)



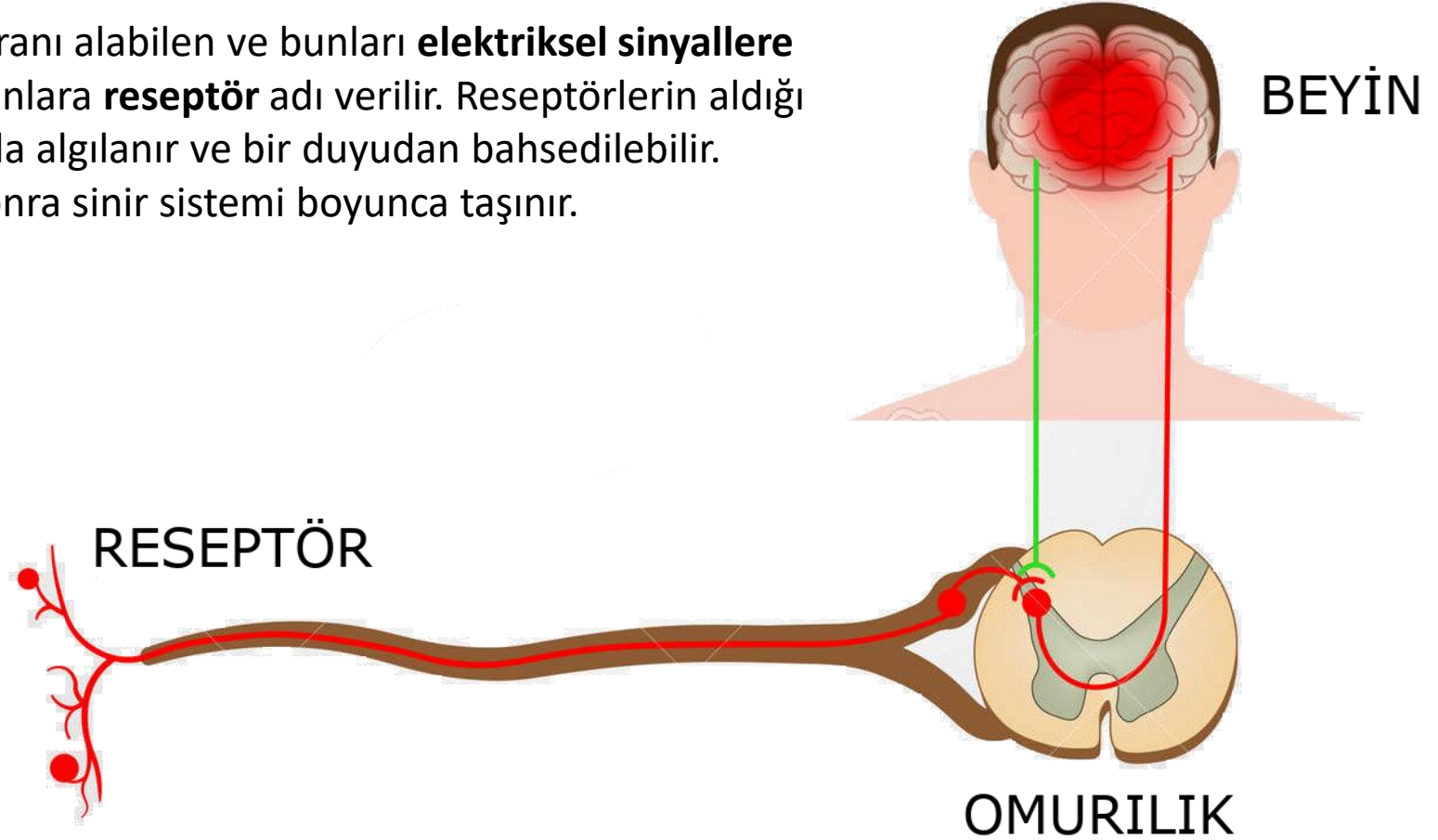
# Sinir Dokusunun Hücreleri

Özgür Aydın

## Nöron

İç çevreden ya da dış çevreden gelen bir uyarıyı alabilen ve bunları **elektriksel sinyallere (impuls)** dönüştürebilen özelleşmiş alıcı organlara **reseptör** adı verilir. Reseptörlerin aldığı impulslar ancak beyin korteksine ulaştığı anda algılanır ve bir duyudan bahsedilebilir. Alınan uyarılar impuls haline dönüştükten sonra sinir sistemi boyunca taşınır.

(Apaydın, 2021)

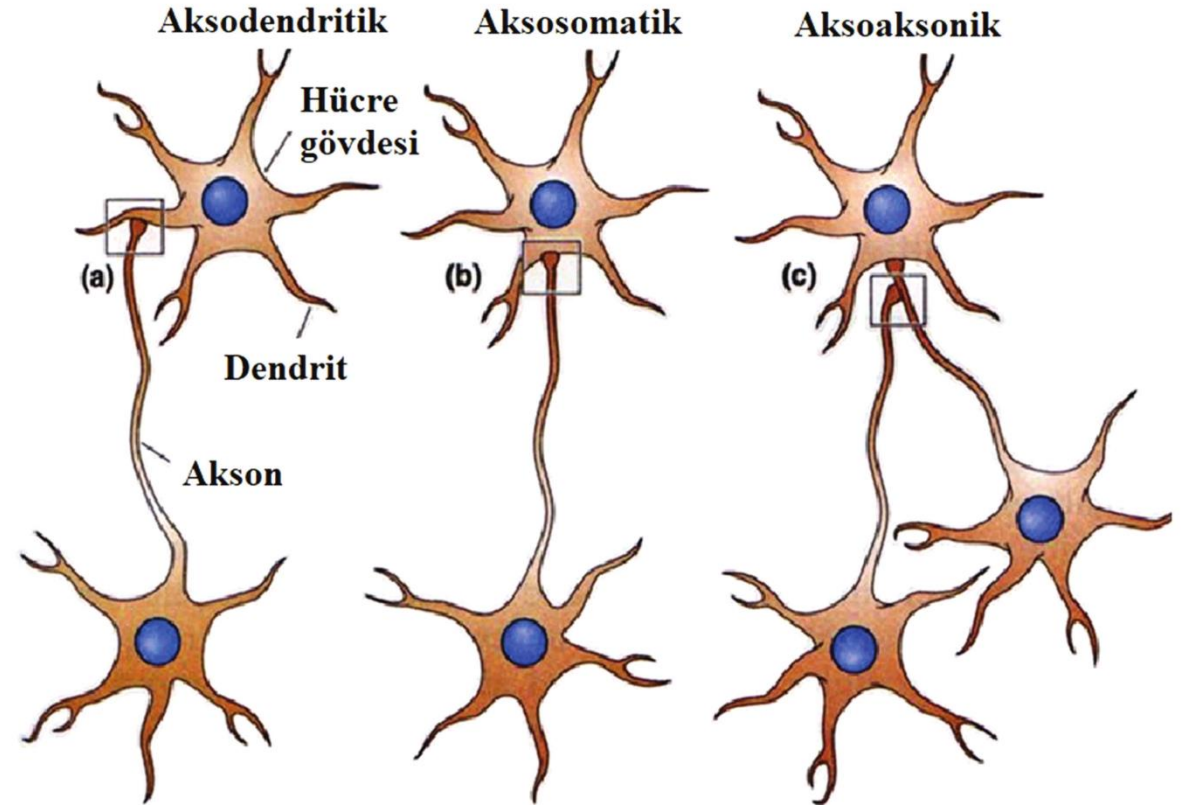


## Nöron

Nörondan nörona iletim elektrokimyasal bir olaydır. Sinir hücreleri birbirleri ile **sinaps** adı verilen yerlerde bağlantı kurar. Sinapsın önünde bulunan hücreye **presinaptik** (pregangliyonik), sonrasında bulunan hücreye **postsinaptik** (postganglionik) hücre denir. Morfolojik özelliklerine göre sinapslar dört grupta incelenebilir:

1. Aksodendritik sinaps
2. Aksosomatik sinaps
3. Aksoaksonik sinaps
4. Dendrodendritik sinaps

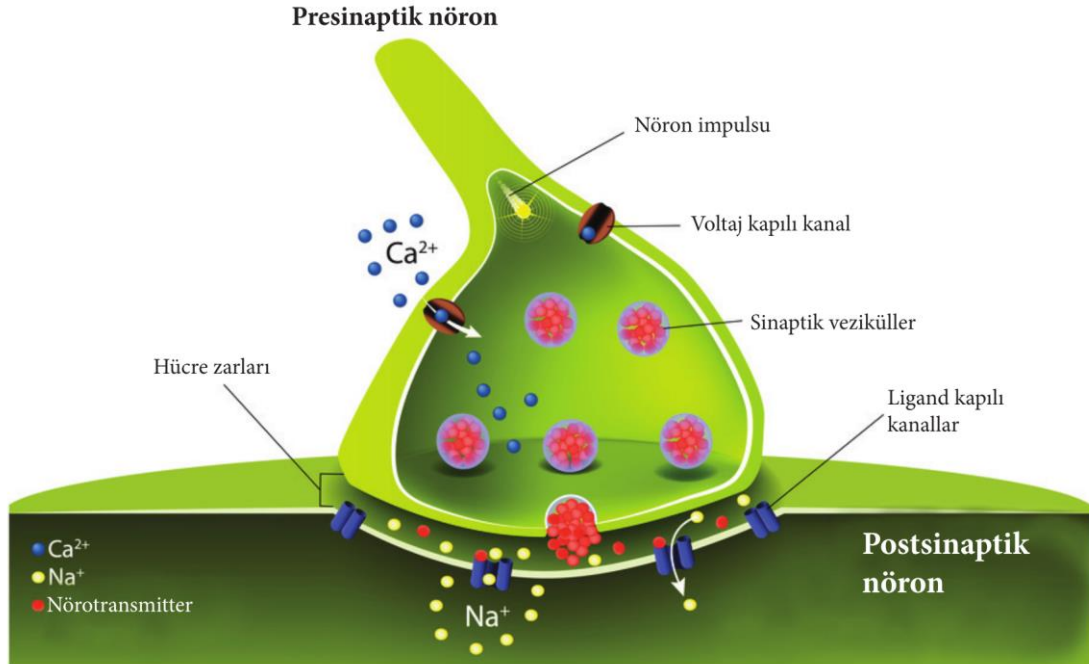
(Apaydın, 2021)



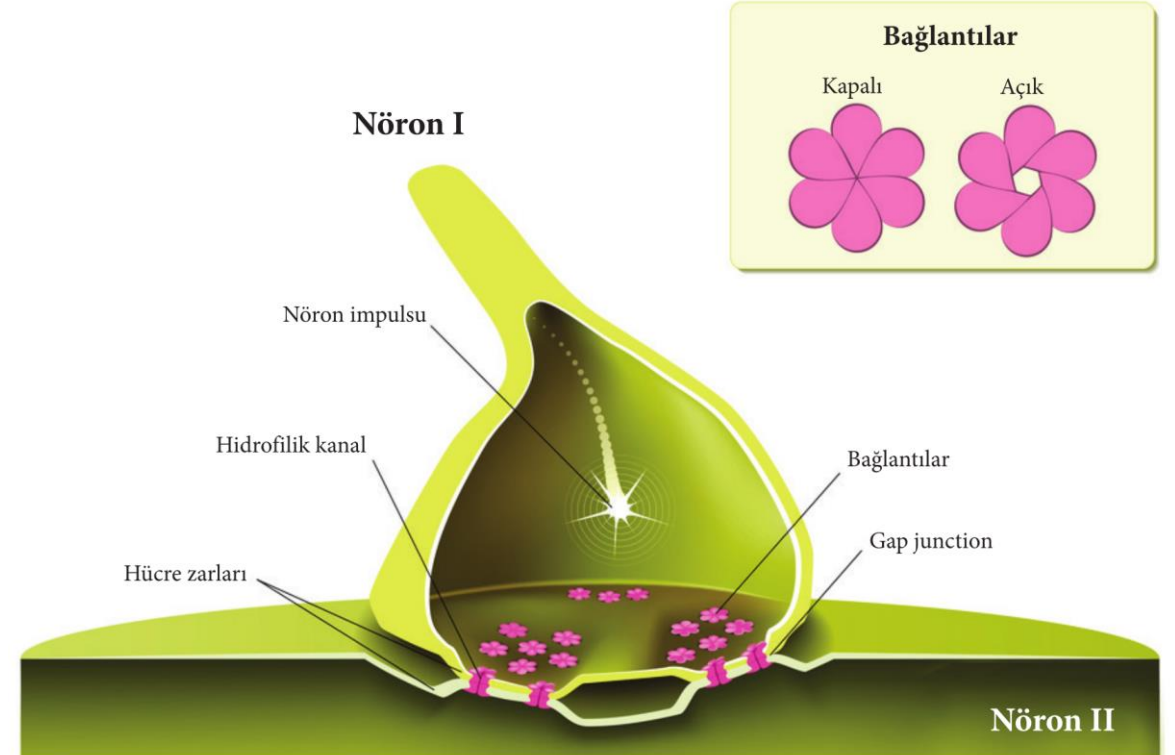
# Sinir Dokusunun Hücreleri

Özgür Aydın

**Kimyasal sinapslar:** İnsan beyinde bulunanların en yaygın olanıdır. Kimyasal bir madde olan ve **nörotransmitter** adı verilen maddeler sentezlenir. Nörotransmitterler (kimyasal madde) diğer sinir hücresindeki ilgili reseptörlere bağlanırlar. Böylece bu nöronun uyarılmasına neden olurlar.



**Elektriksel sinapslar:** Kimyasal sinapslardan daha az yaygındır ve pre-sinaptik nöron ile post-sinaptik nöronu birbirine bağlayan iyon kanallarına sahiptir. Son derece hızlıdır ve tipik olarak çift yönlüdür.



## Nöron çeşitleri

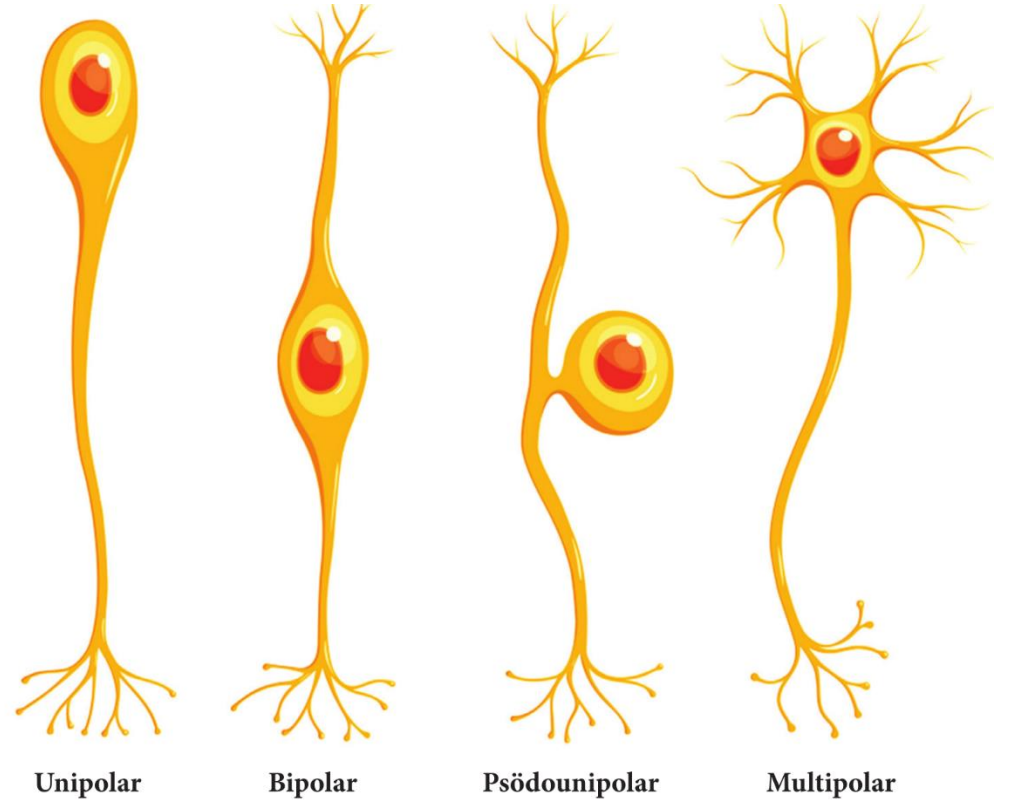
**Unipolar nöron:** Tek bir uzantısı olan nöronlardır. Vertebralılarda seyrek.

**Psödounipolar nöron:** Perikaryondan tek bir sinir lifi çıkar ve kısa bir seyirden sonra iki ana dala ayrılır. Bu dallardan birisi periferdeki yapılar, diğeri de merkezi sinir sistemine girer. Perifere gidene sinirin periferik uzantısı (dendrit), diğesine ise santral uzantısı (akson) denir.

**Bipolar nöron:** Hücre gövdesinden iki sinir lifi çıkar. Bunlardan birisi periferik (dendrit) diğeri santral (akson) uzantıdır. Vestibüler kohlear gangliyonda, burunda koku epitelinde (olfaktör epitel) bulunur.

**Multipolar nöron:** Nöronların en sık görülen tipidir. Sinir gövdesinden çok sayıda dendrit ve tek bir akson çıkar. Sinir sisteminde çok sayıdadır. Çoğunluğu motor nöronlardır.

(Apaydın, 2021)



# Sinir Dokusunun Hücreleri

Özgür Aydın

## Nöroglia hücreleri

Glial hücreler esas olarak adını “glue” yani “yapıştırıcı” kelimesinden almıştır. Sinir sisteminin konnektif dokusunu oluşturan hücrelerdir. Nöronlara metabolik ve mekanik destek sağlar.

### **Merkezi sinir sistemi**

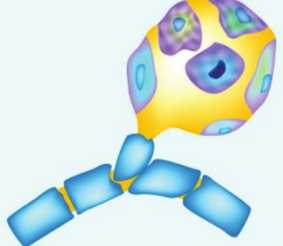
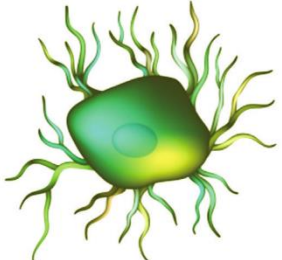
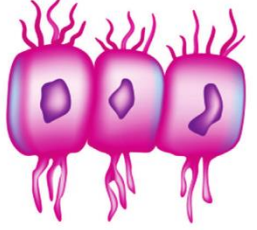
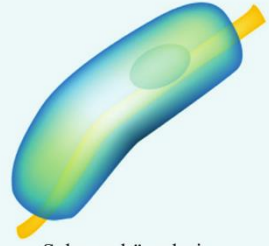
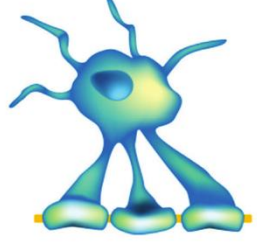
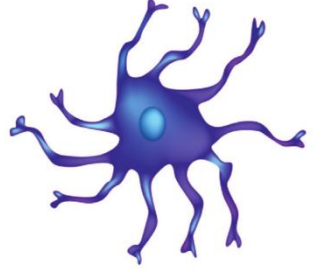
**Astrozitler:** Merkezi sinir sistemini koruyan kapalı bir bariyer olan kan-beyin bariyerini oluştururlar. Sinir dokusu yaralanmalarında hasarlı bölgeyi kapatırlar.

**Oligodendrositler:** Hem beyaz hem de gri maddede bulunurlar. Merkezi sinir sistemi çevresindeki miyelin kılıfını yapar.

**Ependim hücreleri:** Beyin ventriküllerini ve canalis centralis'in çevresini örterler.

**Mikroglia hücreleri:** Küçük hücre gövdeleri vardır. Kemik iliğinden gelişir.

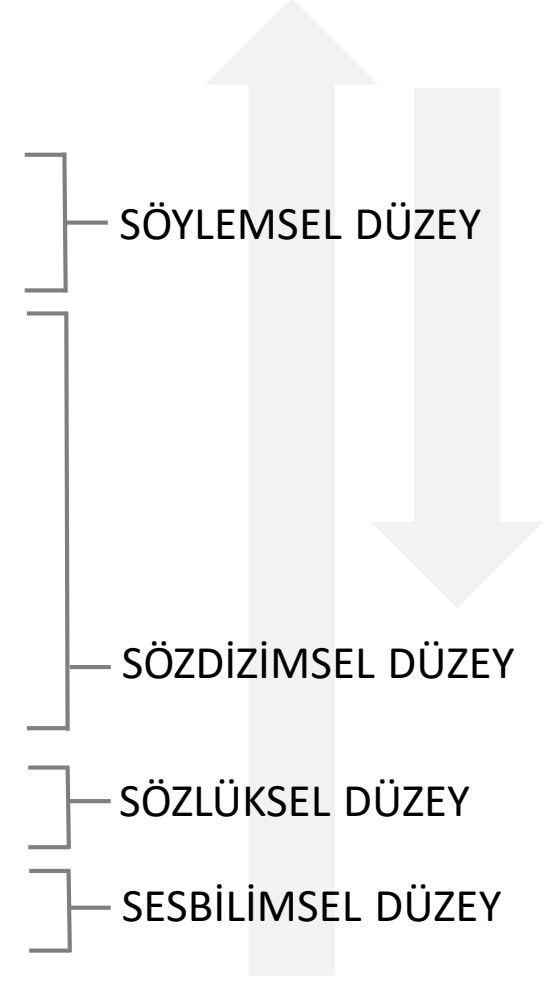
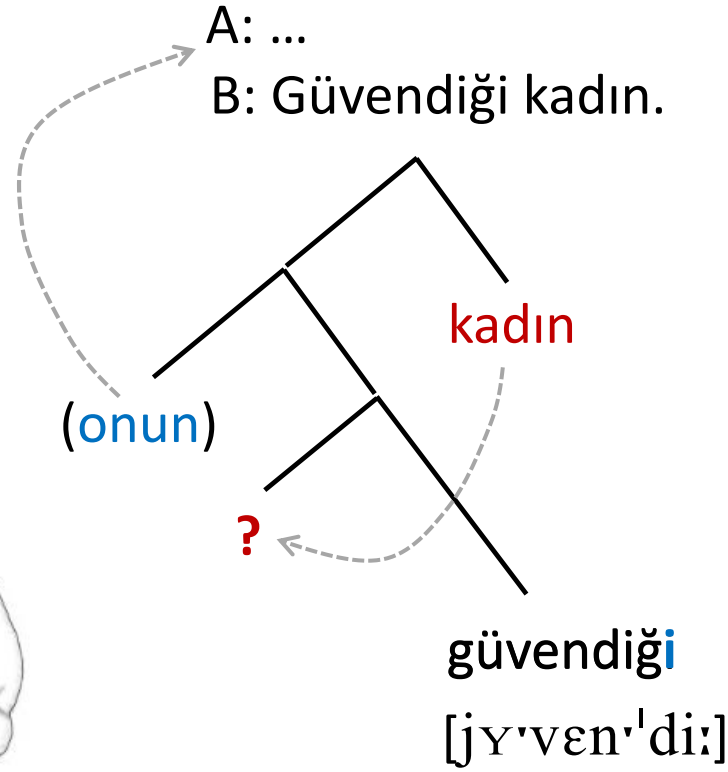
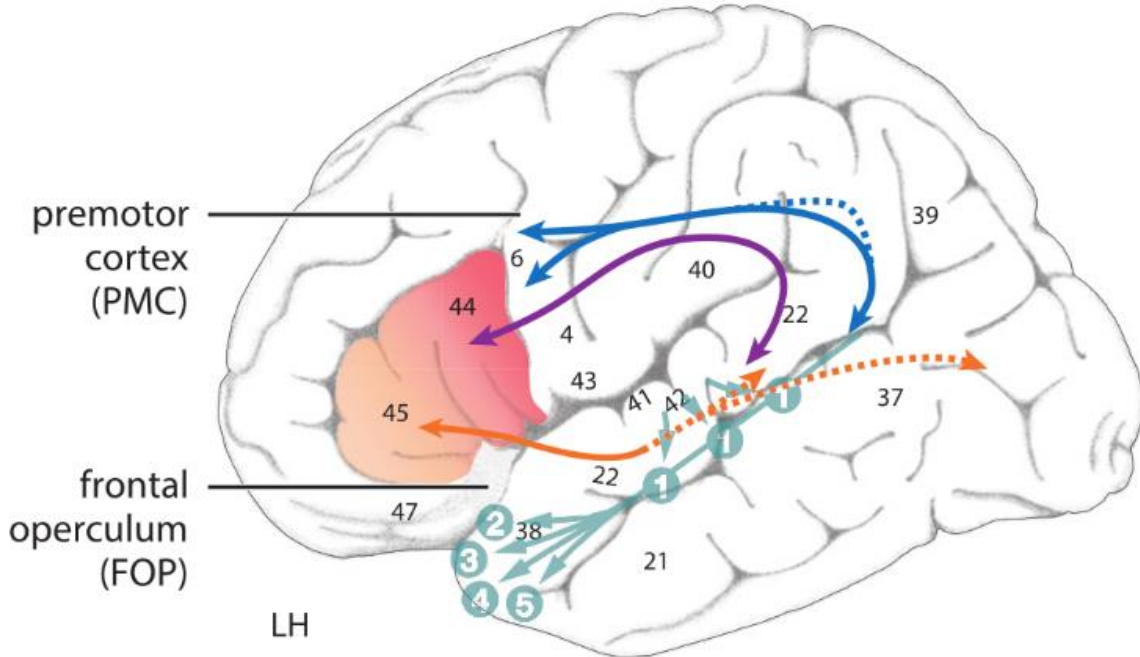
(Apaydın, 2021)

Çevresel Sinir Sistemi	Merkezi Sinir Sistemi
 <p>Satelli hücreler</p>	 <p>Mikroglia</p>  <p>Ependim hücreleri</p>
 <p>Schwan hücreleri</p>	 <p>Oligodendrositler</p>  <p>Astrositler</p>

# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

## Dilin nöral kaynakları

- 1 Phonological word form detection
- 2 Morphosyntactic categorization
- 3 Lexical semantic categorization
- 4 Lexical access & retrieval
- 5 Phrase structure reconstruction



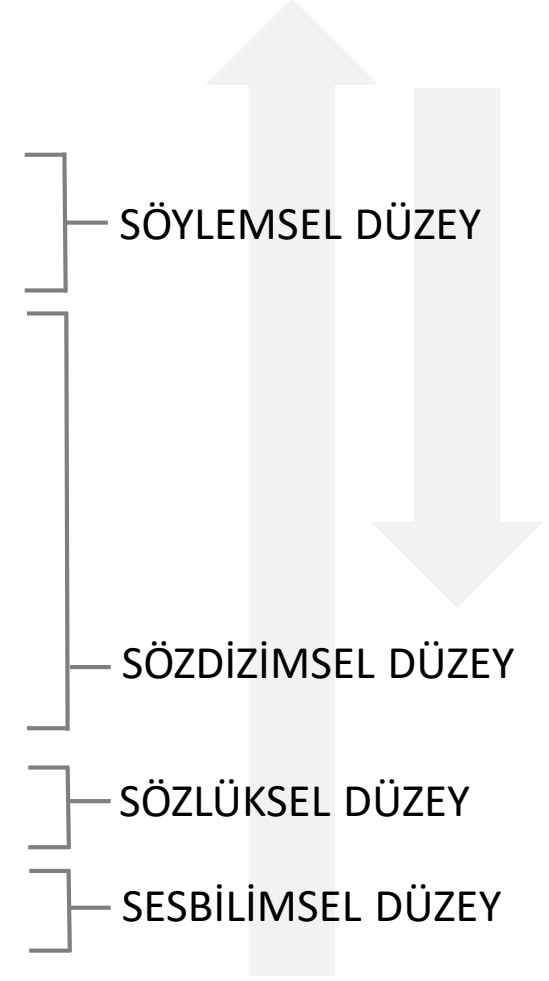
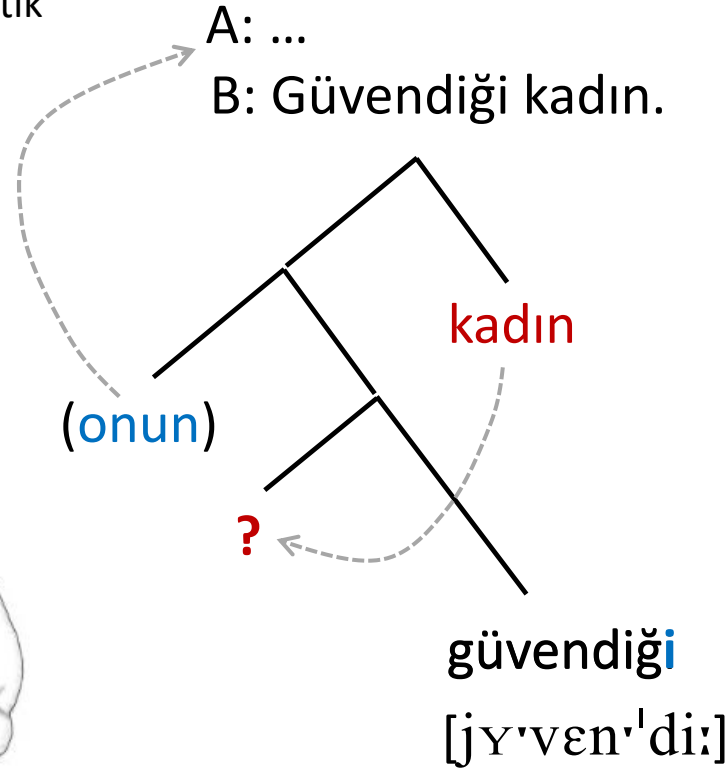
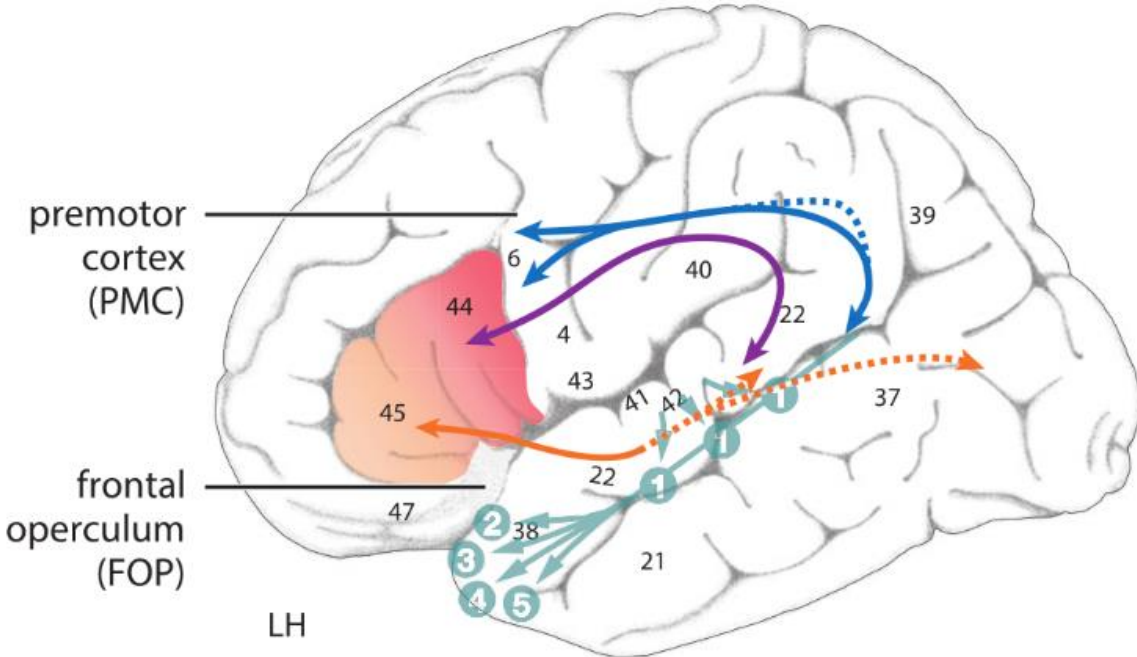
# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

## Dilin nöral kaynakları

Sözdizimsel hiyerarşinin oluşturulduğu ikinci adım, Broca alanını içerir (BA 44).

Posterior superior temporal girus/sulkus sözdizimsel ve tematik bilgilerin entegre edildiği bölgedir.

Sesbilimsel bilgiler premotor kortekse (PMS) dorsal olarak yerleştirilmiş bir lif yolu ile bağlanır (mavi).

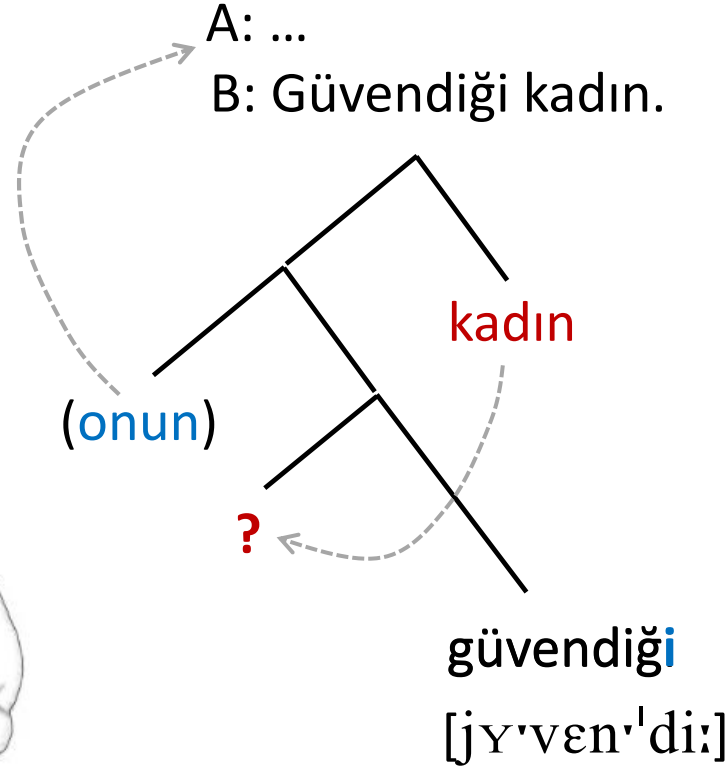
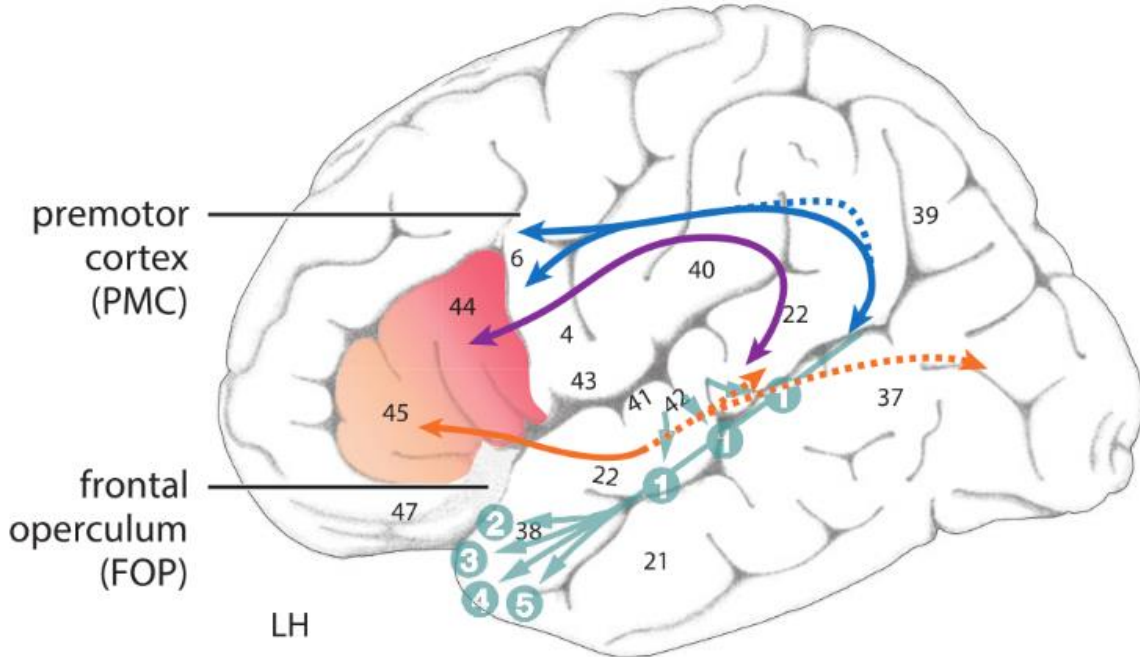




# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

## Dilin nöral kaynakları

Orta temporal girusta bulunan sözcüklerin sözlüksel-anlamsal bilgilerine Broca alanının ön kısmından erişilir (BA 45/BA 47). Bu iki beyin bölgesi, turuncu renk kodlu, inferior fronto-okspital fasikül (IFOF) ile ventral olarak yerleştirilmiş bir fiber yolu ile bağlanır.

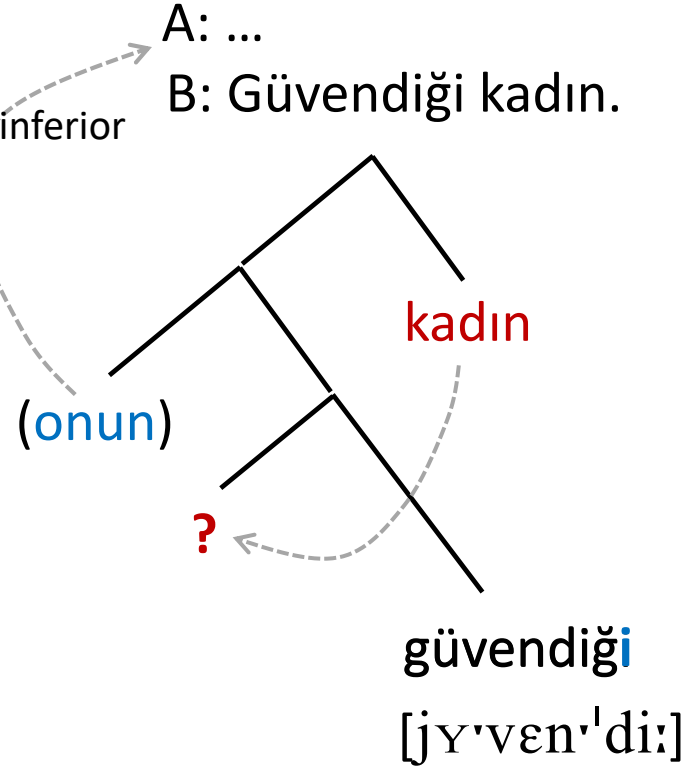
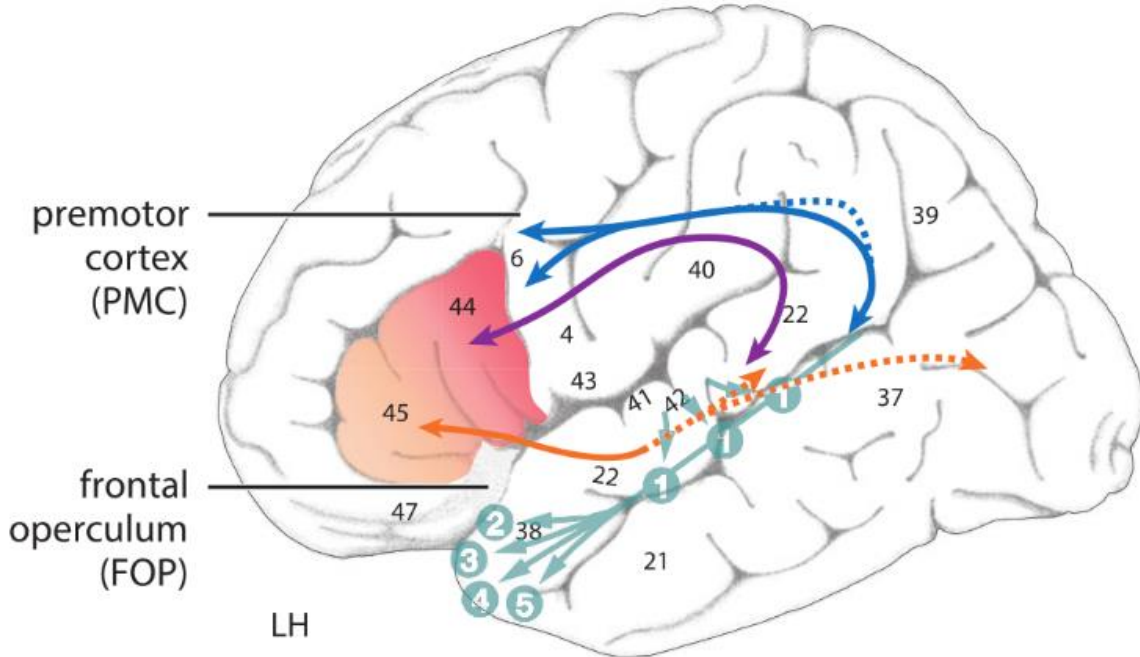


# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

## Dilin nöral kaynakları

Orta temporal girusta bulunan sözcüklerin sözlüksel-anlamsal bilgilerine Broca alanının ön kısmından erişilir (BA 45/BA 47). Bu iki beyin bölgesi, turuncu renk kodlu, inferior fronto-okspital fasikül (IFOF) ile ventral olarak yerleştirilmiş bir fiber yolu ile bağlanır.

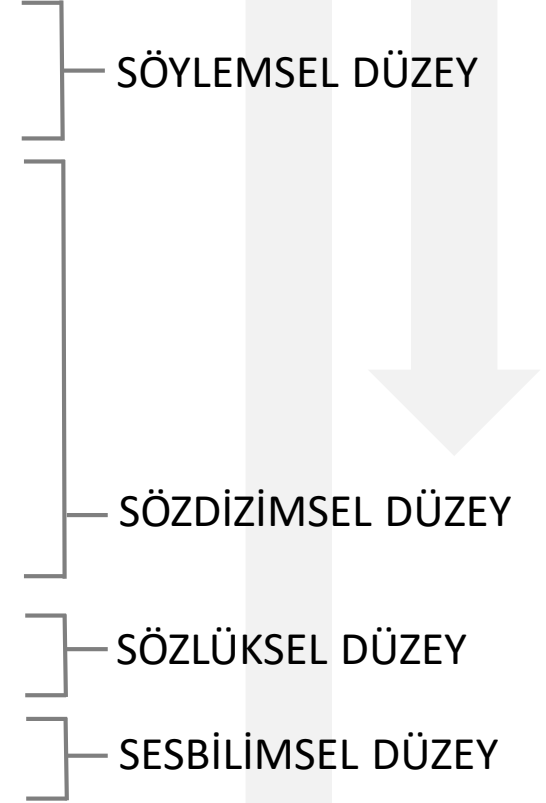
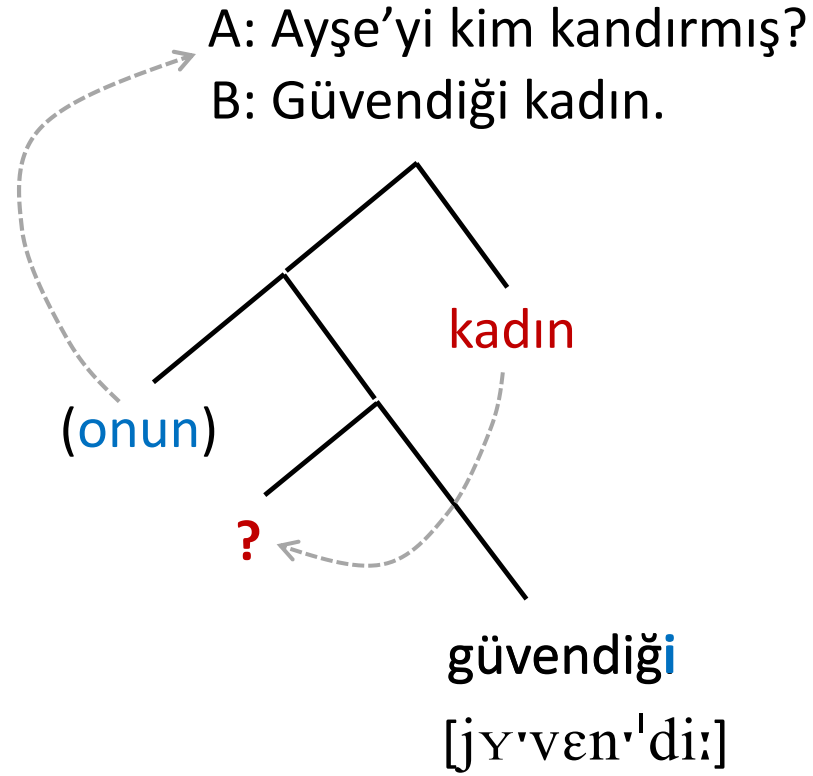
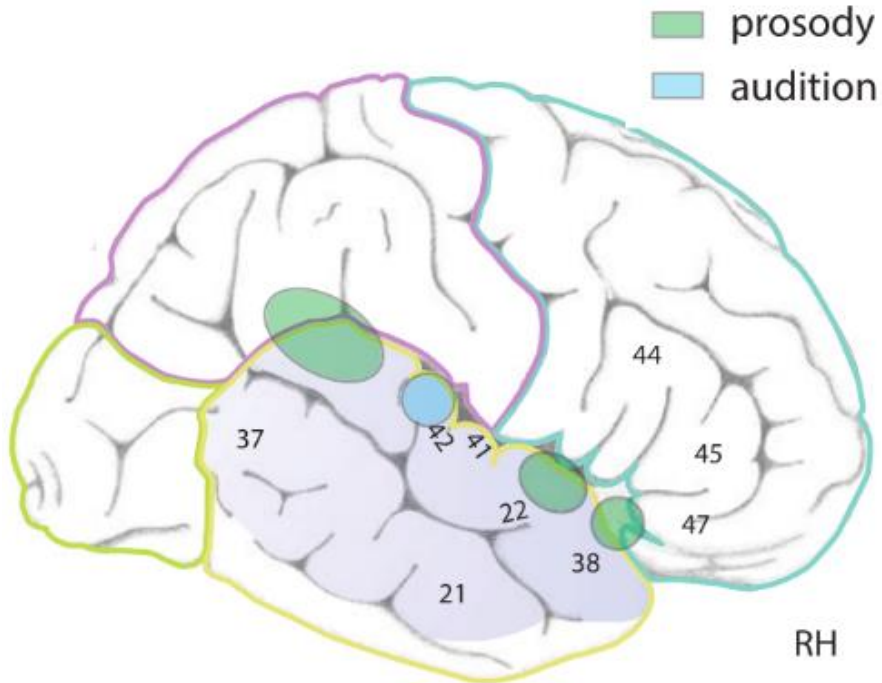
Söylem (discourse) işlemlerinin superior temporal girusta ve inferior frontal girusta BA 45/47'de gerçekleştiği ileri sürülmektedir.



# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

## Dilin nöral kaynakları

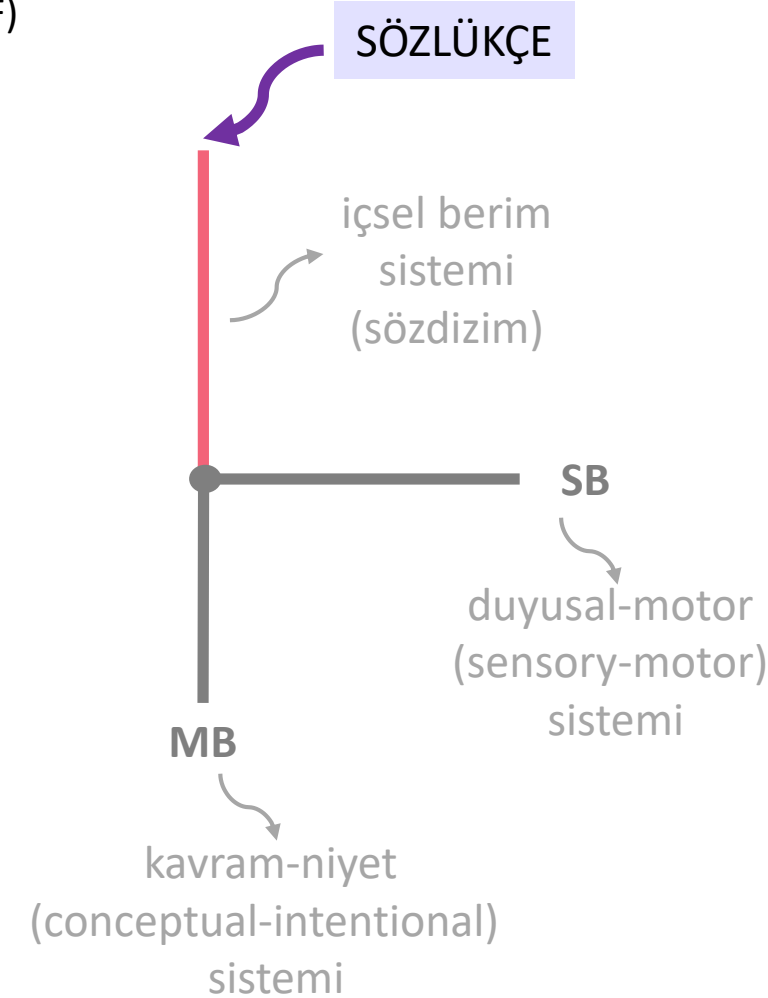
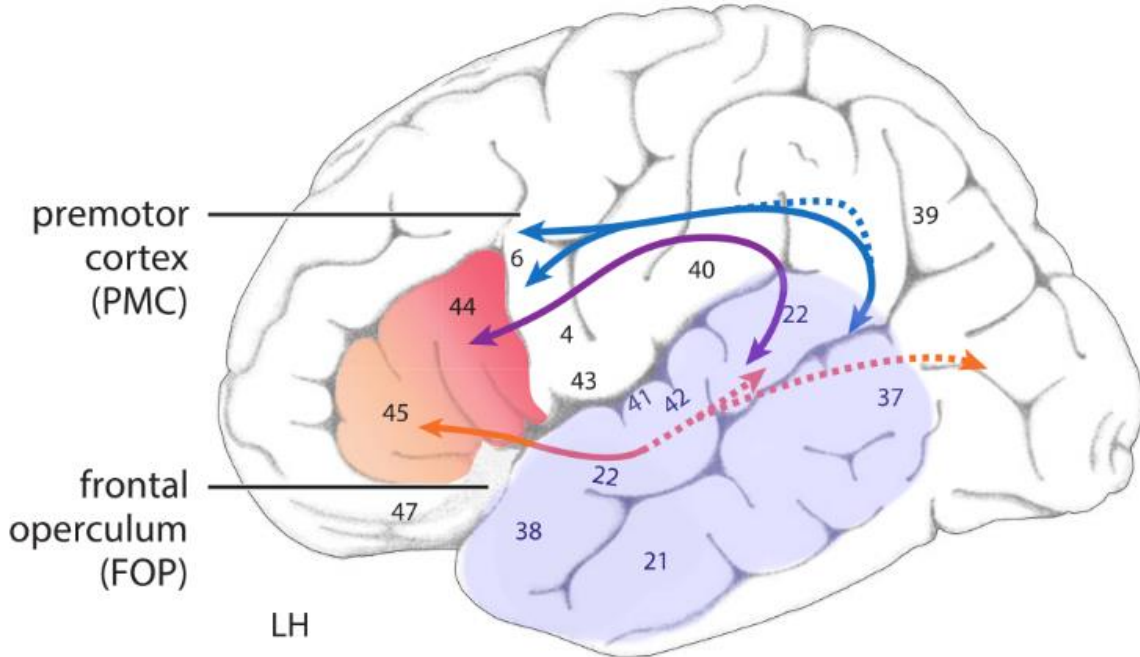
Prozodik bilgi işlemlendirken sağ yarımküre devreye girer ve korpus kallosum (iki yarımküreyi birbirine bağlayan lif demeti) aracılığıyla sol yarımkürede işlenen sözdizimsel bilgi ile sağ yarımkürede işlenen prozodik bilgi arasındaki etkileşim gerçekleşir.



# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

## Sözlükçeden sözdizime: Dorsal ve ventral yollar

- 1 Dorsal yollardan biri, temporal korteksi, arkuat fasikül (AF) ve superior longitudinal fasikül (SLF) yoluyla alt frontal girusa, yani Broca bölgesine bağlar.
- 2 Temporal korteksi, AF ve SLF yoluyla precentral girusa (premotor kortekse) bağlar.
- 3 Ventral inferior frontal girusu, inferior fronto-okspital fasikül (IFOF) yoluyla temporal kortekse bağlayan ventral yol



# Dilbilgisinin bileşenleri ve nöral kaynakları

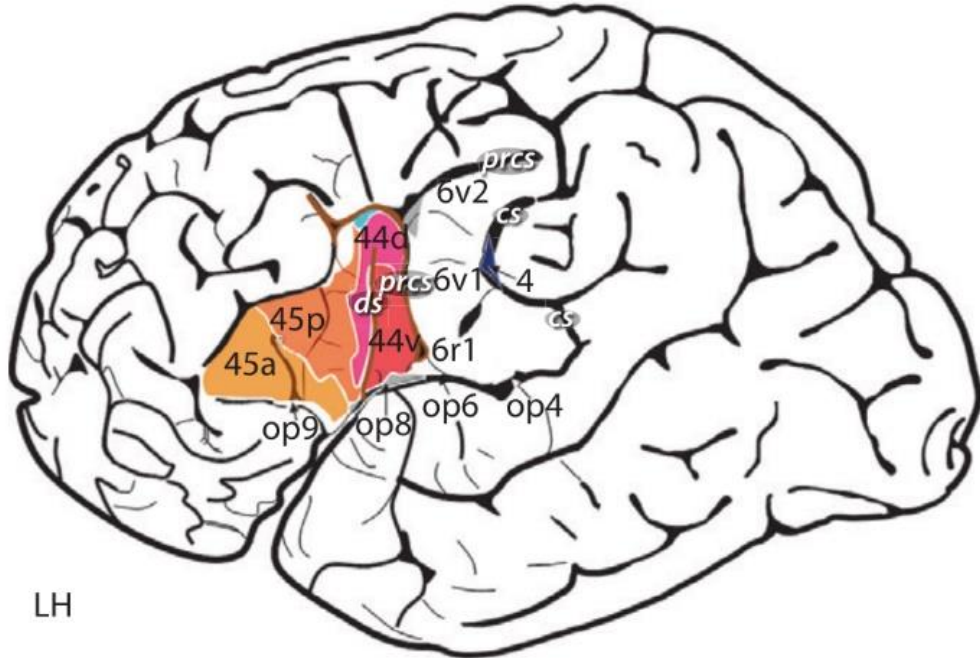
## Sözdizimden anlama: Broca bölgesi

Sözdizimsel olarak yapılandırılmış dizilerin işlenmesi için BA 45, BA 44 ile birlikte çalışmaktadır.

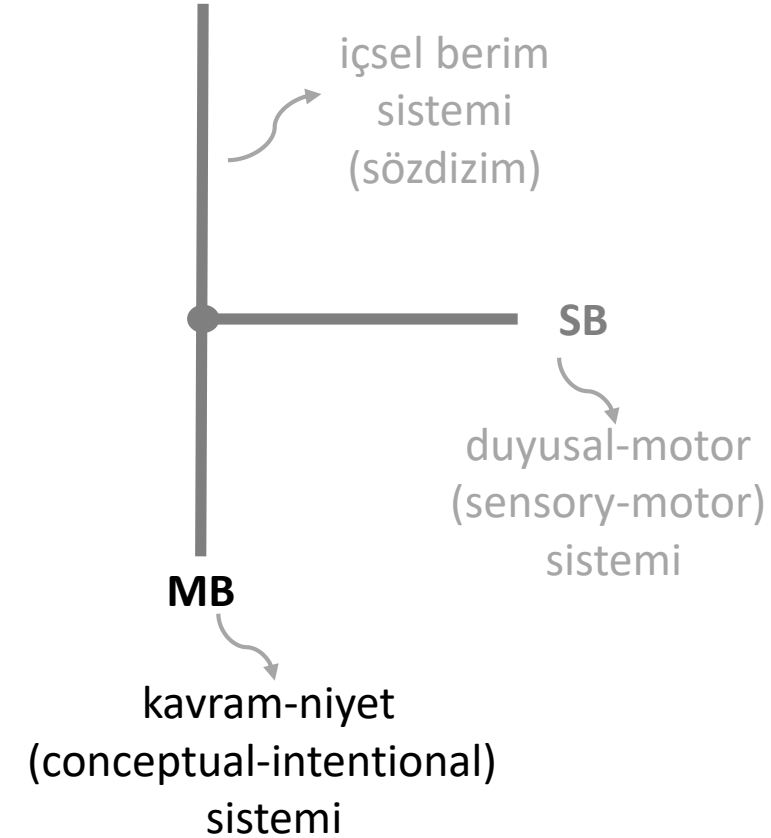
BA 45'in iki alt bölgeye ayrıldığı ileri sürülür. Arka kısım (45p) ve ön kısım (45a)

**45p:** sözdizimi ile ilgili bir alan olduğu bilinen BA 44'e bitişiktir ve bazen BA 44 ile birlikte aktif olduğu görülür.

**45a:** BA 47'ye bitişiktir ve semantik bilgi işlendiğinde 47 ile birlikte sıklıkla aktif olarak görülür. BA 45, posterior temporal kortekse ek olarak entegrasyon süreçleri için olası bir temel sağlayabilir.



## SÖZLÜKÇE



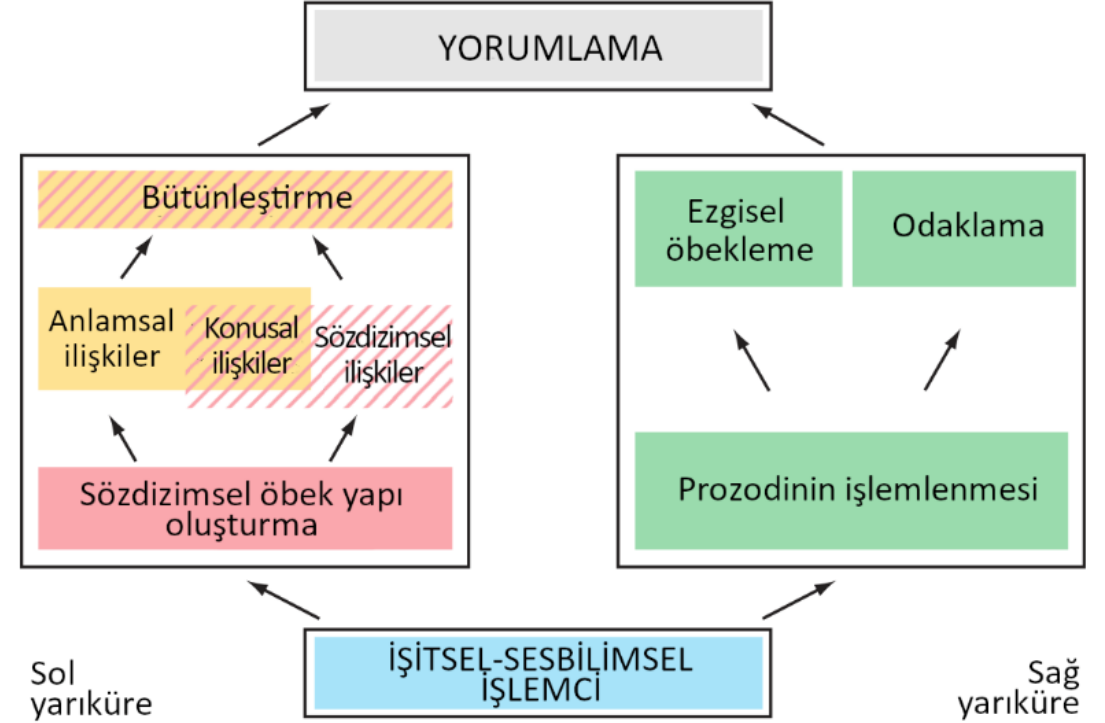
## İşitsel dili anlamamanın bilişel modeli

İlk aşamada, her iki yarıkürede işitsel korteks tarafından işlemlenen akustik-fonolojik süreçler bulunmaktadır.

Sol yarıkürede, önce sözdizimsel ve anlamsal bilgilerle ilgili üç işlem aşaması bulunmaktadır.

Sağ yarıkürede, konuşmadaki prozodi bilgisinin en az iki ayrı yönü ele alınmalıdır: birincisi, bir tümcedeki tümce başlangıcını veya sonunu işaret eden tümce ezgisi ve tonlamasının işlenmesi ve ikincisi, konusal (tematik) odakla ilgili vurgulamanın işlenmesi.

İşitsel konuşmayı anlama sırasında, bir yarıküredeki (ve iki yarıküredeki) farklı alt sistemler, düzgün bir anlama elde etmek için birlikte çalışır.



# Nörobilimsel yöntemler

Özgür Aydın

Elektro**ensefal**ografi ve manyeto**ensefal**ografi olmak üzere zamana duyarlı iki nörofizyolojik yöntem bulunmaktadır.

**Elektroensefalografi**, beyin tarafından üretilen elektriksel aktivite beynin dışında, yani kafa derisinde ölçüldüğü için elektriksel aktiviteyi invazif olmayan bir şekilde kaydeder.

**Manyetoensefalografi**, elektrokortikal aktivitenin neden olduğu manyetik alanları kaydeden ilgili bir nörofizyolojik yöntemdir.

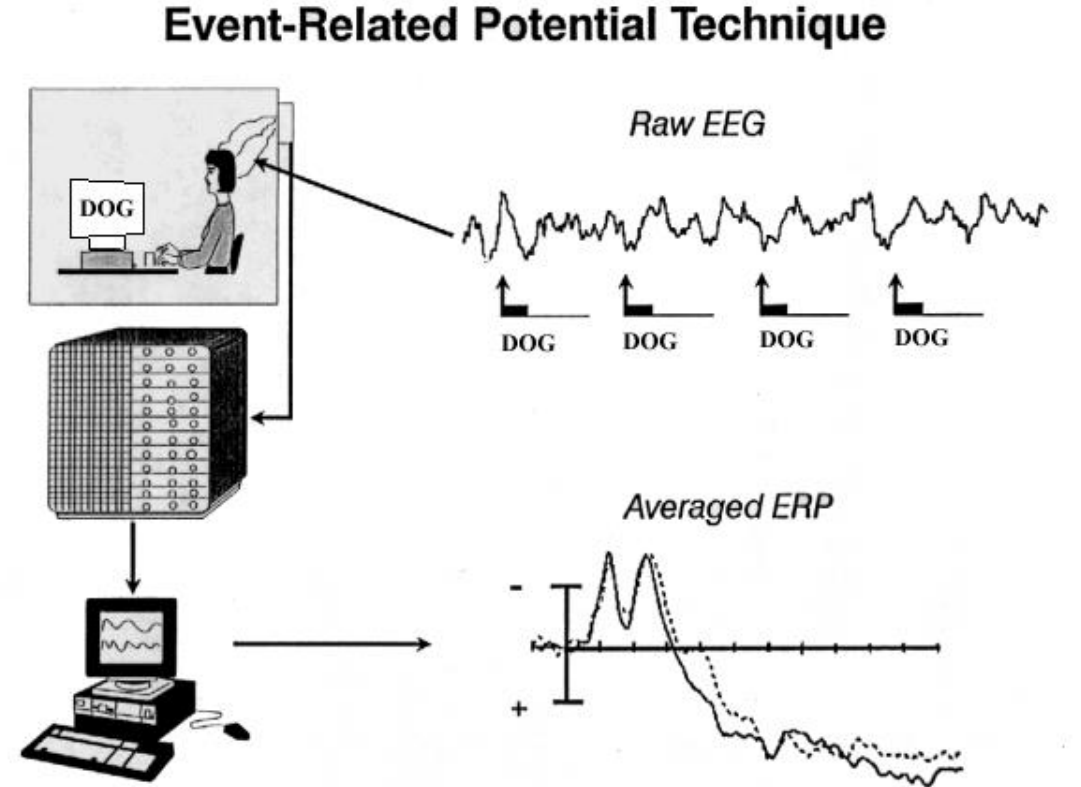


## electroencephalography (EEG)

EEG, beyin kabuğundaki (cerebral cortex) paralel-yönelimli piramidal hücreler (parallelly-oriented pyramidal cells) üzerinde oluşan post-sinaptik aktiviteleri, kafa derisi üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla ölçen girişimsel olmayan bir tekniktir.

## OİP

Bir OİP bileşeni, latans, polarite, genlik ve topografi olmak üzere dört farklı boyutta ele alınmaktadır. **Latans**, uyarının sunumuyla potansiyelin oluşumu arasındaki süreyi (ms) ifade etmektedir. **Polarite**, kritik koşuldaki potansiyel değişiminin kontrol koşuluna göre pozitif (P) ya da negatif (N) olduğunu göstermektedir. **Genlik**, elektriksel gerilimin mikrovolt ( $\mu\text{V}$ ) cinsinden ifadesidir. **Topografi** ise, OİP'in kafa yüzeyi üzerindeki konumunu göstermektedir.

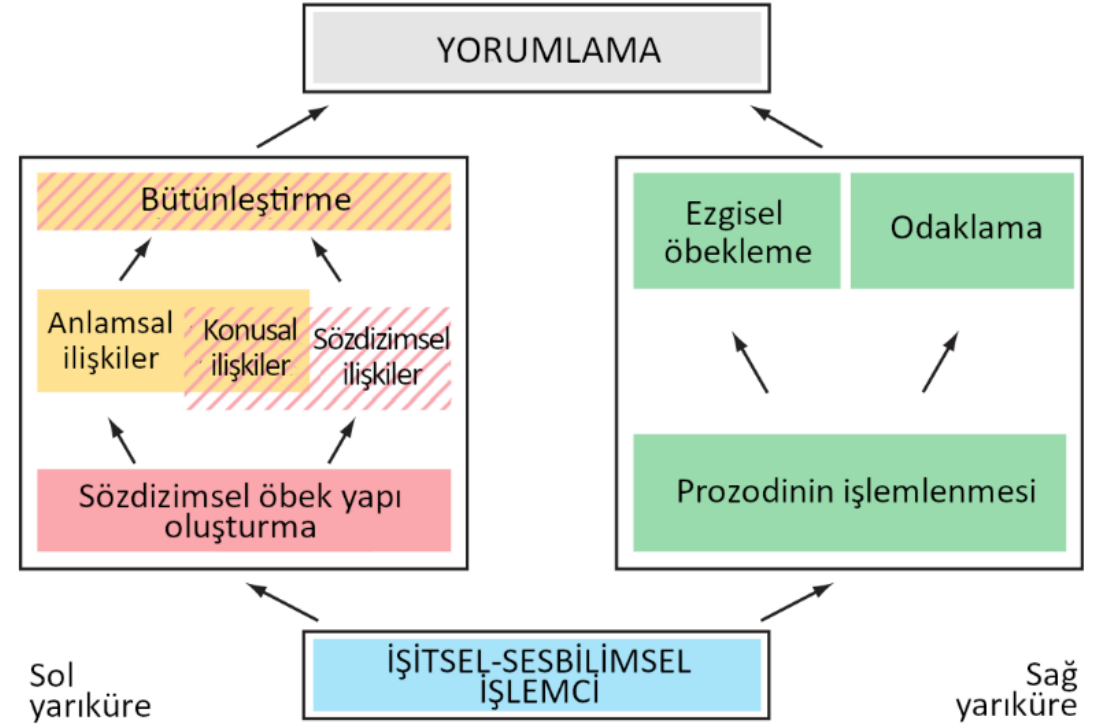




## electroencephalography (EEG)

Konuşma ve dil alanı için dikkate alınması gereken en az beş OİP bileşeni bulunmaktadır. Dille ilgili OİP bileşenleri zaman içinde sıralanır ve daha önce ele aldığımız nörobilişsel modelde açıklandığı gibi farklı süreçleri yansıtır.

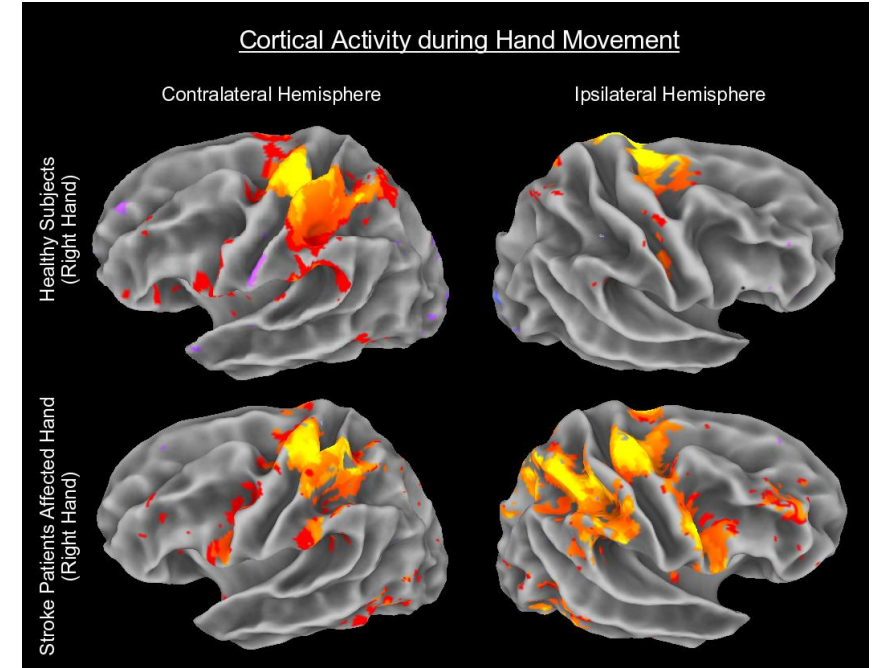
- 1) Akustik süreçlerle ilişkilendirilen N100'dür (100 ms civarındaki negativite)
- 2) Tümce yapısı oluşturma süreçlerini yansıtan ELAN'dır (erken sol ön negativite, 120 ile 200 ms arasında);
- 3) Biçim-sözdizimsel süreçleri yansıtan LAN'dır (sol ön negativite, 300 ile 500 ms arasında);
- 4) Sözcüksel-anlamsal süreçleri yansıtan N400'dür (negatiflik yaklaşık 400 ms);
- 5) Geç sözdizimsel entegrasyon süreçleriyle ilişkili olan P600'dür (600 ms'den sonraki pozitiflik).



## Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI)

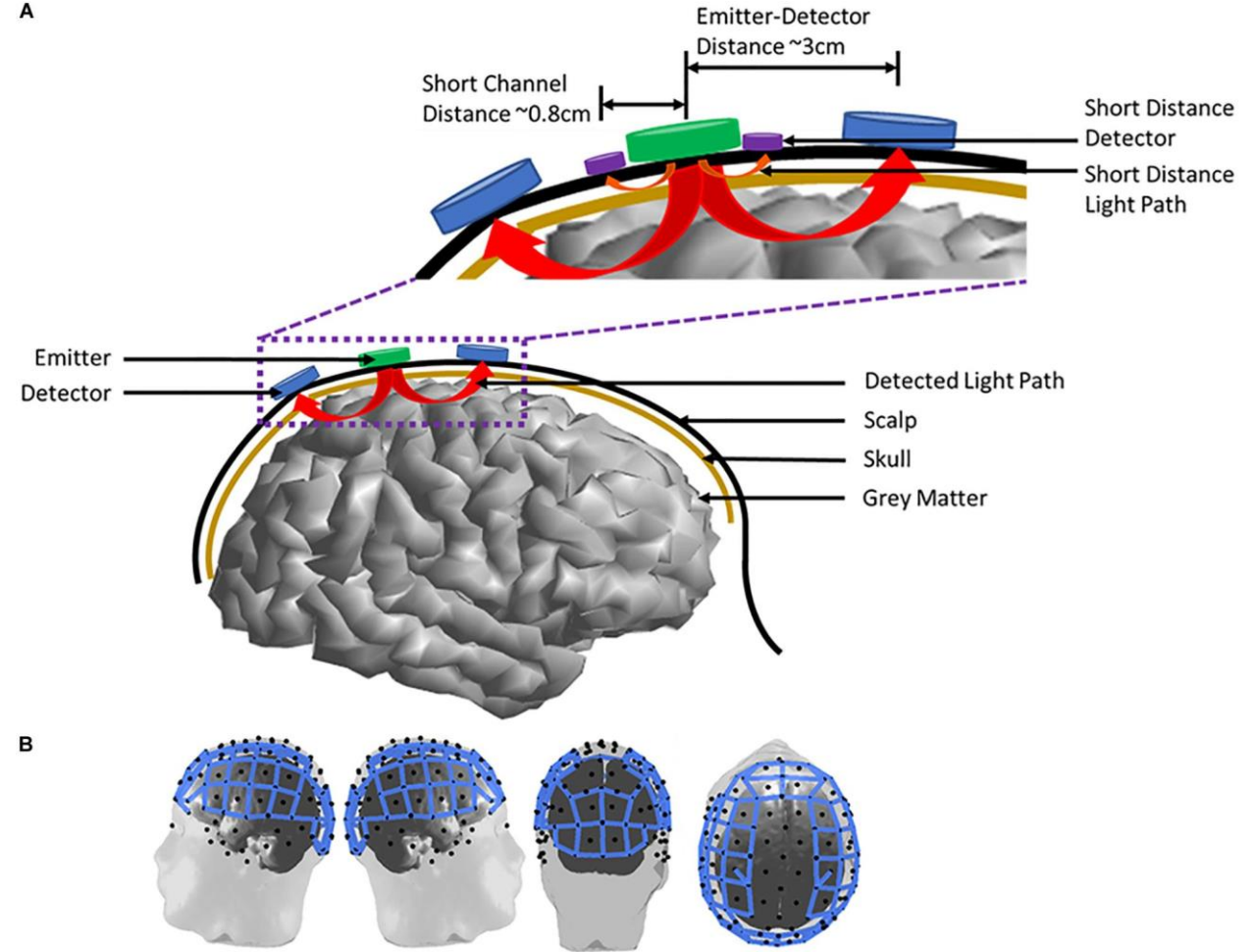
fMRI, yüksek uzamsal çözünürlük sunabilen invaziv olmayan bir tekniktir. Bu teknik, **kandaki oksihemoglobin ( $O_2Hb$ ) ile deoksihemoglobinin (HHb) manyetik özelliklerindeki farklılığa dayanmaktadır**, fMRI ölçümleri “**Blood-Oxygenation-Level-Dependent**” (**BOLD**) adı verilen sinyale dayanmaktadır. Nöral aktivitenin artması, bölgede oksijen tüketiminde ve enerji metabolizmasında artışa neden olmakta, böylece aktif nöral alanlar kan akışı yoluyla enerji elde etmektedir. Aktif olan bölgede oksihemoglobin ile deoksihemoglobinin dağılımı bozulmaktadır. İşte bu iki maddenin oranı BOLD değerinin temelini oluşturmaktadır. Burada önemli olan bir nokta, oksihemoglobin ve deoksihemoglobinin farklı manyetik özellikleri olmasıdır:

Oksihemoglobinin manyetik alana etkisi azdır; deoksihemoglobinin manyetik alanın ayrışıklığında artışa neden olur.



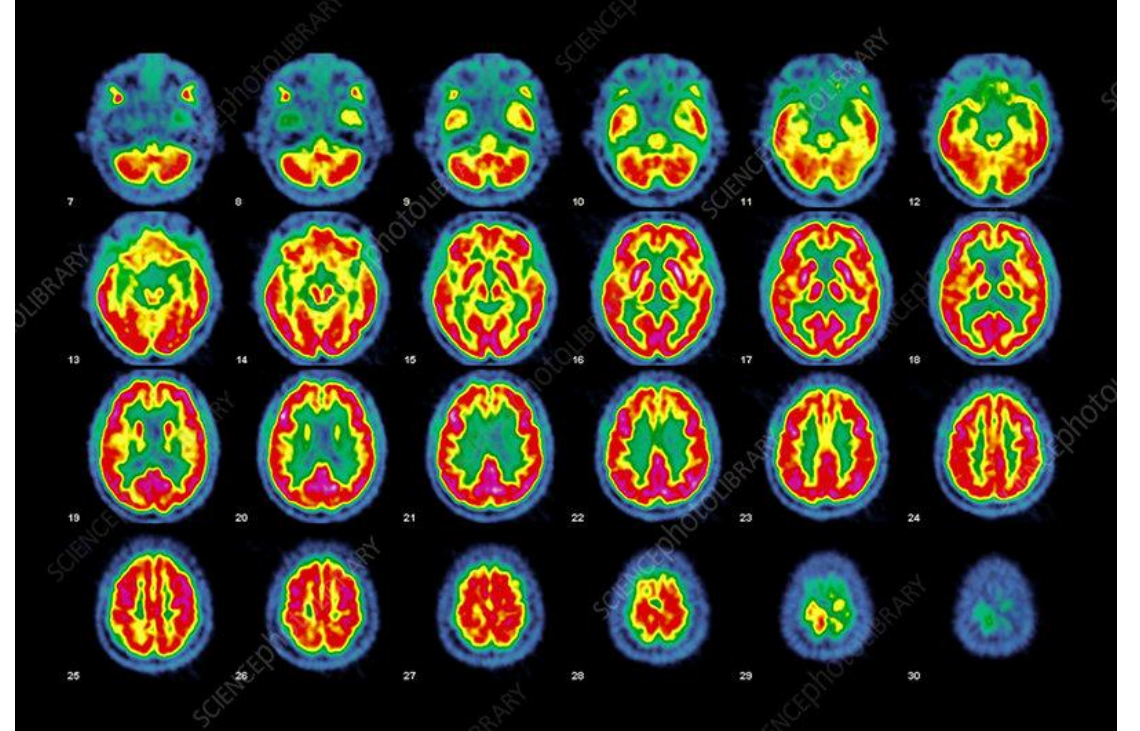
## İşlevsel kızılötesine yakın spektroskopisi (fNIRS)

fNIRS de tıpkı fMRI gibi beyindeki sinirsel aktiviteyi oksihemoglobin ve deoksihemoglobin konsantrasyonundaki değişimler yoluyla belirleyen bir tekniktir. Bu tekniğin **fMRI'dan farkı, bu işlemi optikal işlemler yoluyla** yapmasıdır. Bu teknikte yaklaşık 650-1000 nm dalga boyunda (yakın kızılötesi) ışın kullanılmakta ve **beyin derisinden yaklaşık 3-4 cm kadar derine** inilebilmektedir. Beyne gönderilen ve toplanan yakın kızılötesi ışınlar arasındaki fark düzeltilmiş Beer-Lambert yasası (mBLL) yoluyla  $O_2Hb$  ve  $HHb$  konsantrasyonundaki farklılıkları hesaplanmaktadır. Bu değerler, tıpkı yukarıda sözünü ettiğimiz fMRI'daki BOLD aktivitesi gibi, nöral aktiviteyi yansıtmaktadır.



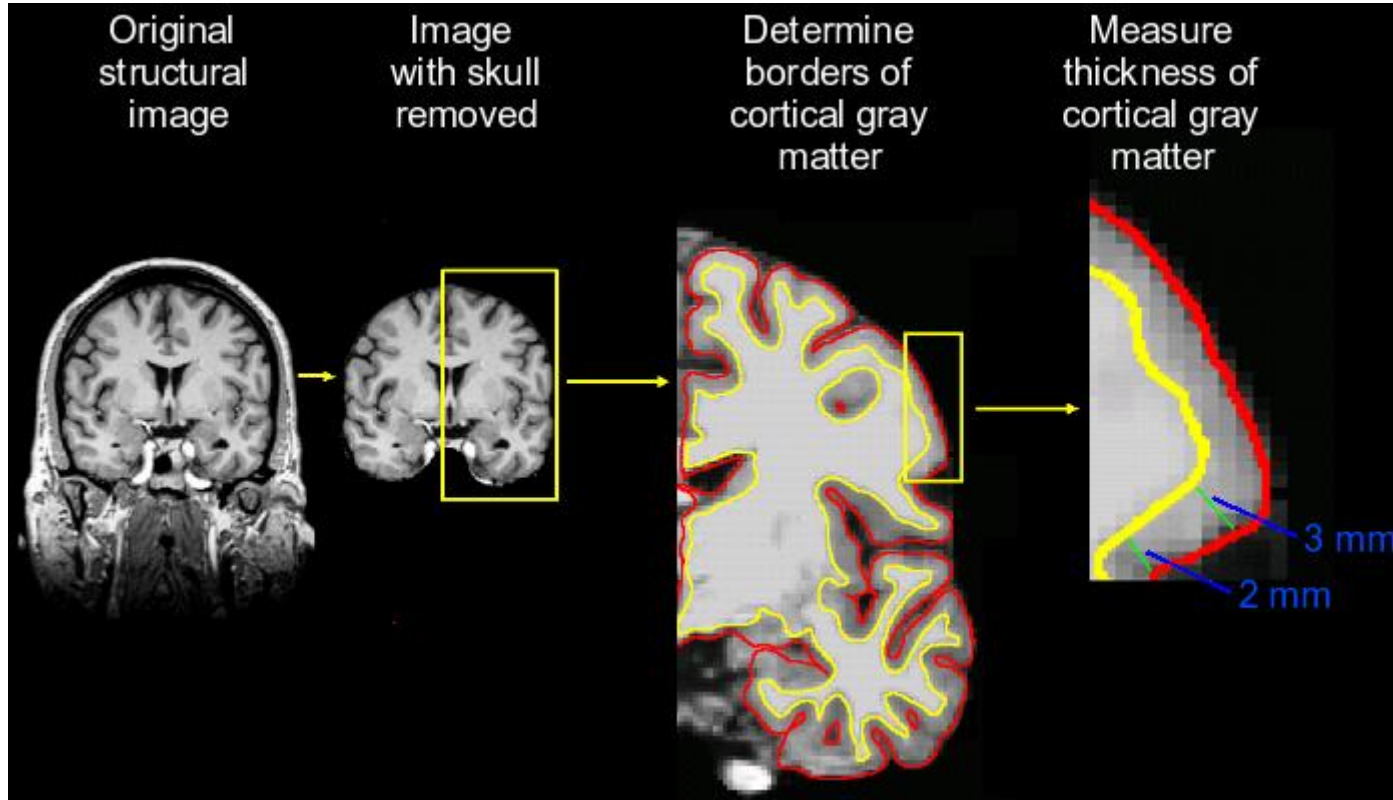
## Pozitron emisyon tomografisi (positron emission tomography) (PET)

PET'te de tıpkı fMRI ve fNIRS'ta olduğu gibi, hemodinamik yöntem kullanılmakta, yani beyin görüntüleme tekniği olarak kan akışındaki artışın nöral aktiviteye işaret ettiği savı üzerinden ölçüm yapılmaktadır. PET, fMRI ve fNIRS'tan önce kullanılan girişimsel bir yöntemdir, PET ölçümü için katılımcılara radyonüklid (yani  $O^{15}$  izotope) enjekte edilerek, PET kameraları aracılığıyla beyindeki belirli bir bölgedeki  $O^{15}$  izotoplarının yoğunluğu belirlenmektedir. İzotoplar kan aracılığıyla nöral aktivitenin gerçekleştiği alana taşındıkları için bu alanda yüksek sayıda izotop birikmektedir, böylece "regional Cerebral Blood Flow" (rCBF) ölçümü yapılabilmektedir.



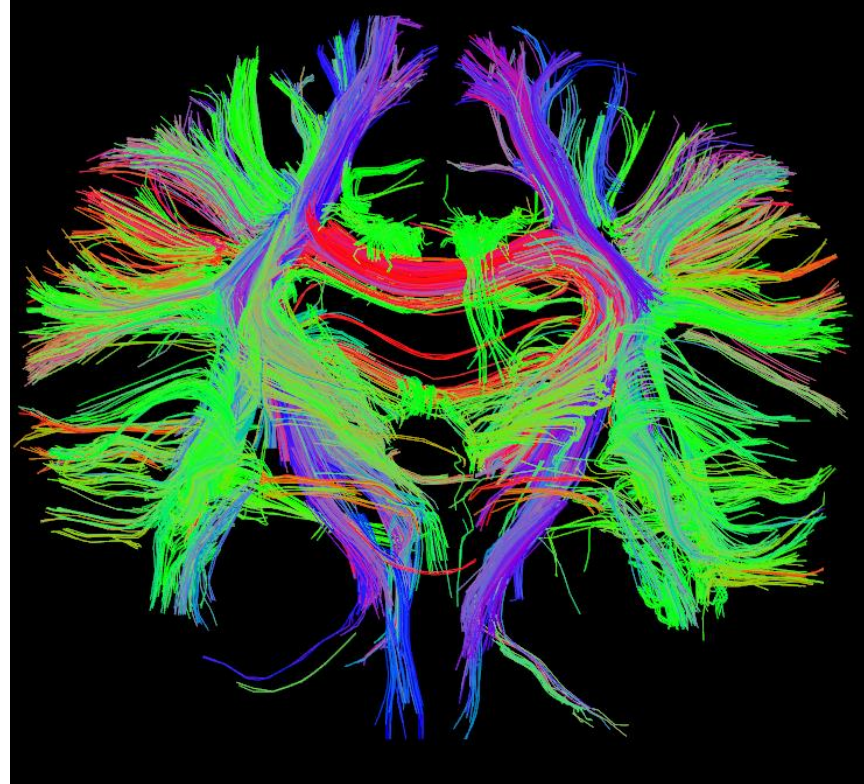
## Yapısal manyetik rezonans görüntüleme (*Structural magnetic resonance imaging*)

Beyin fonksiyonunu ölçen bu yöntemlere ek olarak, beynin yapısının özelliklerini kaydetmemize izin veren bir yöntem daha bulunmaktadır. Yapısal manyetik rezonans görüntüleme, beynin gri ve beyaz maddesinin hacmi, yoğunluğu, kalınlığı ve yüzey alanı gibi ayrıntılı morfometrik ve geometrik özelliklerini sağlar.



## Difüzyon tensör görüntüleme (*Diffusion tensor imaging*)

Difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntüleme, özellikle difüzyon tensör görüntüleme, yörüngeyi yeniden yapılandırmak ve beyin alanlarını birbirine bağlayan beyaz madde lif demetlerinin doku olasılıklarını ölçmek için kullanılmaktadır. Difüzyon tensör görüntüleme, beyindeki suyun mikroskobik hareketini ölçmemizi sağlayan bir MRI türüdür. DTI, beyindeki beyaz maddenin bütünlüğünü değerlendirmek için kullanılabilir. Beyaz madde, beyin bir bölgesinden gelen sinyallerin beyin başka bir bölgesine aktarılmasına izin verir.



## Transkraniyal manyetik stimülasyon (Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)

TMS insan beyninin uyarılmasına izin veren, invaziv olmayan, nörofizyolojik bir tekniktir. 30 yıldan bu yana, TMS, sıklıkla diğer sinirbilimsel yöntemlerle bağlantılı olarak, intrakortikal, kortiko-kortikal ve kortiko-subkortikal etkileşimlerin araştırılmasında, beyin aktivitesi ve davranışı arasındaki nedensel ilişkilerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır

TMS kafatası üzerinde oluşturulan manyetik alan ile korteksi uyarma işlemidir.

İnsan beyninin uyarılmasına izin veren girişimsel olmayan nörofizyolojik bir teknik olan TMS yoluyla kortikal alanlarda geçici inhibisyon oluşturulmaktadır.

Geçici inhibisyon oluşturulan kortikal alanın dille ilgili olarak araştırılan olgunun işlenmesiyle ilişkisi, ilgili görev sırasında TMS uygulaması ile belirlenebilmektedir.

İnhibitör nöromodülasyon zaman penceresi yaklaşık 30-40 dakika olduğundan, TMS inhibisyon protokolü uygulamasının hemen ardından katılımcılara bir deney uygulanmaktadır (örneğin göz-izleme deneyi)

