

# Bölüm 10

# Ders sunumu

## Vücut Hareketlerinin Kontrolü

Eric P. Widmaier

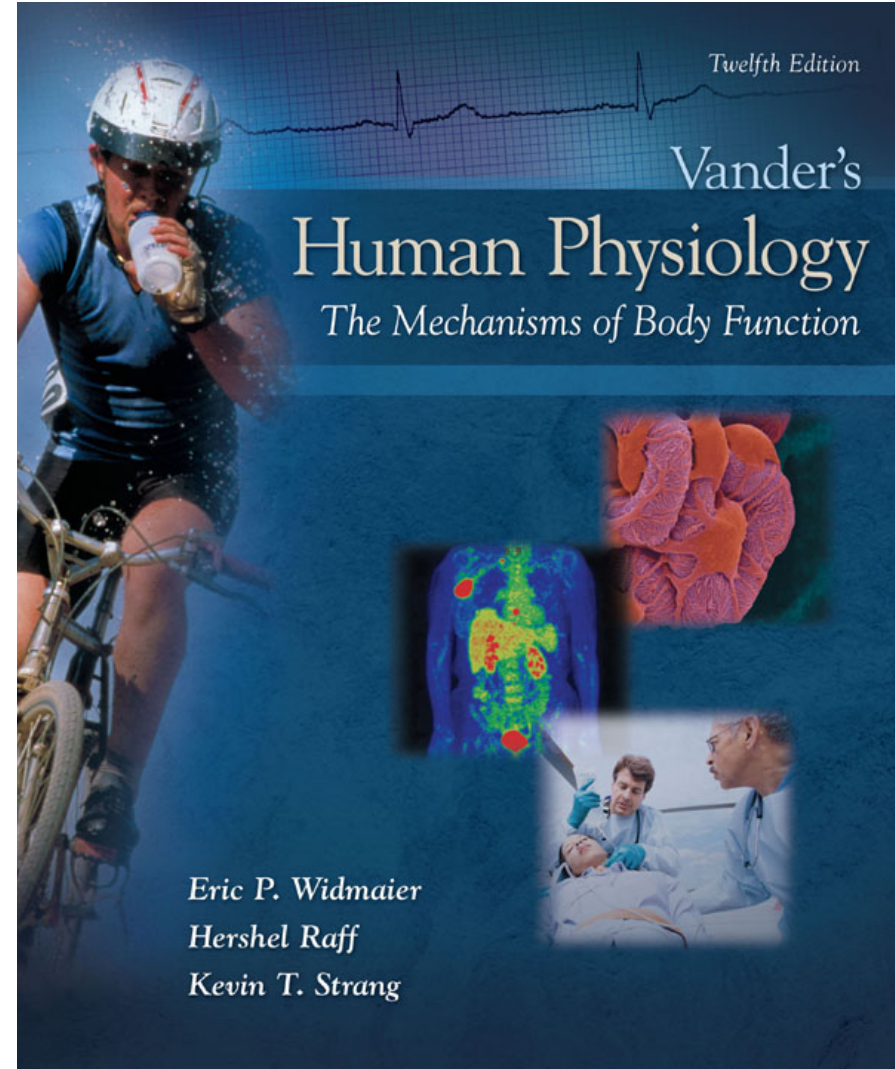
*Boston University*

Hershel Raff

*Medical College of Wisconsin*

Kevin T. Strang

*University of Wisconsin - Madison*



# Motor Kontrol Hiyerarşisi

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

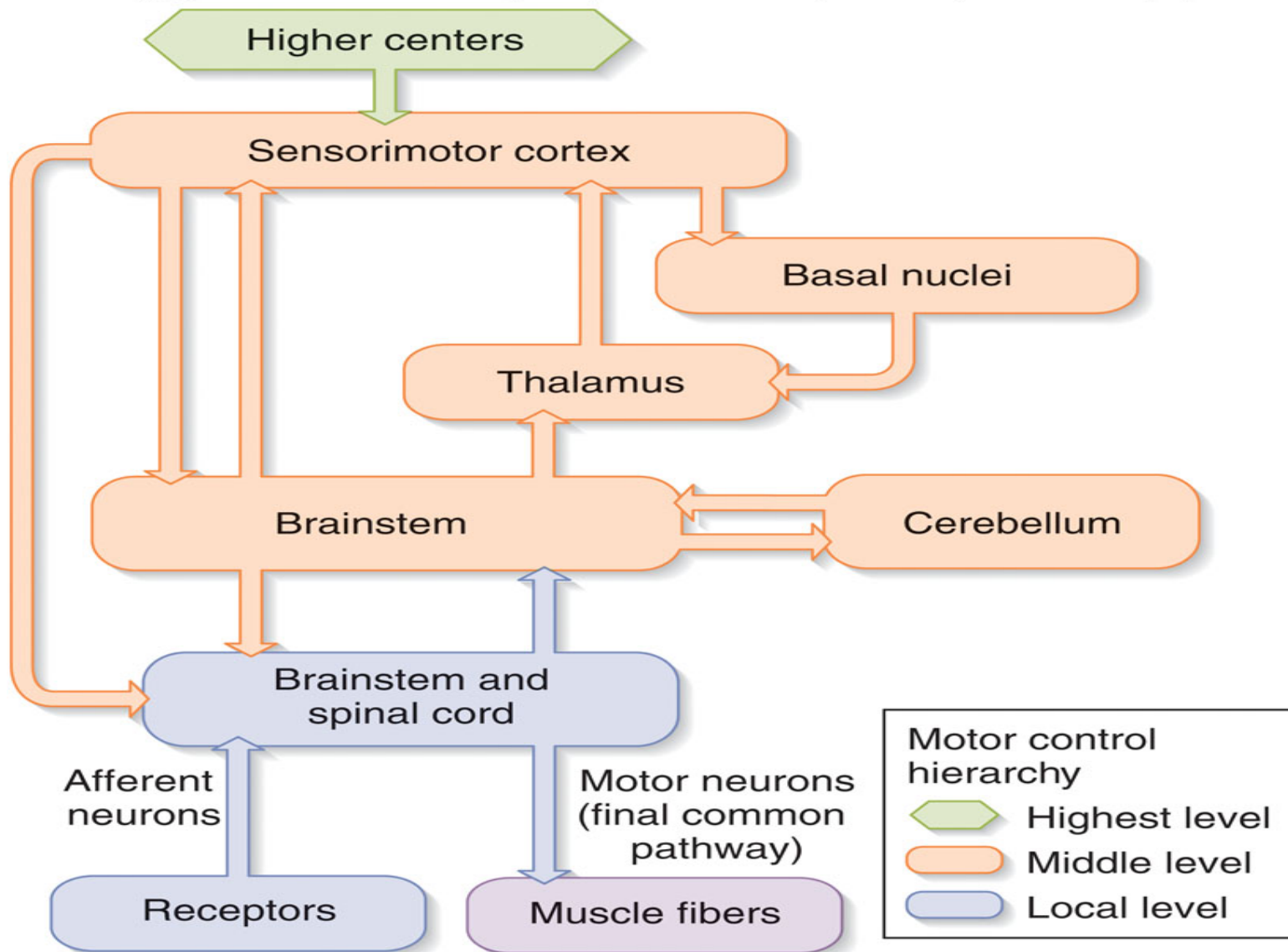
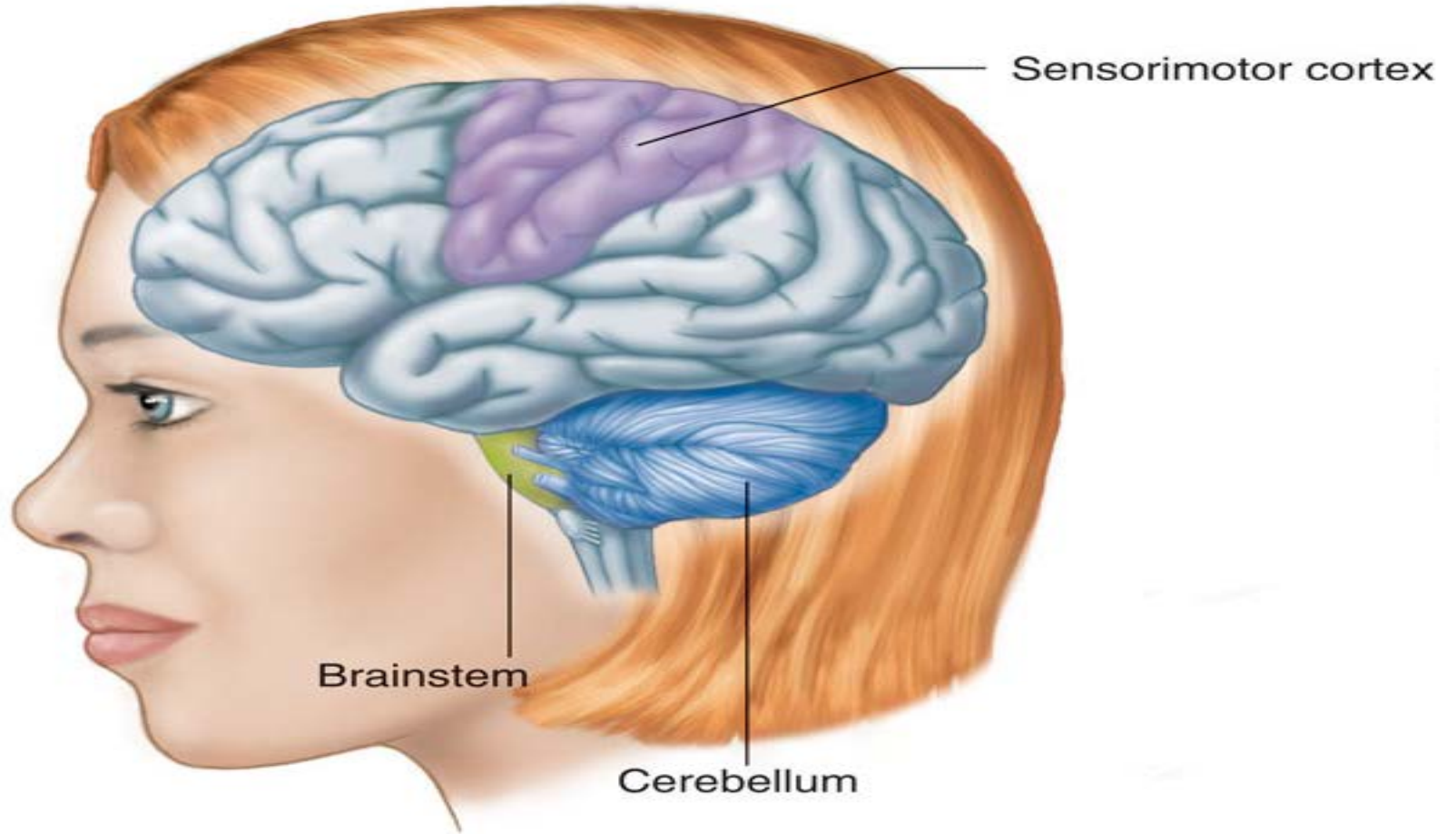


Fig. 10-1

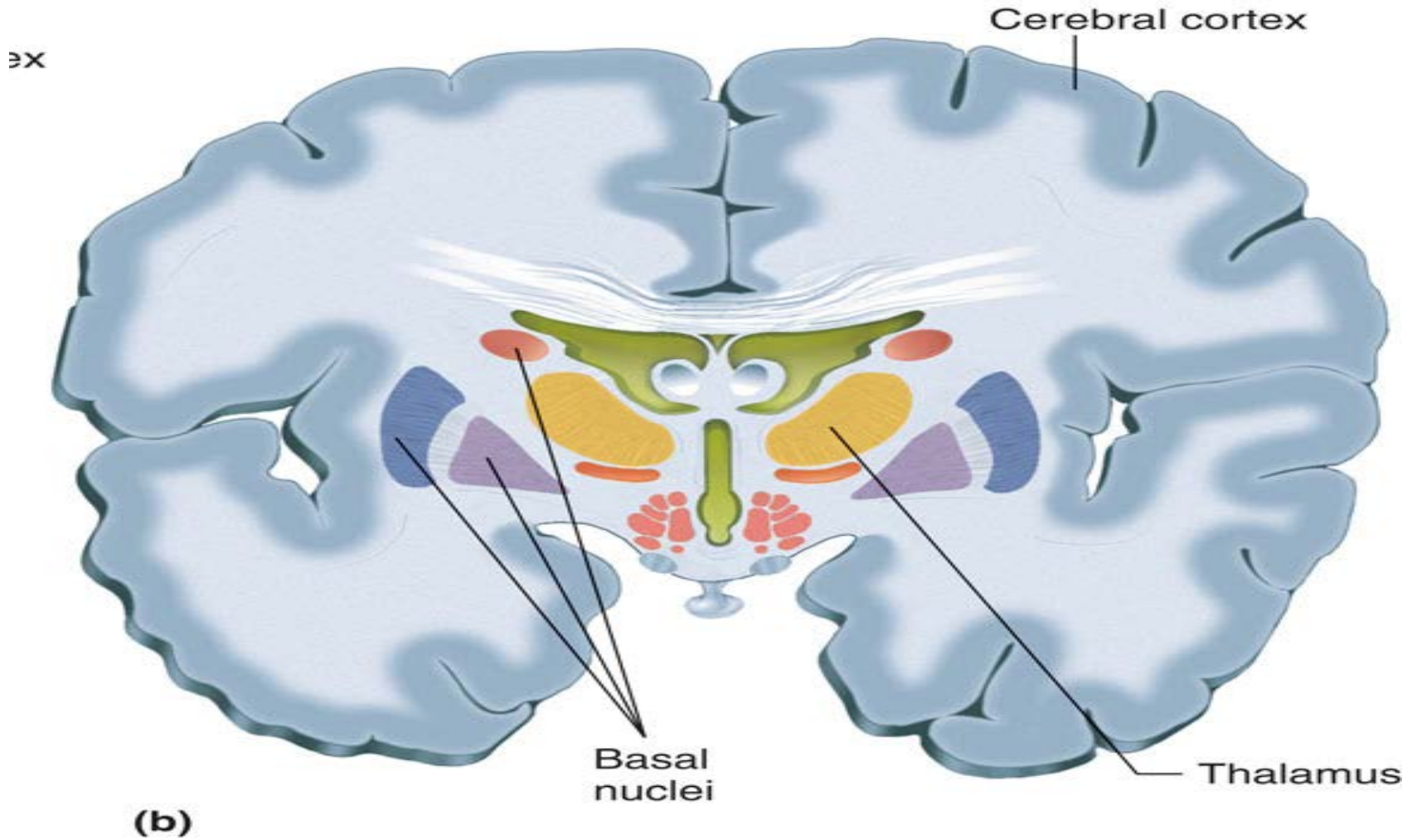
# Beyincik



(a)

**Fig. 10-2a**

# Subkortikal ve beyin sapı çekirdekleri



**Fig. 10-2b**

# İstemli ve İstemsiz Eylemler

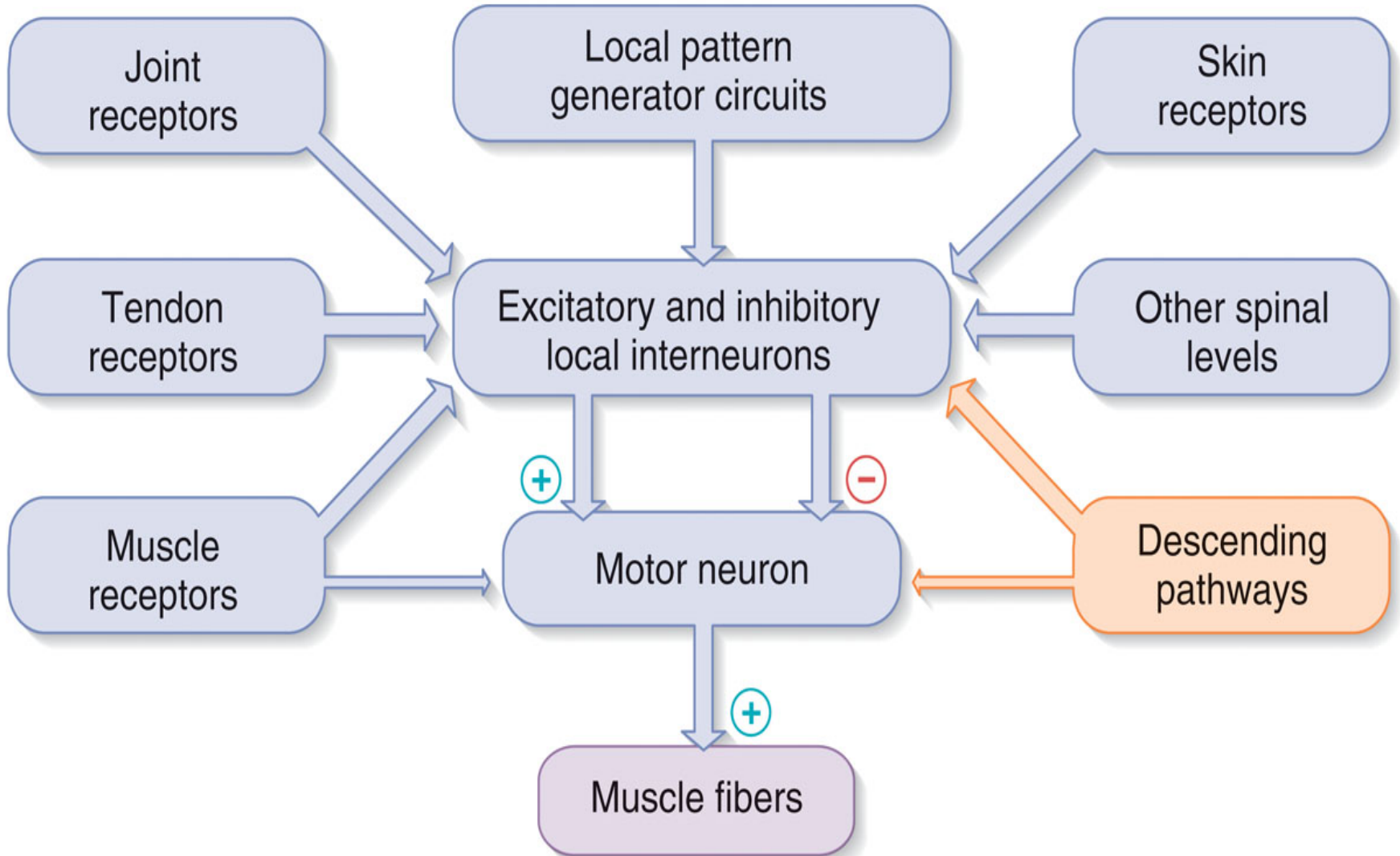
- İstemli hareketler, hareketle ne yaptığımızı, neden yaptığımıza dair bilinçli bir farkındalığın eşlik ettiği ve dikkatin eyleme ya da eylemin amacına yönelik olduğu hareketlerdir
- İstemsiz hareketler genellikle, bilinçsiz, otomatik ya da bir refleks olarak karakterize edilir.
- Motor davranışların çoğu ne tamamen istemli, ne de tamamen istemsizdir.

# Motor nöronların yerel denetimi

- Yerel kontrol sistemleri motor denetim hiyerarşisindeki yüksek beyin merkezlerinden talimat alarak, vücut parçalarını hareket ettirecek kaslar, tendonlar ve eklemlerdeki deride bulunan duyuşsal almaçlardan alınan bilgileri kullanarak ayarlamalar yaparlar.

# Ara- nöronlar

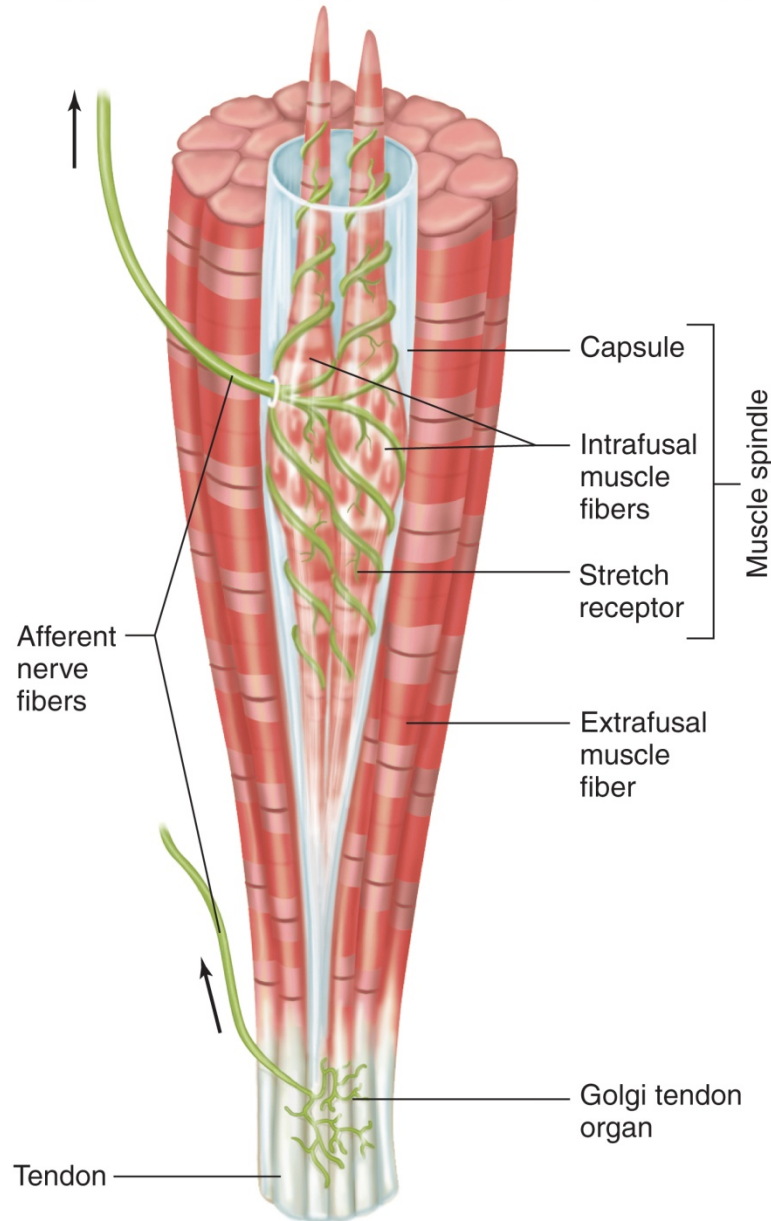
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



**Fig. 10-3**  
7

# Yerel aferent girdi

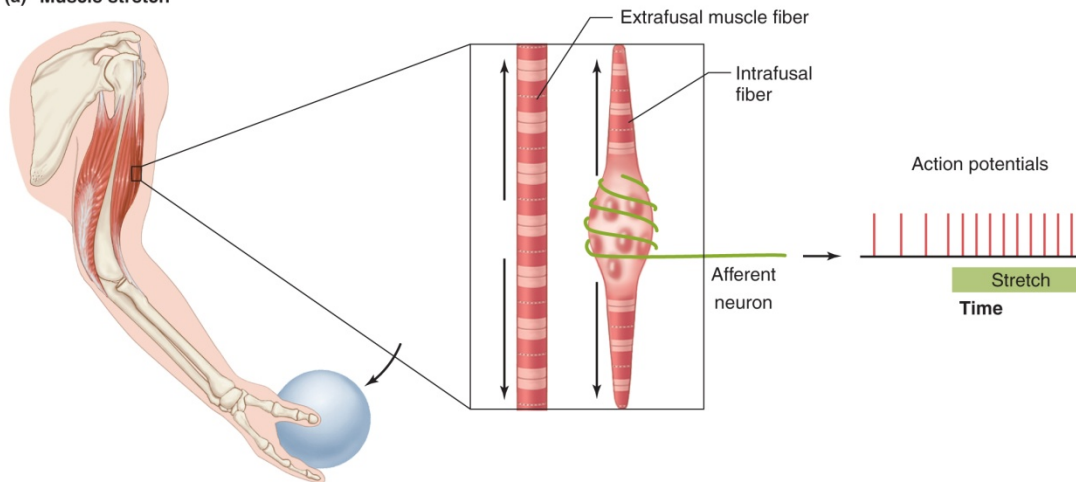
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



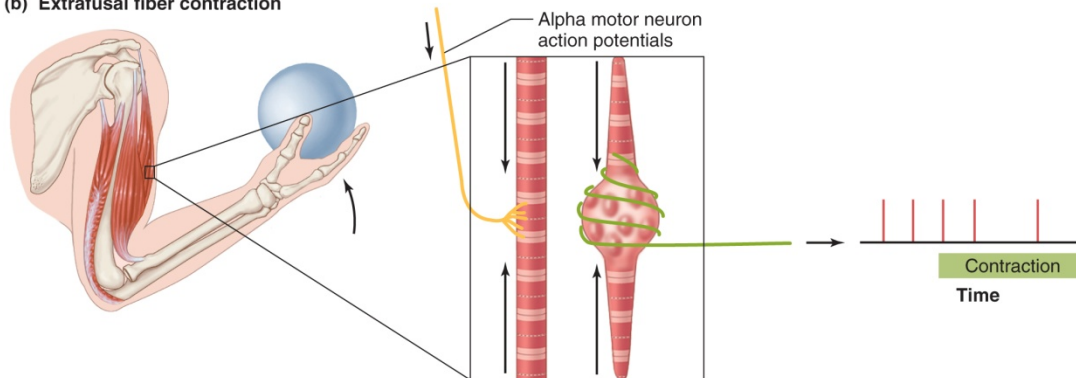
**Fig. 10-4**  
8



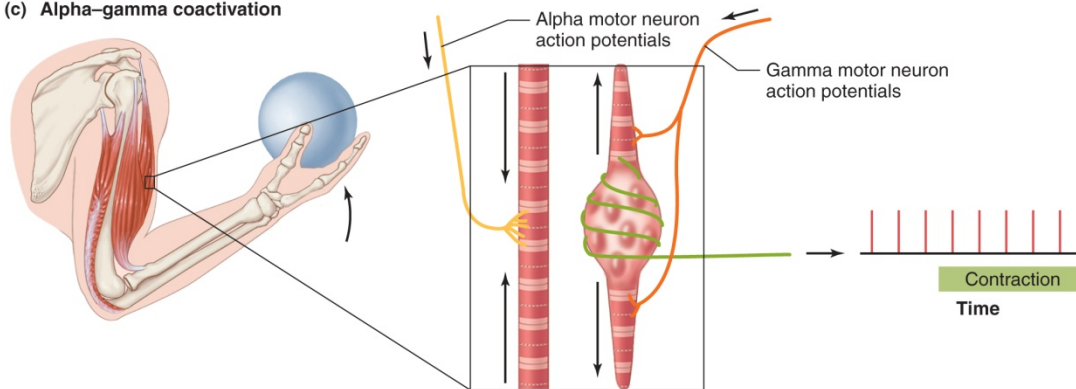
(a) Muscle stretch



(b) Extrafusal fiber contraction






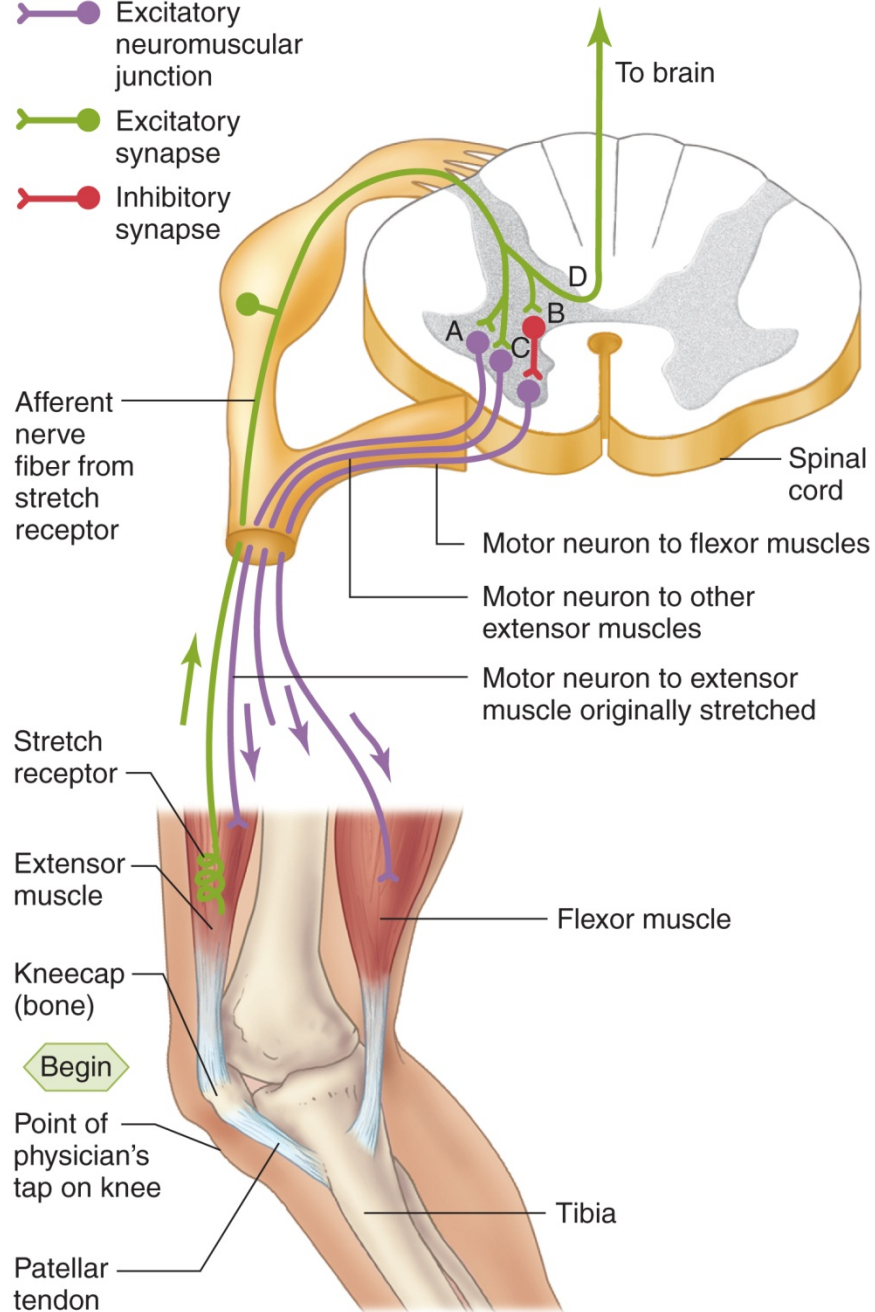
(c) Alpha-gamma coactivation



**Fig. 10-5**<sub>9</sub>

### Neurons ending with:

-  Excitatory neuromuscular junction
-  Excitatory synapse
-  Inhibitory synapse



**Fig. 10-6** 10

# Geri Çekme Refleksi

- Bir çivinin üzerine basıldığında ciltte meydana gelen ağrılı uyarı fleksör kasları harekete geçirir ve bacakta aynı taraftaki ekstansör kasları inhibe eder.
- Sonuçta elde edilen eylem acıyan uzvun acıveren uyarandan uzaklaştırılmayı amaçlar ve bu nedenle buna geriçekme refleksi denir.
- Aynı uyarı (vücudun karşı tarafında) karşı bacakta bunun tam tersi bir tepkiye yol açar.
- Ekstansörlere giden motor nöronlar aktive edilirken Fleksör kas motor nöronları inhibe edilir. Bu çapraz-ekstansör refleksi yaralı ayak fleksiyonla ayağa kaldırılırken kontralateral bacağın vücudun ağırlığını desteklemesini sağlar.

# Gerçekme refleksi

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Neurons ending with:

- Excitatory neuromuscular junction
- Excitatory synapse
- Inhibitory synapse

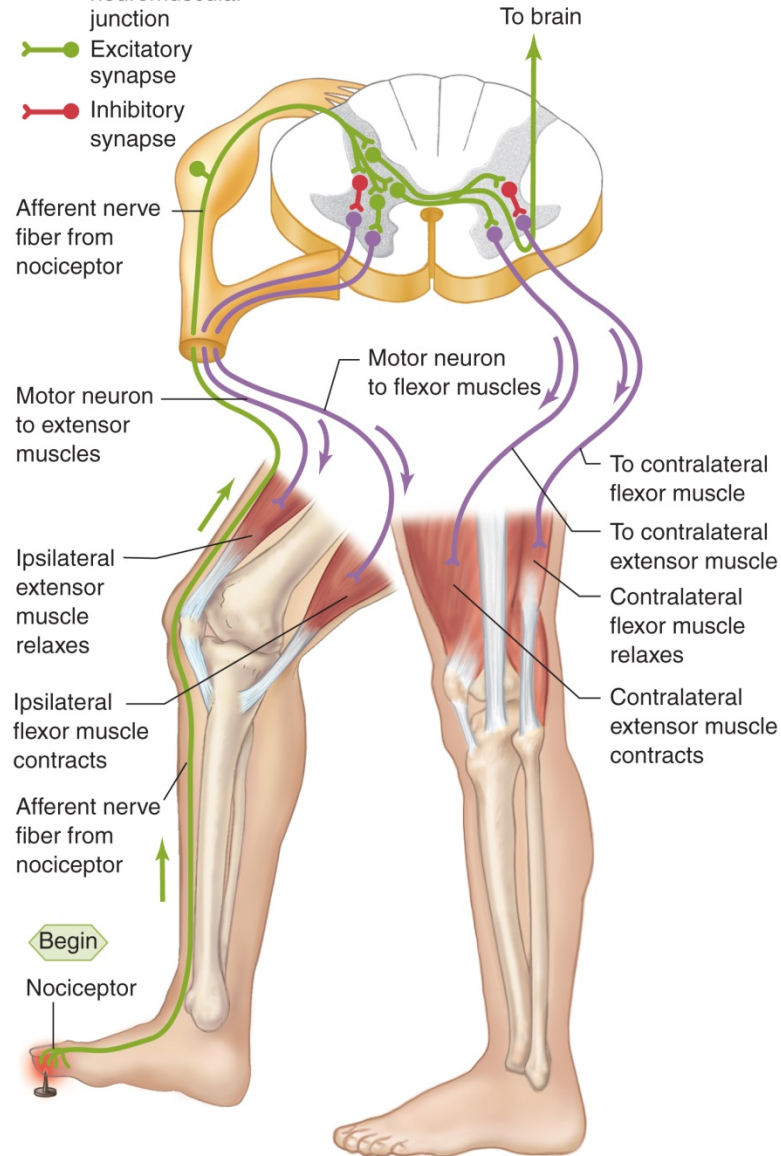


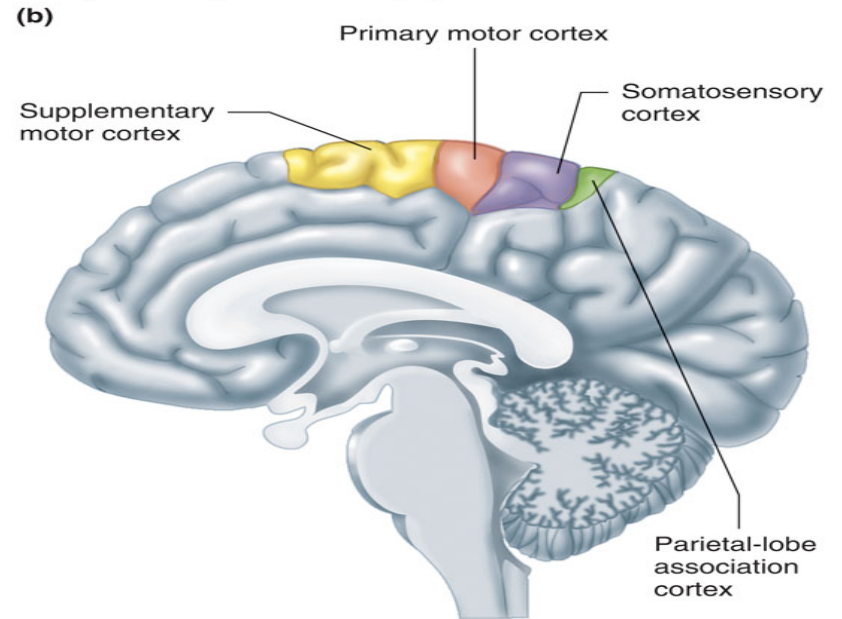
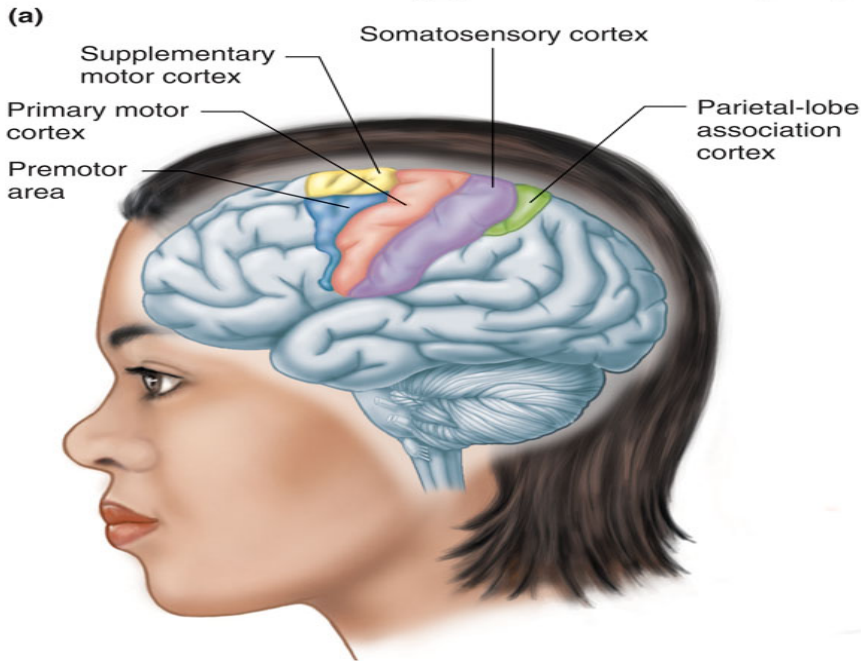
Fig. 10-9 12

# Beyin kabuğu (Cerebral Cortex)

- Beyin kabuğu, motor denetim hiyerarşisinin hem en üst hem orta düzeylerinde işlev görerek istemli hareketlerin hem tasarlanması hem yürütülmesinin denetiminde kritik bir rol oynar.
- Beyin kabuğunun kas hareketlerinin denetiminde birlikte çalışan tüm parçalarını topluca ifade etmek için **sensorimotor korteks** deyiimi kullanılır.
- Motor denetim için aşağı inen yolları oluşturan çok sayıda nöron, frontal lobun arka kısmı üzerinde bulunan iki sensorimotor korteks alanında bulunur. Bunlardan biri birincil motor korteks (bazen kısaca motor korteks denir) diğeri A large number of neurons that give rise to descending pathways for motor premotor alandır.
- Bedenin çeşitli kısımlarındaki kas gruplarını denetleyen motor korteks nöronları anatomik olarak Fig 10-11 de gösterildiği somatotropik harita şeklinde düzenlenmiştir

# Beyin Kabuğu

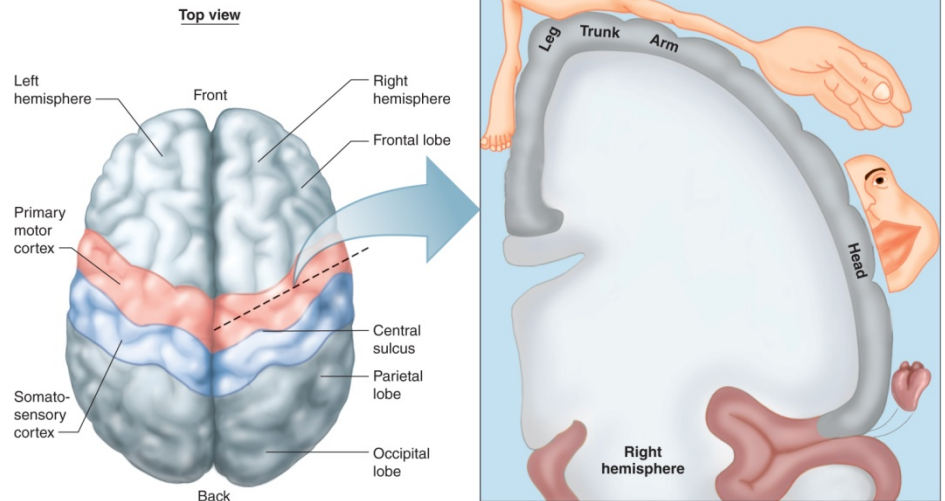
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Cross-sectional view

**Fig. 10-10**



**Fig. 10-11**

# Beyin Kabuğu

- Őekil 10-10 da gösterilen diğer senserimotor korteks arasında, büyük bölümü korteksin iki yarımküre arasına kıvrıldığı yerde bulunan frontal lob yüzeyi olan splementer motor korteks ve pariyetal loba eŐlenik assosiasyon korteksi yer alır.
- Korteksin bu alanlarının anatomik ve iŐlevsel olarak birbirlerinden ayrı olmalarına karşın bunlar arasında yoğun bir karşılıklı bağlantı vardır.
- Hareketleri denetleyen kortikal nöronlar, bir sinir ağı meydana getirmekte olup bunun anlamı herbir basit harekete birçok nöronun katılıyor olmasıdır.

# Beyin kabuğu

- Ağlar içinde nöronların birbiriyle olan karşılıklı etkileşimleri esnek olduğundan nöronlar farklı koşullar altında farklı şekilde yanıt verebilirler.
- Bu uyum sağlama becerisi farklı kaynaklardan gelen nöral işaretlerin tümleştirilme ve bir çok parçanın yumuşak, amaçlı bir hareket için eşgüdüm altına alınmasını sağlama olasılığını artırır.
- Bu durum büyük olasılıkla bir hedefe ulaşmada kullanabileceğimiz şaşırtacak kadar çok yolu kullanabilme şansına sahip olmamızdan da sorumludur. Örneğin saçınızı sağ ve sol elinizle başınızın önünden veya arkasından başlayarak tarayabilirsiniz. Aynı uyum sağlama becerisi motor davranışın her cephesinde görülen bir kısım öğrenme becerisinden de sorumludur.



# Beyin kabuğu

- Bellek, duygular ve güdülenmeye katılan alanlar gibi ek beyin alanları da istemli hareketlerin başlatılmasına katkıda bulunmaktadır.
- Beyin korteksinin assosiasyon alanları da motor denetimde diğer görevler üstlenmektedir. Örneğin, hedefe erişme ve kavramanın görsel denetiminde pariyetel assosiasyon korteks nöronları önem taşımaktadır.
- Bu nöronlar, elin hareket nakışına ait motor işaretleri yakalanacak nesnenin 3D niteliklerine ait görsel sistemden gelen işaretlere eşleştirmede önemli bir rol oynarlar.

# Subkortikal ve Beyinsapı Çekirdekleri

- Beyinsapında ve serebrumda kortekse bitişik şekilde çok sayıda birbirine bağlı yapılar bulunmakta olup, bunlar hareketlerin denetimi için korteksle karşılıklı etkileşir.
- Bunların etkileri, hem serebral korteks ve hem bazı beyinsapı çekirdeklerinden aşağı inerek motor nöronlara giden yollarla dolaylı şekilde iletilir.
- Hareketlerin başlatılmasına bunların ne ölçüde katkı yaptığı bilinmiyorsa da bu hareketlerin planlanması ve izlenmesinde kesin olarak başat bir rol almaktadırlar.
- Bunların görevi istenilen bir eylemi gerçekleştirmek üzere yapılması gereken hareketlerin özgül dizgisini belirleyen programlar hazırlamaktır.

# Subkortikal ve Beyinsapı Çekirdekleri

- Subkortikal ve beyinsapı çekirdekleri maharet isteyen hareketlerin öğrenilmesinde de önem taşır.
- Subkortikal çekirdeklerin en belirgin olanı bir çift bazal çekirdek olup birbirinden ayrı olmalarına karşın sıca ilgilidirler.
- Buda bir inme yada travmanın ardından subkortikal çekirdekleri vuran beyin harabiyetinin neden aşırı kasılmış kaslar veya gevşek felç ile sonuçlanabildiğini açıklar. Görülecek olay hangi özgül devrelerin hasarlandığına bağlıdır.

# Parkinson Hastalığı

- Parkinson hastalığında bazal çekirdeklere olan girdi azalmış, kolaylaştırıcı ve inhibe edici devrelerin birlikte görev yapması dengesiz hale gelmiş ve motor korteksin etkinleştirilmesi azalmıştır.
- Klinik olarak Parkinson hastalığı, hareketlerin miktarında azalma (akinez), yavaş hareket etme(bradikinez), kas katılığı ve dinlenme sırasında tremor görülmesi ile karakterizedir.
- Diğer motor ve motor olmayan anormalliklerde görülebilir, örneğin sık görülen bir belirti takımı hastanın yüz mimiklerindeki bir değişikliğe işaret eden maske yüz, duygusuz bir ifade, kolların sallanmadığı, ayakların birbirine dolaştığı bir yürüyüş ve kambur, kararsız bir postür görünümüdür.

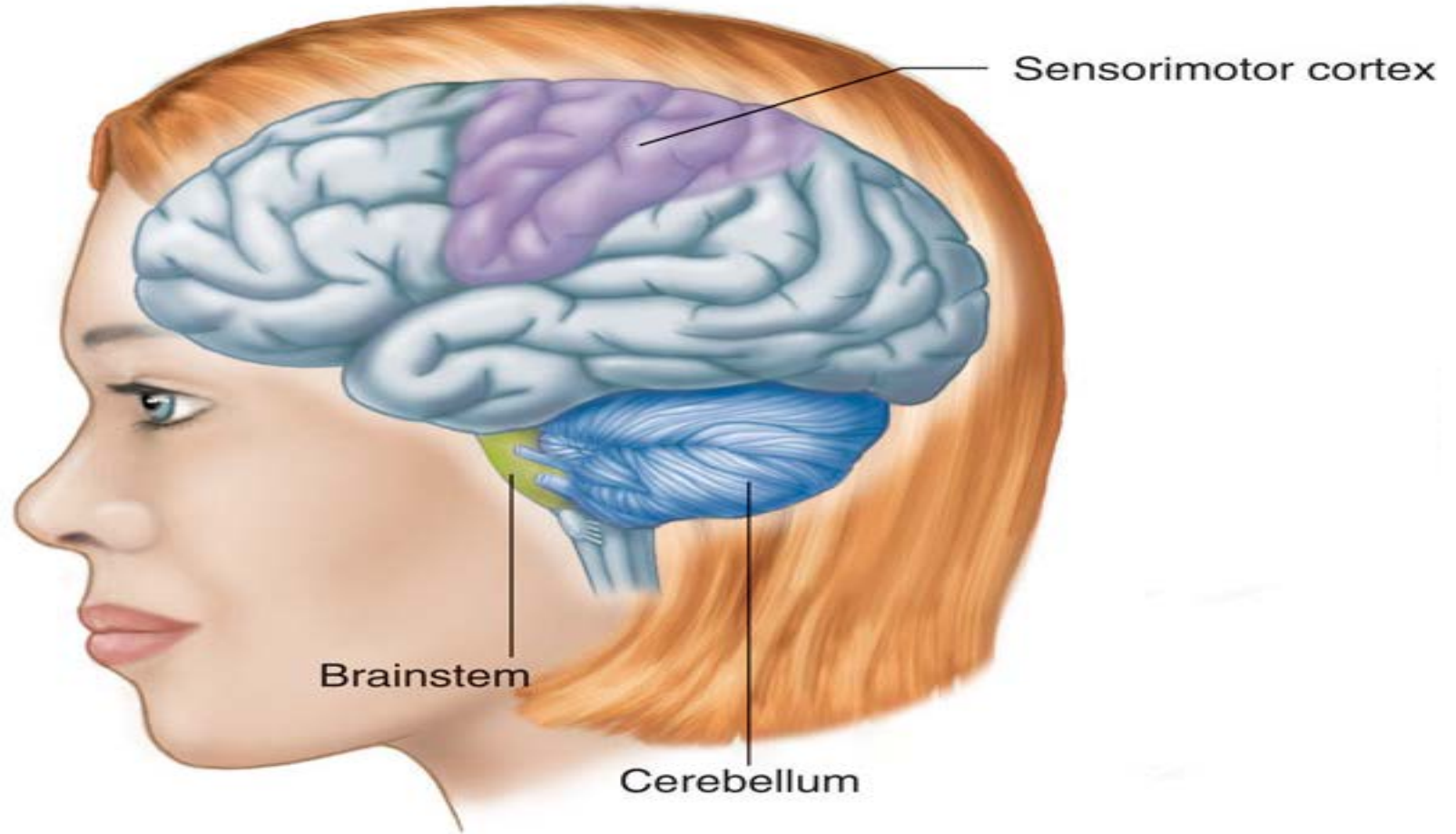
# Parkinson Hastalığı

- Parkinson hastalığının belirtileri bazal çekirdeklerin yetersiz işlev gördüğünü yansıtsa da ilk kusurun büyük kısmı beyin sapında bulunan **substansiya nigra** nöronlarında bulunur. Bu nöronlar normalde bazal çekirdeklere uzanır ve buradaki akson terminallerinden dopamin salgırlar.
- Parkinson hastalığında **Substansiya nigra** nöronları yozlaşmakta ve bazal çekirdeklere akıttıkları dopamin miktarı azalmaktadır. Bu ise sensorimotor korteksin daha sonraki etkinleşmesinde azalma yapar.

# Parkinson Hastalığı

- Substansiya nigra nöronlarındaki yozlaşma ve parkinson hastalığının gelişmesinin nedeni bugün bilinmemekle birlikte bazı çevresel zehirlerin yolaçtığı düşünülmektedir.,
- Parkinson hastalığında kullanılan ilaçların tümü çekirdeklerdeki dopamin etkinliğini tekrar kurmak için tasarlanmıştır. Bunlar üç ana gruba ayrılır:
  1. Dopamin reseptör agonistleri(uyarıcıları)
  2. Kavşaklarda dopamini metabolize eden enzimleri inhibe ediciler
  3. Bizzat dopamin öncülleri (ör. - *Levodopa*, ayrıca *L-dopa* olarakta bilinir.)

# Beyincik (Serebellum)



(a)

**Fig. 10-2a**

# Beyincik

- Beyincik motor nöronlara gitmek üzere aşağı inen yolları doğuran sensorimotor korteks bölgelerine (talamus yoluyla) ve beyinsapı çekirdeklerine girdiler vererek postür ve hareketleri dolaylı olarak etkiler.
- Beyincik sensorimotor krteksten ve keza vestibüler sistem gözler deri kaslar eklemler ve kirişlerden yani hareketin etkilediği çok sayıdaki almaçlardan bilgi alır.
- Motor işlevde beyinciğin bir rolü, bir motor programının farklı evrelerinin doğru şekilde yürütülmesi için gereken zamanlama işaretlerini ve özellikle agonist/antagonist bileşenlerinin zamanlamasına ait işaretleri beyin kabuğu ve omuriliğe sunmaktır. Ayrıca çok sayıda eklemi kapsayan eşgüdümlü hareketlere yardım ederek bir sonraki girişimlerde kolaylık sağlanması için bu hareketlere ait anıları depolar.



# Beyincik

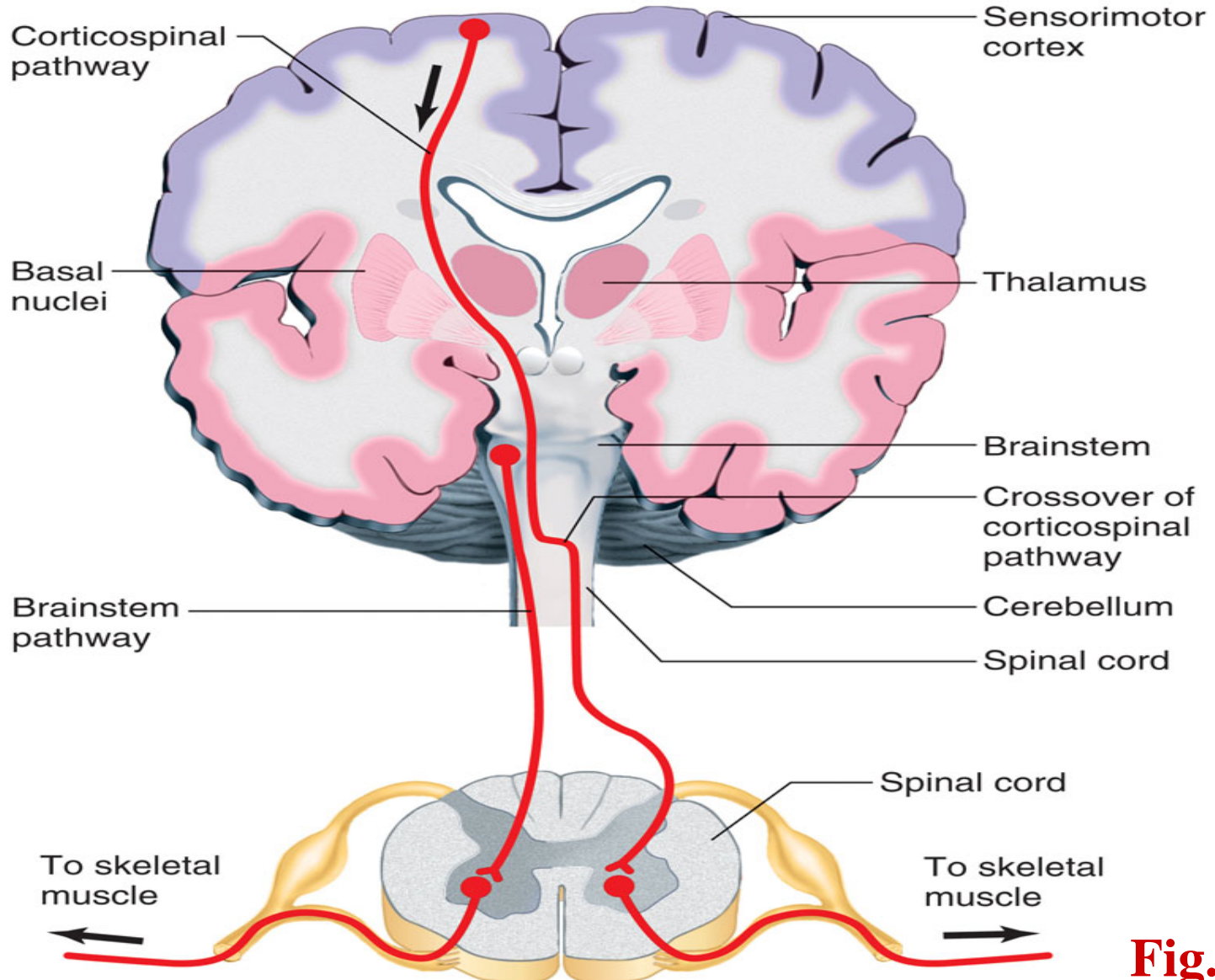
- Beyincik hareketlerin planlanmasına da katılmakta olup yapılması niyetlenen hareketin doğası hakkındaki bilgiyi hareketin yapılacağı dış ortama ait bilgi ile tümleştirir.
- Hareket sırasında beyincik kaslardan gelen bilgilerin ışığında gerçekte yapılmakta olan şeyi yapılması gereken şeye ait bilgilerle karşılaştırarak gerektiğinde motor korteks ve subkortikal merkezlere bir düzeltme sinyali gönderir.
- Beyincik hastalığı bulunan kişiler hareketleri çabuk ve kolayca başlatıp bitiremez, çeşitli eklemlerin katıldığı hareketleri tek yumuşak ve eşgüdümlü hareket halinde birleştiremez sendeleyerek yürür ve karasız postüre sahiptirler.

# Aşağı inen yollar

- Çeşitli beyin bölgelerinin postür ve hareket üzerine olan etkisi motor nöronlara bunları etkileyen ara nöronlara giden inici yollar üzerinden gerçekleşir.
- Bu yollar iki tiptir. Adlarının işaret ettiđđ gibi beyin kabuğundan doğan **kortikospinal yollar** ve beyinsapından doğan **beyinsapı yolları**

# Aşağı inen yollar

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



**Fig. 10-12**

# Kortikospinal Yol

- Kortikospinal yolların sinir liflerinin hücre gövdeleri sensorimotor kortekste olup akson terminalleri omurilikte sonlanır.
- Kortikospinal yollara,medulla oblangatanın ventral yüzeyinden geçerken yaptıkları üçgen biçimli hareketten dolayı piramidal yolaklar veya piramidal sistem de denir
- Omurilikle beyin sapının birleşme noktası civarında (Medulla oblangatada) kortikospiral liflerin çoğu karşı tarafa geçmek üzere çaprazlaşır. Dolayısı ile bedenin sol tarafındaki iskelet kasları büyük ölçüde beyin sağ yarısındaki nöronlar tarafından denetlenirken sağ taraftaki kaslar beyin sol yarısındaki nöronlar tarafından denetlenir.

# Beyin sapı yolları

- Beyinsapındaki nöronlardan gelen aksonlar da motor nöronları etkilemek üzere omurilik içinde aşağı inen yollar oluşturur. Bu yolları kortikospinal yollardan ayırd etmek için bazen ekstrapiramidal sistem veya dolaylı yollar denir.
- Beyinsapı yollarınının aksonlarınının çoğunluğu çaprazlanmaz ve bedenin aynı taraftaki kaslarını etkilese de az bir kısmı çaprazlanabilir.
- Beyinsapı yolları özellikle dik duruş denge ve yürüme için kullanılan gövde kaslarının denetlenmesinde önem taşımaktadır.

# Kas Tonüsü

- Bir iskelet kası gevşek durumda olduğu zaman bile dışarıdan uygulanan bir kuvvetle gerilmeye hafif ve bir örnek bir direnç gösterir Bu dirence kas tonüsü denir.
- Bu hafif derecede motor nöron aktivitesine bağlı pasif elastik kuvvetler ve kısmi kasılma durumudur.

# Anormal Kas Tonüsü

- Hipertoni denilen anormal derece yükselmiş kas tonüsü normal motor etkinliğinin artmasına bağlı olarak gelişir.
  - *Spastisite* bir hipertoni biçimi olup burada kaslar bir miktar gerilinceye kadar tonüste bir artış geliştiremez ve tonüste hafif bir artıştan sonra kasılma kısa sürede ortadan kalkar devam edemez *Rigidite* de bir hipertoni biçimi olup burada ise artmış kas kasılmaları süreklidir.
- Hipotoni anormal derecede düşük kas tonüsü olup motor nöronların kas sinir kavşağının ve kasların kendilerindeki bozulmalardan kaynaklanır.
  - Hipotoniye halsizlik ve atrofi eşlik eder

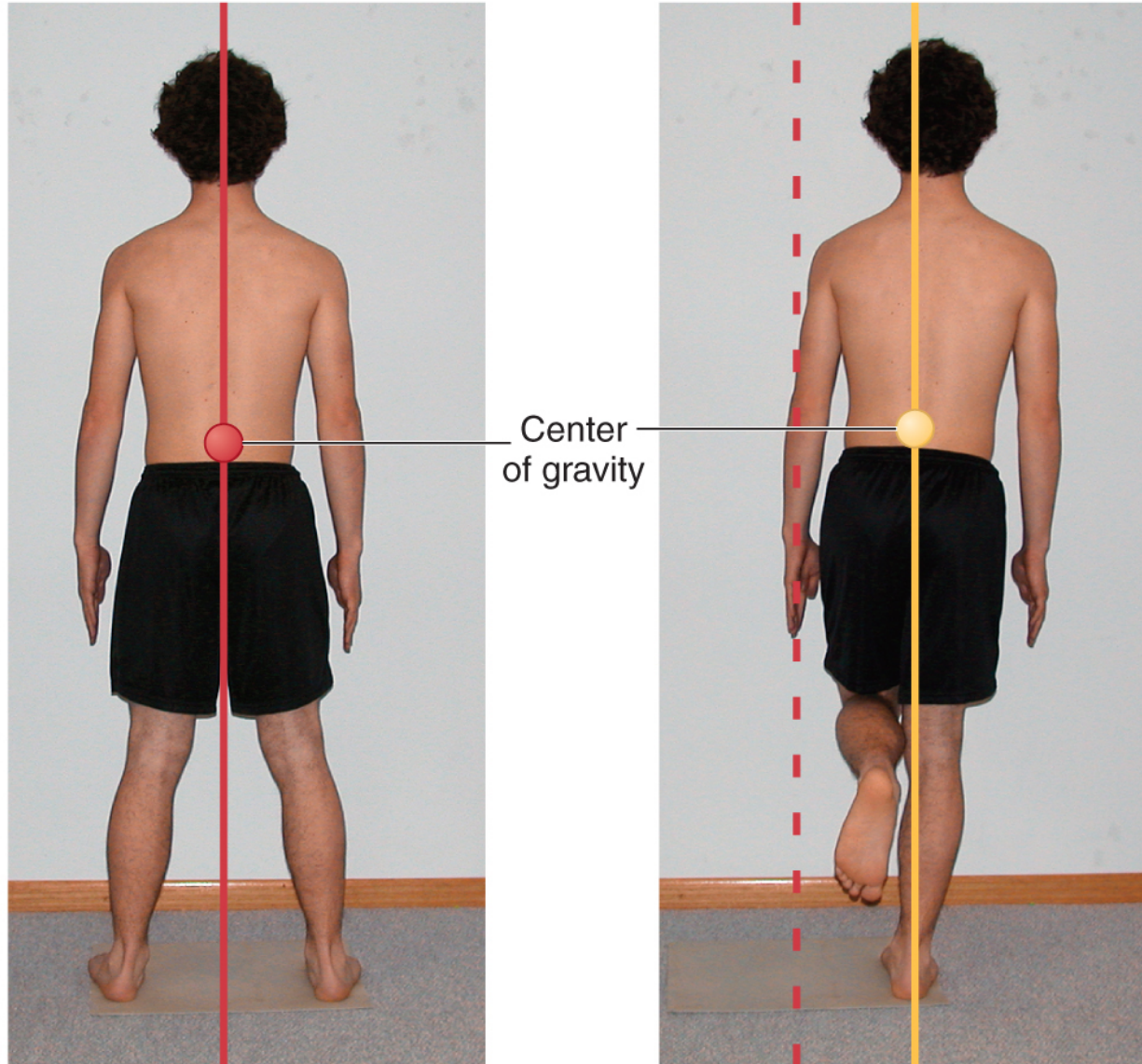
# Dik Duruş ve Dengenin Sürdürülmesi

- Vücudumuz dik durmak ve yerçekimine karşı çalışmak için iskelet ve kas sistemine ihtiyaç duyar
- Dik postürü korumaya eklenen diğer bir sorun dengenin sürdürülmesidir. Postür ve dengenin sürdürülmesi gözler, vestibüler aygıt ve somatik propriyoreseptörlerden gelen girdilere bağlıdır. Kararlı duruşu korumak için yerçekimi merkezinin ayakların oluşturduğu taban alanı içinde tutulması zorunludur.
- Yerçekimi merkezi bu taban alanının dışına taşacak olursa bir ayak destek alanının genişletmek üzere genişçe açılmadığı sürece beden yere düşecektir. Oysa insanlar karşılıklı etkileşen karmaşık **postür reflekslerinin** dengeyi sürdürmesi sayesinde dengeden uzak koşullarda eylem yapabilirler. Çapraz ekstensör refleksi postüral bir tepkedir.



# Dik Duruş ve Dengenin Sürdürülmesi

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)

(b)

**Fig. 10-14**

# Yürüme

- Yürüme herbiri doğru zamanda doğru olarak derecelendirilmiş şekilde etkinleştiren bir çok kasın eşgüdümünü gerektirir.
- Omurilikteki ara nöron ağlarının etkinliği lokomasyonun döngüsel, ardışık hareketlerini sağlar.
- Bu nakış üreticileri(pattern jeneratörler) kortikosinalve beyin sapının aşağı inen yolları tarafından denetlenir geri bildirim ve motor programlardan etkilenir.