MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN NO: 511
TIP FAKÜLTESİ YAYIN NO: 4

SAĞLIK MESLEK YÜKSEK OKULLARI İÇİN

İNSAN FİZYOLOJİSİ

Dr. Berrak Ç. YEĞEN
Dr. Erhan ERGENE
Dr. İnci ALİCAN
Dr. Uğur ÖZKUTLU

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

QT
104
S24
1991
K1

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN NO : 511
TIP FAKÜLTESİ YAYIN NO : 4

SAĞLIK MESLEK YÜKSEK OKULLARI İÇİN

İNSAN FİZYOLOJİSİ

Dr. Berrak Ç. YEĞEN
Dr. Erhan ERGENE
Dr. İnci ALİCAN
Dr. Uğur ÖZKUTLU

Marmara Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı
0029102

İSTANBUL - 1991

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ISBN : 975 - 400 - 058 - 1

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
DÖNER SERMAYE İŞLETMESİ
MATBAA BİRİMİNDE BASILMIŞTIR.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
KÜT. DÖK. D. BŞK.
29102
36929

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ÖNSÖZ

Bu ders kitabını insan fizyolojisini oluşturan temel mekanizmaları detayına girmeden sunmak amacıyla hazırladık.

Meslek Yüksek Okulları'nda okutulan Fizyoloji Dersi'ne kaynak olabilecek kitabımızın hedef öğrencilere faydalı olmasına umuyor, eleştirilerinizi bekliyoruz. Bu kitabın basımını destekleyen Prof.Adnan Tezel başta olmak üzere Marmara Üniversitesi Yayın Komisyonuna, basıma hazırlanmasında büyük yardımlarını gördüğümüz Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Eğitimi Bölümü Öğretim Elemanlarına ve Çalışanlarına candan teşekkürlerimizi sunarız.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

İÇİNDEKİLER

1. İNSAN FİZYOLOJİSİNE GİRİŞ; HÜCRE VE DOKULAR, HOMEOSTAZ 1
HÜCRE ZARINDAN GEÇİŞ VE TAŞINMA MEKANİZMALARI 5
HÜCRE-ÇEVRE İLİŞKİSİ, VÜCUT SIVILARI VE HOMEOSTAZ 9
ORGAN SİSTEMLERİ VE HOMEOSTAZ 12
2- UYARILABİLEN HÜCRELER VE BİYOELEKTRİK POTANSİYELLER 17
3- HAREKET SİSTEMİ, İSKELET KASININ YAPI VE FONKSİYONLARI 23
KASILMA MEKANİZMASI 25
KAS KASILMASI VE HAREKETİN SİNİRSEL KONTROLÜ 26
MOTOR ÜNİTE 28
SİNİRSEL UYARININ KASA İLETİLMESİ (NÖROMUSKULER İLETİ) 29
4- SİNİR SİSTEMİ 31
5- KAN FİZYOLOJİSİ 41
ERİTROSİTLER 42
LÖKOSİTLER 45
İMMÜN SİSTEM 47
KAN GRUPLARI 48
TROMBOSİTLER 50
6- DOLAŞIM SİSTEMİ 53
KALBİN İLETİ SİSTEMİ VE ELEKTRİKSEL AKTİVİTESİ 55
KALP SESLERİ 57
KAN BASINCI 58
NABIZ 59
KALP ÇALIŞMASININ DÜZENLENMESİ 60

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

7- SOLUNUM SİSTEMİ 61
VENTİLASYON 61
DİFÜZYON 64
SOLUNUMUN KONTROLÜ 66
ASİT-BAZ DENGESİ 66
8-SİNDİRİM SİSTEMİ 69
AĞIZ 70
FARİNKS 70
ÖZOFAGUS 71
MİDE 71
PANKREAS 72
KARACİĞER 73
İNCE BARSAK 75
KALIN BARSAK 75
SİNDİRİM VE ABSORPSİYON 76
DIŞKI OLUŞUMU 77
9- BOŞALTIM SİSTEMİ 79
GLOMERÜLER FİLTRASYON 81
TÜBÜLER FONKSİYONLAR 82
10- ENDOKRİN SİSTEM 85
HİPOFİZ HORMONLARI 87
TİROİD HORMONLARI 92
BÖBREKÜSTÜ BEZİ HORMONLARI 93
PANKREAS HORMONLARI 94
PARATİROİD HORMONU VE KALSİTONİN 95
SEKS HORMONLARI 96
11- DUYU ORGANLARI 97
GÖZ 97
KULAK 101
BURUN 102
DİL 103
DERİ 104

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

12. ERKEK ÜREME SİSTEMİ 105
ERKEK ÜREME ORGANLARI 105
13- KADIN ÜREME SİSTEMİ
KADIN ÜREME ORGANLARI 109

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 1

İNSAN FİZYOLOJİSİNE GİRİŞ; HÜCRE VE DOKULAR, HOMEOSTAZ

İnsan fizyolojisi insan vücudunun normal çalışma şeklini inceleyen, organ ve dokuların fonksiyonlarını ve bu fonksiyonlar arasındaki ilişkileri araştıran bir bilim dalıdır.

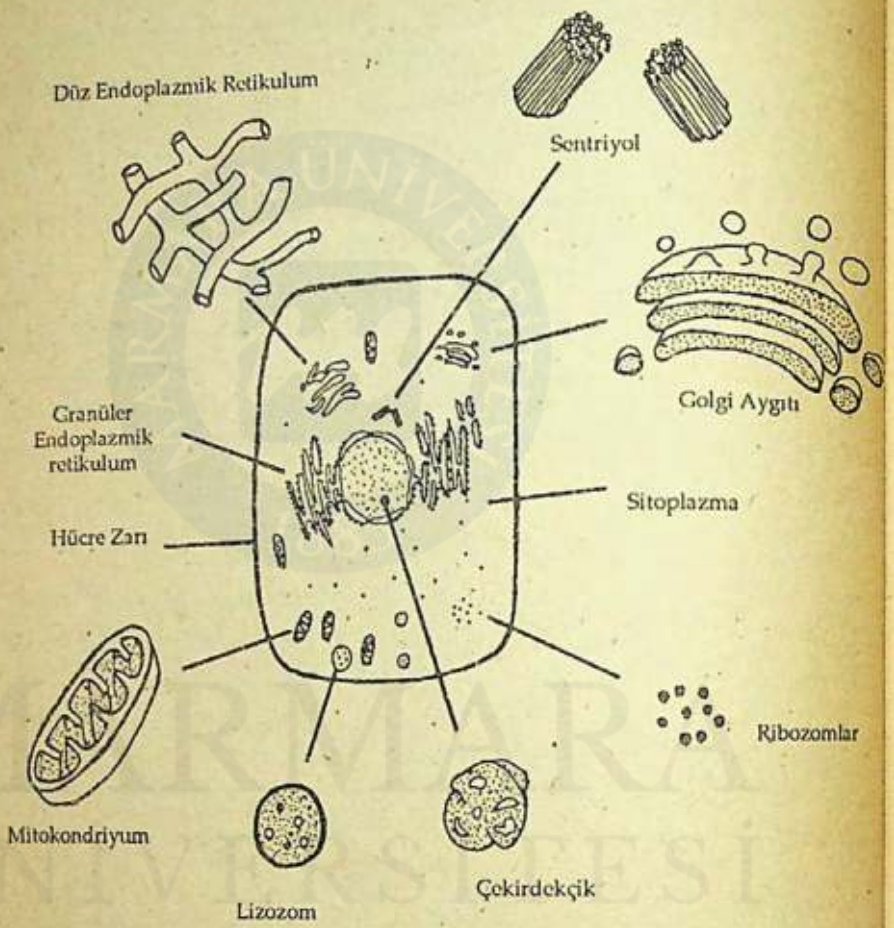
İnsan vücudu çok sayıda hücreden meydana gelen karmaşık bir organizmadır. Bu karmaşık yapı içinde yaşamsal özelliği olan en küçük birim **hücredir**. Hücreler özelleşerek farklı dokuları, **dokular** ise biraraya gelerek **organları** ve **organ sistemlerini** oluştururlar. Özelleşmiş her bir organ ya da organ sistemi, fizyolojik olaylar bütünü içinde özgün bir rol oynar. Çeşitli organ sistemleri arasında bir iş bölümü vardır ve böylece her bir sistem belirli fonksiyonları yerine getirir.

HÜCRE

Her organ ya da doku, destek yapılarla birarada tutulan hücre kümelerinden oluşur. Hücre içinde **sitoplazma** adı verilen saydam bir sıvı, sitoplazmada yüzer bir şekilde bulunan bir **çekirdek (nükleus)** ve birçok organel vardır. Bunlar, seçici, yarı geçirgen bir zarla (**hücre membranı**) hücre dışı sıvılardan ayrılmışlardır. Sitoplazma, suda erimiş halde hücrenin yaşamında gerekli olan birçok organik ve inorganik maddeyi içerir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE VE DÖKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

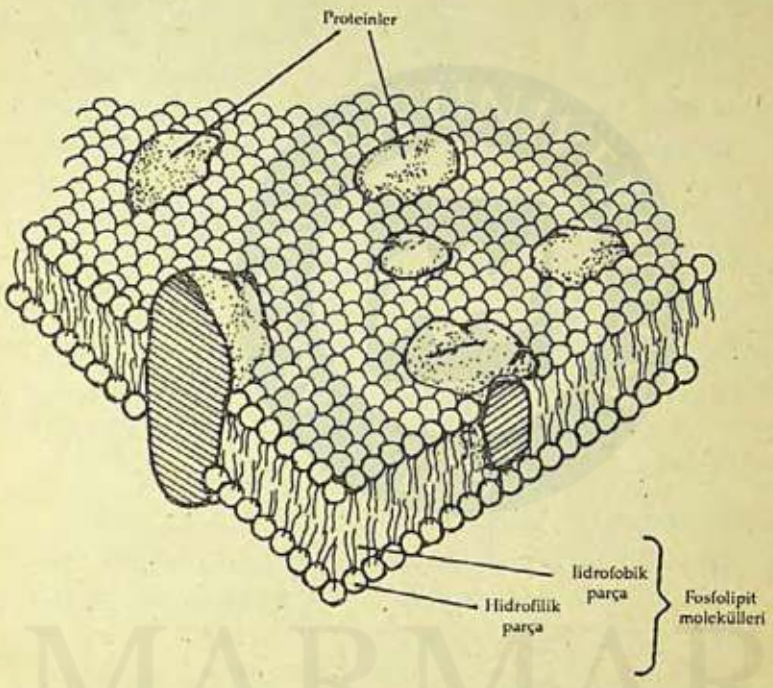


Şekil 1.1 Hücre ve organellerinin şematik görünümü.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Hücre zarı (Hücre Membranı) :

Yapısında lipid ve proteinler bulunur : Lipidler çift tabaka halindedir ve hidrofilik bölümleri dışta, hidrofobik bölümleri membranın içinde olacak şekilde dizilim gösterirler. Proteinler ise membrana gömülü halde bulunur ve suda çözünen maddelerin membrandan geçişinde rol oynarlar.



Şekil 1.2 Hücre zarı modeli. Çift katlı zarda, fosfolipid moleküllerinin hidrofobik bölümleri içte birbirlerine bakacak şekilde, hidrofilik bölümleri ise dışta yerleşmiştir. Çift katlı fosfolipid tabaka içinde gömülmüş durumda protein molekülleri bulunur.

Herhangi bir molekülün hücre zarını geçebilmesi molekülün büyüklüğüne ve yağda çözünürlüğüne bağlıdır. Örneğin, büyük proteinler ve elektriksel yüke sahip moleküller zardan kolay geçemezler; ancak üre gibi küçük, yüksüz moleküller kolaylıkla geçebilirler. Çeşitli şekerler ve amino asitler ise membranda bulunan özel taşıyıcı proteinlere bağlanarak hücre zarını aşabilirler (bak. Şekil 1.3).

Organeller:

Çekirdek (Nükleus) : Hücrenin denetim merkezidir. Hücredeki hemen bütün kimyasal **reaksiyonlar** ve hücre bölünmesi çekirdek tarafından kontrol edilir. Porlarla yer yer kesintiye uğrayan çift katlı bir membran çekirdeği sitoplazmadan ayırır. Çekirdek içinde dağınık bir yumak şeklinde, koyu boyanan **DNA (deoksiribonükleik asit)** lifçikleri bulunur ki bunlara **kromatin** denir. Kromatin, hücre bölünmesi sırasında yoğunlaşarak kısa, kalın çomakçıklar haline gelir. Bunlara **kromozom** adı verilir. Kromozomlar kalıtsal özellikleri, hücre bölünmesinden sonra oluşan yeni nesil hücrelere geçirirler. Bir kromozomun yapısında milyonlarca **gen** bulunur. Kalıtsal özellikler gen denilen bu birimler tarafından belirlenir. Bir insan hücresinde, herbiri milyonlarca genden oluşan 46 adet kromozom bulunur. Bu sayı her hücrede aynıdır. Yalnız, erkek ve kadın üreme hücrelerinde **(sperm ve ovum)** bunun yarısı kadar, yani 23 kromozom bulunur. Sperm ve ovum birleştiklerinde 46 kromozomu olan tek bir hücre yaparlar.

Çekirdek ayrıca bir ya da birkaç **çekirdekçik (nükleolus)** içerir. Bu çekirdekçikler, **elçi RNA (messenger RNA)** sentezi sırasında kromatinin yoğunlaşmasıyla görünür bir hal alırlar. Elçi RNA, protein sentezlenmesi için gerekli bildiriyi ribozomlara iletmekle görevlidir.

Mitokondriyum : İçeriye doğru kıvrımlar yapan çift katlı zarla çevrili bir organeldir. Mitokondriyumda oksidatif fosforilasyondan sorumlu enzimler ve **adenozin trifosfat (ATP)** yapım bölgeleri bulunur. Buradaki kimyasal reaksiyonlar sonucu elde edilen enerji ATP içinde saklanır. Herhangi bir reaksiyon için enerji gereksinimi olduğunda ATP kimyasal bir dönüşüm geçirerek depoladığı enerjiyi kullanıma sunar. Bu yüzden mitokondriyum, hücrenin "enerji üretim merkezi" diye adlandırılır.

Ribozom : Sitoplazma içinde, serbest ya da endoplazmik retikulumun zarlarına yapışık olarak bulunan tanecik şeklinde organellerdir. Başlıca işlevleri protein sentezlemektir. Ribozomlardaki protein yapımı RNA'lar aracılığıyla hücre çekirdeğindeki kromozomlar tarafından kontrol edilir.

Endoplazmik retikulum : Hücre içindeki çok sayıda zar tarafından oluşturulan karmaşık bir yapıdır. İki ayrı tipi vardır: **1- Tanecikli (granüler) Endoplazmik Retikulum:** Zarlarına çok sayıda ribozom

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

yapışık olan, birbirine paralel keseciklerden oluşur. Granüler adının verilmesine neden olan bu ribozomlardır. Protein yapım yeridir. **2- Düz (agranüler) Endoplazmik Retikulum :** Ribozom içermez. Tüp ya da boru benzeri zarlardan oluşur. Tanecikli endoplazmik retikulumla ilişki halindedir. Steroid sentezi, glikojen sentezi ve daha başka kimyasal olaylar burada gerçekleşir. Ayrıca hücre içinde madde taşınmasında önemli rol oynar.

Lizozom : Enzimlerle dolu küçük yuvarlak keseciklerdir. Enzimler hücre dışından alınan besin maddelerini parçalayıp küçük yapı taşlarına ayırırlar; zararlı maddeleri etkisiz hale getirirler. Hücrenin "savunma ve sindirim sistemi" olarak kabul edilir. Akyuvar ve makrofaj gibi savunmayla ilgili hücrelerde çok sayıda lizozom bulunur.

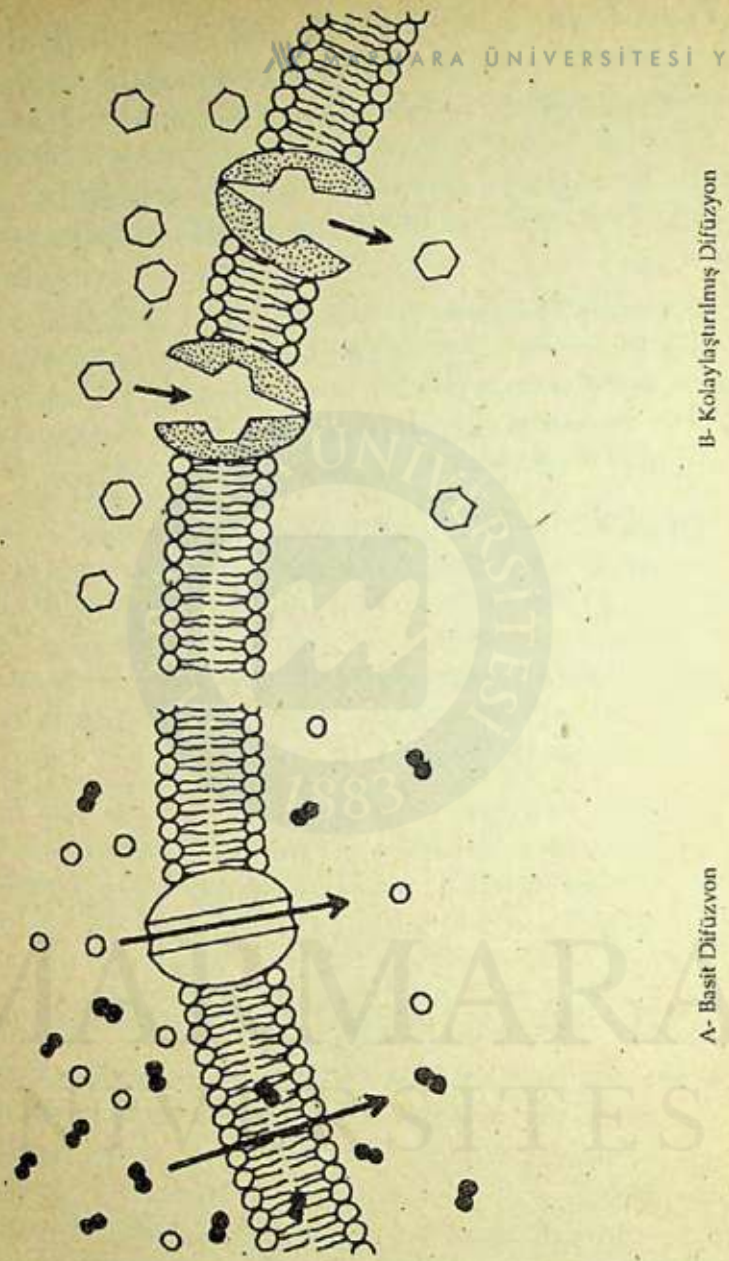
Golgi aygıtı : Birbirine paralel bir dizi kesecikten oluşur. Çeşitli maddelerin sentez edilmesi ve salgılanması bu organelin görevidir. Sentez edilecek maddelerin yapı taşları olan basit moleküller sitoplazmadan alınır; bunlar birleştirilerek hücrenin işlevi için gerekli olan daha kompleks moleküller oluşturulur ve Golgi aygıtının kesecikleri içinde gerektiğinde salınmak üzere depolanırlar. Bu organel, salgı fonksiyonu olan hücrelerde çok gelişmiştir.

Ayrıca hücrede bulunan ve kasılabilir özelliklere sahip **mikrofilaman** ve **mikrotübül**'ler hücre ve hücre içi organellerinin hareketlerini sağlarlar. Hücre bölünmesi sırasında, kromozomların iki kutupta toplanmasını sağlayan iğcikleri yaparlar.

HÜCRE ZARINDAN GEÇİŞ VE TAŞINMA MEKANİZMALARI

Hücre zarı, hücreyi çevresinden ayıran bir engel oluşturur. Ayrıca, hücre içi ve dışı arasında madde giriş-çıkışını kontrol eder. Hücre zarı bazı maddelerin geçişine izin verip bazılarının geçişini engellediği için, "seçici geçirgen" ya da "yarı geçirgen" olarak nitelenir. Gerek hücrenin yaşamı için gerekli besin maddelerinin hücreye alınması ve artık maddelerin hücreden uzaklaştırılması, gerekse hücrenin çalışmasını denetleyen haberci moleküllerin bazılarının hücreye ulaşabilmesi, bu maddelerin hücre zarından geçiş özellikleriyle yakından ilgilidir. Farklı maddeler hücre zarından farklı şekillerde geçerler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 1.3 Hücre zarından pasif geçiş mekanizmaları. A. Yağda çözünebilen maddeler fosfolipid tabakasından, küçük moleküllü ve suda çözünen maddeler ise porlardan (su kanalları), konsantrasyon gradientleri yönünden basit difüzyon yoluyla geçerler. B. Yağda çözünmeyen ve porlardan geçemiyecek kadar büyük bazı moleküller, zarda yerleşmiş özgün taşıyıcı proteinlere gradientleri yönünde zarı geçerler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

I. Pasif Geçiş :

Moleküllerin sahip oldukları kinetik enerjileri nedeniyle gösterdikleri hareketlere bağlı olarak gerçekleşir.

a) Basit Difüzyon :

Taneciklerin, yüksek yoğunlukta bulundukları bir ortamdan düşük yoğunlukta oldukları bir ortama doğru hareket etmeleridir. Fick prensibine göre difüzyon hızını belirleyen faktörler şunlardır:

$$\text{Difüzyon Hızı} = \frac{\text{Yoğunluk Farkı x Yüzey Alanı x Difüzyon Katsayısı}}{\text{Difüzyon Mesafesi (membranın kalınlığı)}}$$

Buna göre iki ortam arasındaki madde yoğunlukları arasında ne kadar fazla fark varsa ve difüzyonun gerçekleştiği alan ne kadar genişse bir maddenin difüzyonu o kadar hızlı olmakta; diğer taraftan katedilen mesafe ne kadar fazla ise difüzyon o kadar yavaş olmaktadır. Difüzyon her zaman "konsantrasyon gradienti" yönünde yani yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa doğrudur. Difüzyon katsayısı, difüzyona uğrayan molekülün ve difüzyonun gerçekleştiği ortamın (membranın) kimyasal özellikleriyle ilgili bir sabittir.

Basit difüzyon iki farklı yolla olabilir:

1- Porlar aracılığıyla: Hücre zarında 0.8 nm kadar genişlikte porlar (küçük delikçikler) bulunur. Küçük moleküllü, suda eriyen maddeler bu porlardan serbestçe geçebilir.

2- Fosfolipid tabakasından doğrudan geçiş: Yağda eriyen moleküller membranın fosfolipid bölümünde çözünerek zarı geçebilirler.

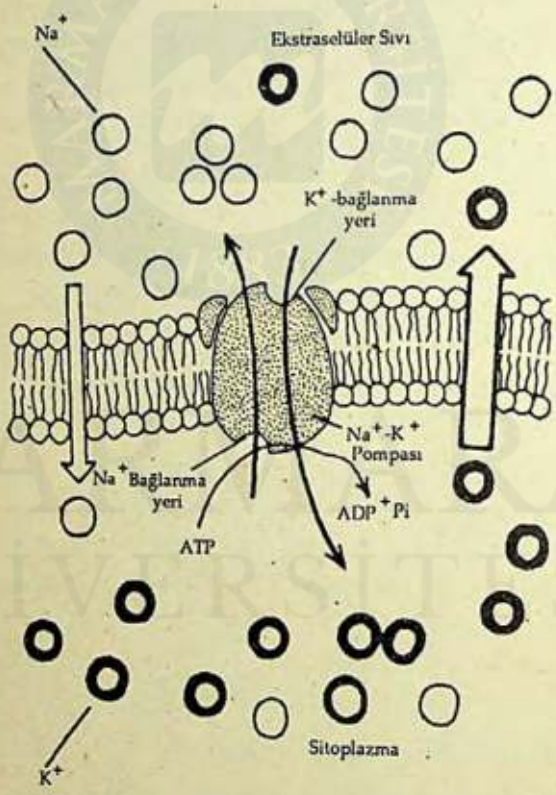
Potasyum hücre içinde, sodyum ise hücre dışında daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Bu nedenle hücre dışından içeriye sodyum geçişi, hücre içinden dışarıya ise potasyum çıkışı, yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa olacak şekilde, basit difüzyon gerçekleşir. Benzer şekilde, akciğerlerde atmosfer havası ile karşılaşan kandaki karbondioksit, düşük yoğunluğa, havaya geçerken, havadaki oksijen de düşük yoğunlukta bulunduğu kana basit difüzyon geçer.

b) Kolaylaştırılmış Difüzyon :

Yağda eriyemeyen ve porlardan geçemeyecek kadar büyük olan moleküller bu yolla taşınırlar. Membranda bir taşıyıcı protein bulunur; bu proteine bağlanan glikoz, amino asitler v.b. membranı bu yolla geçebilirler.

Ozmoz : Porlardan kolaylıkla geçebilen su molekülleri zarın iki tarafında erimiş halde bulunan madde yoğunluklarını eşitleyecek şekilde hareket ederler. Örneğin yoğunluğu yüksek bir sıvıda (hipertonik) bulunan hücrelerin hücre içi sıvıları hücre zarından dışarıya çıkar ve hücre büzülür. Hücreler az yoğun bir ortamda (hipotonik) bulunduklarında ise su, hücre içine girerek hücreyi şişirir ve hücre patlar. Diğer bir deyişle su, kendi yoğunluğunun çok olduğu ortamdan az olduğu ortama doğru geçerek içindeki moleküller açısından az yoğundan çok yoğun ortama geçmiş olur.

Plazma ile eş yoğunluktaki sıvılara izotonik sıvılar denir (örneğin % 0,9'luk NaCl). İzotonik ortamda, hücre içi ile dışı arasında iki yöndeki sıvı geçişleri birbirine eşittir.



Şekil 1.4 Aktif taşınım. Bazı moleküller, zardaki özel taşıyıcı proteinlere bağlanarak ve ATP'nin hidrolizinden elde edilen enerji kullanılarak, konsantrasyon gradientlerine ters yönde aktif olarak taşınırlar. Şekilde Na^+ ve K^+ un aktif olarak taşınmasını sağlayan $Na^+ - K^+$ pompasının çalışması şematize edilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II. Aktif Taşınım :

Hücrenin fonksiyonları gereği, bazı maddeler yoğunlukların gerektirdiği difüzyon koşullarına ters yönde hareket etmek zorundadırlar. Bu ters yönde hareket için enerji gereklidir. Örneğin hücre içinde potasyum iyonları, hücre dışında ise sodyum iyonları yoğun olarak bulunduğu halde, hücre zarında bulunan "sodyum-potasyum pompası" adı verilen protein, potasyum iyonlarını dışarıdan içeriye, sodyum iyonlarını ise hücre içinden dışarıya pompalar (yoğunlukların aksi yönünde). Böylece pompa çalıştıkça hücrenin içi dışarıya göre daha negatif hale gelir. Bu hücre içi negatifliği ise uyarılma özelliğine sahip hücreler için gereklidir. Sodyum potasyum pompasının çalışabilmesi için gerekli olan enerji ATP'den elde edilir.

III. Endositoz :

Hücre içine büyük hacimdeki maddelerin alındığı taşıma sistemidir. Hücre zarının içeriye doğru kıvrılmasıyla gerçekleşir. İki şekilde olabilir:

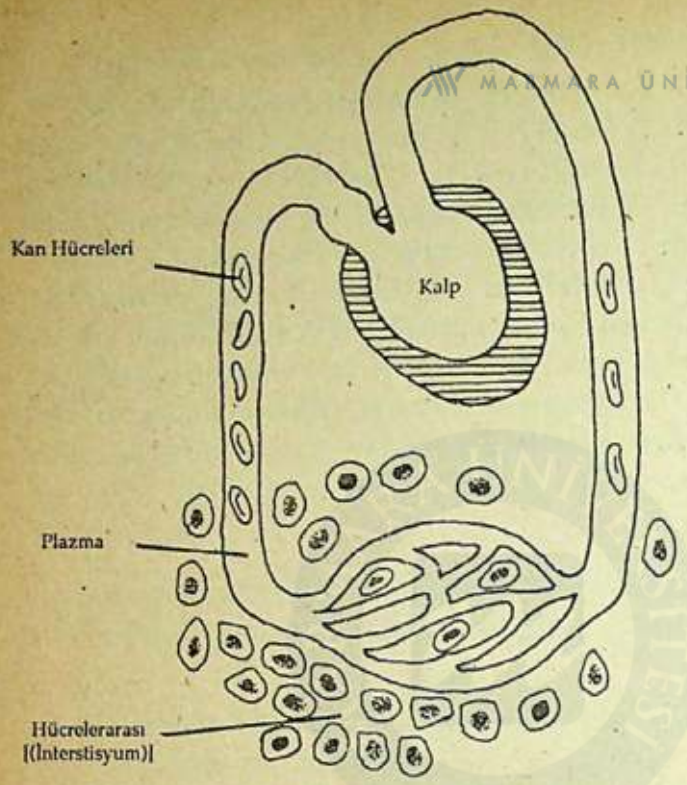
a) Fagositoz : Büyük taneciklerin hücre içine alınma yoludur. Örneğin lökositler, bakteri gibi yabancı maddeleri, fagositozla hücre içine alıp lizozomlarındaki enzimlerle sindirir ve zararsız hale getirirler.

b) Pinositoz : Sıvı içinde erimiş maddelerin ve sıvıların hücre içine alınma yoludur. Barsaklarda, enzimlerle parçalanmış besin maddeleri bu yolla villüs adı verilen yapılar sayesinde hücre içine alınıp daha sonra kan dolaşımına iletilirler.

HÜCRE-ÇEVRE İLİŞKİSİ, VÜCUT SIVILARI VE HOMEOSTAZ

Hücreler yaşamlarını sürdürebilmek için iki temel fizyolojik gereksinimi karşılamak zorundadırlar: Sürekli enerji sağlayacak gıda maddeleri bulmak ve toksik atıkları uzaklaştırmak. İnsan gibi çok hücreli canlılarda her hücrenin dış çevre ile doğrudan ilişkisi olmadığından, hücreler gereksinimlerini diğer hücreler ve hücreler arası sıvılar ile dolaylı olarak karşılayabilirler. Bu nedenle, her hücrenin gereksinimlerini karşılayabileceği sabit bir sıvı iç çevrenin devamı, organizmanın yaşamı için çok önemlidir. Gerçekten birçok fizyolojik olay bu sıvı çevrenin düzenlenmesine yöneliktir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ





Şekil 1.5 Vücut sıvı bölümleri ve yaklaşık hacimleri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

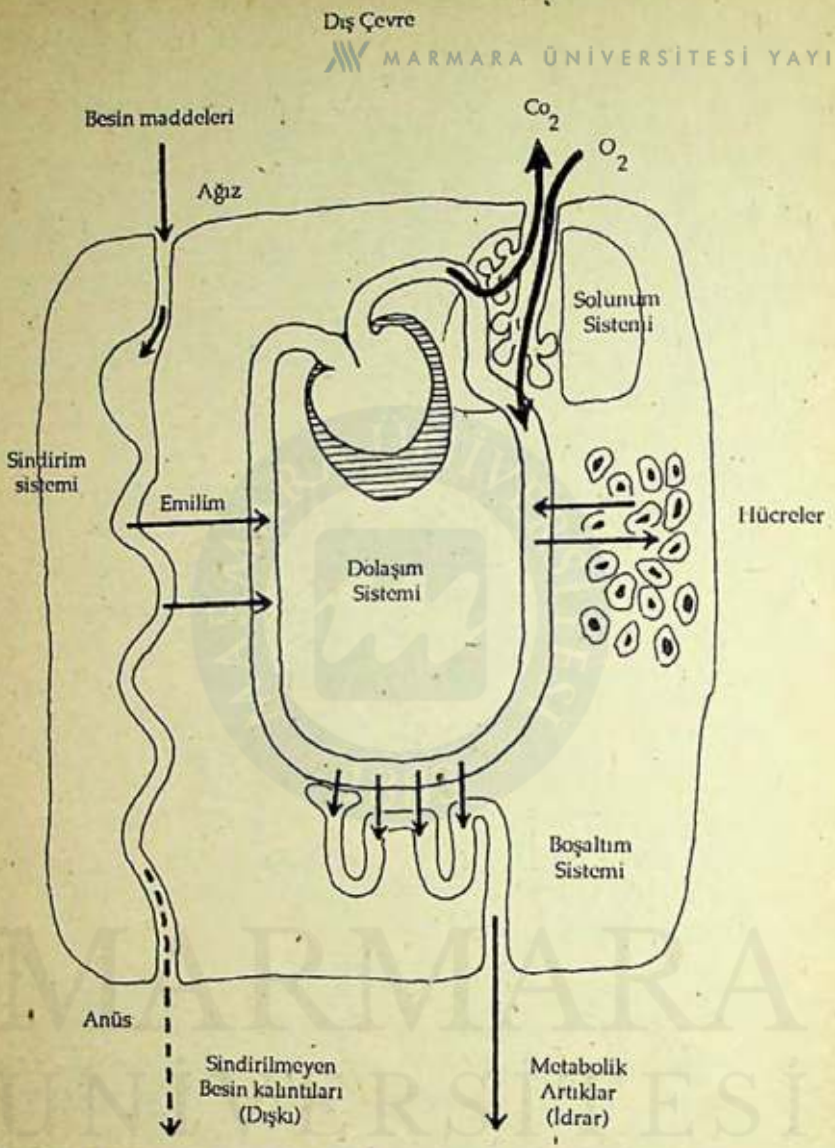
İnsanda vücut ağırlığının yaklaşık % 60'ı sudur. Yani 70 kg ağırlığındaki normal bir insanın vücudunda yaklaşık 40 Lt su bulunur. Bu sıvı, biri **intraselüler** (hücre içi), diğeri **ekstraselüler** (hücre dışı) olarak adlandırılan iki farklı bölümde yerleşmiştir. Hücrelerin içinde yani intraselüler olarak yerleşmiş sıvı bölümü vücut ağırlığının yaklaşık % 40'ını oluşturur. Ekstraselüler sıvı ise vücut ağırlığının % 20'sidir. Ekstraselüler sıvının bir bölümü (% 80'i = yaklaşık 12 Lt), tüm hücreleri çevreleyen **interstisyel** (hücreler arası) sıvıyı oluşturur. Geri kalan bölüm ise damarlar içinde (**intravasküler**) bulunur ve **plazma** olarak adlandırılır. Plazma, hücreler dışında bulunan ekstraselüler sıvının % 20'sini oluşturur ve yaklaşık 3 Lt'dir.

İçerdikleri madde yoğunlukları bakımından bu sıvı bölümleri arasında bazı farklılıklar vardır. Örneğin sodyum ve klor iyonları ekstraselüler sıvıda yüksek konsantrasyonlarda oldukları halde, intraselüler sıvıdaki konsantrasyonları düşüktür. Buna karşın potasyum ve fosfat iyonları, hücre içi sıvılarda hücre dışına göre daha yüksek konsantrasyonda bulunur. Ayrıca hücre içindeki protein konsantrasyonu da hücre dışına göre çok yüksektir.

Birbirleriyle ilişki halinde olan bu sıvı bölmelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin korunması, içlerinde erimiş halde bulunan madde yoğunluklarının sabit tutulması, hücrelerin yaşamı ve fonksiyon görebilmeleri için vazgeçilmezdir. Bu şekilde, hücrelerin yaşadıkları vücut içi ortamdaki koşulların fazla değişkenlik göstermeden sabit tutulmasına "**homeostaz**" denir.

Embriyonik dönemde başlayan hücre farklılaşması sayesinde, vücuttaki belirli fonksiyonlar belirli organ sistemleri tarafından üstlenilir. Farklılaşan bu sistemler kendilerine özgü fonksiyonları yerine getirirken aynı zamanda bir entegrasyon içinde homeostazın sürdürülmesine hizmet ederler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 1.6 Çeşitli organ sistemlerinin homeostaza olan katkıları.

ORGAN SİSTEMLERİ VE HOMEOSTAZ

Dolaşım Sistemi (Kardiyovasküler Sistem) :

Kan damarları ile kalpten oluşur. Akciğerlerden dönen oksijenlenmiş kan, kalp tarafından diğer organlara pompalanarak dokulara oksijeni iletmesi sağlanır. Kan damarlarındaki basınç, kapiller damarların

porlarından dokular arasına sıvı geçmesini sağlar. Kan, kapiller damarlar boyunca ilerlerken düşük molekül ağırlıklı iyonlar, besin molekülleri, ve eriyik haldeki gazlar da bu sızan sıvı ile birlikte taşınır. Yüksek molekül ağırlıklı proteinler ve kan hücreleri kapiller içinde kalarak damar içinin daha yoğun kalmasını sağlarlar. Ozmotik olarak aktif kabul edilen bu moleküllerin konsantrasyonlarının artması ile kapiller yatağın venöz ucunda ozmotik basınç artmış olur. Bu artmış ozmotik basınç ile birlikte azalmış hidrostatik basınç, hücreler arası sıvının venöz uçta yeniden kapillere çekilmesini sağlar. Dolaşım sisteminin görevi bu hücrelerarası sıvının dolaşımını ve yenilenmesini sağlamaktır. Hücreler bu sıvıdan besin maddelerini alıp artık maddelerini sıvıya verirler. Artık maddeler yine dolaşım sistemi sayesinde akciğerlere ve böbreklere taşınarak vücuttan uzaklaştırılmaları sağlanır.

Enerji ihtiyacı artan organların kan akımları artar. Örneğin egzersiz sırasında kaslara, yemekten sonra barsaklara ve ateşin yükseldiği hallerde ısı kaybını sağlamak için deriye olan kan akımının artması sağlanır.

Kandaki oksijen ve karbondioksit miktarını sabit tutan solunum sistemi ile artık maddelerin ve suyun kandaki miktarını kontrol eden boşaltım sisteminin gerekli ayarlamaları yapabilmeleri için bu dokulara ulaşan kanın yeterli olması gerekir. Böylece dolaşım sistemi dolaylı olarak, kanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de sabit tutulmasını sağlar. Kanın bileşiminin sabit tutulması ise hücreler arası sıvının bileşiminin sabit kalmasını sağlar.

Solunum Sistemi (Respiratuvar Sistem):

Akciğerler alveol adı verilen kese benzeri yapıları sayesinde dış çevre ile ilişkiyi sağlayan çok geniş bir yüzeye sahiptirler. Bu yüzeyde, alveolleri çevreleyen kapillerler içinde dolaşan kan, atmosfer havasıyla temas haline gelir ve havadaki oksijen dokularda kulanılmak üzere kana; dokulardaki metabolizma sonucu oluşmuş karbondioksit ise alveol havasına geçer ve dışarı atılır. Oksijen-karbondioksit alışverişi sayesinde solunum sistemi kan pH'sının kontrolünde rol oynar. Karbondioksit, hücreler arası sıvı ve plazmada su molekülleri ile birleşerek karbonik asiti oluşturur. Karbonik asit kan pH'sını düşürür. Ayrıca oksijen, alyuvarlarda bulunan hemoglobine bağlandığında da serbest kalan hidrojen iyonları kanın daha asidik olmasını sağlarlar. Akciğerlerde kapiller da-

marların duvarlarından geçen oksijen, eritrositlerdeki hemoglobine bağlanır. Dokularda ise,metabolizma sonucu ortaya çıkan yüksek konsantrasyondaki hidrojen iyonları hemoglobine bağlı oksijeni serbestleştirerek dokular tarafından alınmasını sağlarlar. Bu sırada dokulardan serbestleşen karbondioksit de kan yoluyla akciğerlere taşınarak alveollerden dışarı atılır.

Akciğerlerin zengin bir kan akımı olduğundan ve bu kan, alveoller sayesinde geniş bir yüzeyde hava ile temas ettiğinden bu yüzeyden çok ısı kaybı olur; bu nedenle akciğerler ısı enerjisi ve su buharının uzaklaştırıldığı "radyatörler" olarak da görev yaparlar. Bu yolla vücut ısısının düzenlenmesine katkıda bulunurlar.

Özet olarak solunum sistemi, pH'nın düzenlenmesinde, kanın ve hücreler arası sıvının ısı ve su içeriğinin ayarlanmasında ve oksijen-karbondioksit düzeylerinin sabit tutulmasında görev alır.

Sindirim Sistemi (Gastrointestinal Sistem):

Sindirim sistemine alınan besin maddelerinin vücut tarafından kullanılabilmeleri için önce emilmeleri gerekir. Bunun için besin maddelerinin mekanik olarak ve enzimlerle kimyasal olarak parçalanmaları gerekir. Emilemeyen maddeler feçes şeklinde anüsten dışarıya atılırlar. Böylece besin maddelerinin ve suyun emilimi işlevini gören sindirim sistemi, kan ve hücreler arası sıvıda bulunan madde miktarlarının sabit tutulmasına katkıda bulunur.

Boşaltım Sistemi (Üriner Sistem):

Hücresel metabolizma sonucunda ortaya çıkan artık maddeler, özellikle protein metabolizması ürünü olan üre, böbrekler yoluyla vücuttan atılır. Böbrekler yoluyla olan atılım, plazmanın, glomerül adı verilen kapiller yumağından süzülmesiyle gerçekleşir. Bu arada glikoz, sodyum ve amino asit gibi gerekli maddeler böbreklerin tübüler sistemi boyunca emilerek kapiller damarlara geri alınırlar. Ekstraselüler sıvı, böbrekler sayesinde temizlenirken, pH'sı ve iyon bileşimi de düzenlenmiş olur. Süzülme ile geri emilim arasında sağlanan denge, normal ekstrasellüler sıvı ve plazma hacminin kontrolünü sağlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

İskelet-Kas Sistemi :

İskeleti oluşturan kemikler çeşitli vücut bölümlerinin korunması ve desteklenmesini sağladıkları gibi vücut hareketlerinde de rol oynarlar.

Organizmanın besin temin edebilmesi ve çevrenin zarar verebilecek koşullarından kendini koruyabilmesi için hareket edebiliyor olması gerekir. Ayrıca solunum hareketleri ve konuşma da çizgili kasların kasılması ile olasıdır. Vücut ısısının ayarlanmasında titreme şeklindeki istemsiz kas kasılmaları önemli rol oynar.

Kemik dokusunu oluşturan hücreler, organik ve inorganik yapıdaki çeşitli maddeler içeren bir "matriks" içinde bulunurlar. Bu maddeler arasında kalsiyum ve fosfor tuzları önemli bir yer tutar. Kalsiyum ve fosfor, kan ve hücreler arası sıvının önemli iyonlarıdır. Kas ve sinir dokularının normal işlev görebilmeleri için kalsiyum şarttır. Besinlerle birlikte alımlarında herhangi bir yetersizlik olduğunda vücut gereksinimleri kemik dokusundan karşılanır.

Sinir Sistemi ve Endokrin Sistem (Nöroendokrin Sistem) :

Sinir sistemi iletişim kurma yeteneğine sahip hücrelerden oluşur. Bu uyaranların iletilmesinde "nörotransmitter" adı verilen maddeler aracılık eder. Endokrin sistemde ise, kanalları olmayan bezler, "hormon" adı verilen salgılarını kana verirler. Kan yoluyla bu hormonlar ilgili organlara taşınır. Nörotransmitter ve hormonlar çoğu yerde hem yapısal olarak hem de işlev bakımından birbirlerine çok benzer. Aynı zamanda işlevsel olarak karşılıklı etkileşim içindedirler.

Hücrelerin dokuları, dokuların sistemleri oluşturduğu hiyerarşik sıralamada bütün sistemler vücuttaki dengeyi korumak ve fizyolojik sınırlar içinde yaşamsal faaliyetlerin sürmesini sağlamak için çalışırlar. Mevcut homeostaz mekanizmaları ile organizmada denge kurulamadığı koşullarda ise çeşitli hastalıklar ortaya çıkar. Hastalıkların oluşma mekanizmalarının anlaşılabilmesi için normal homeostaz işleyişinin iyi anlaşılması gerekir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 2

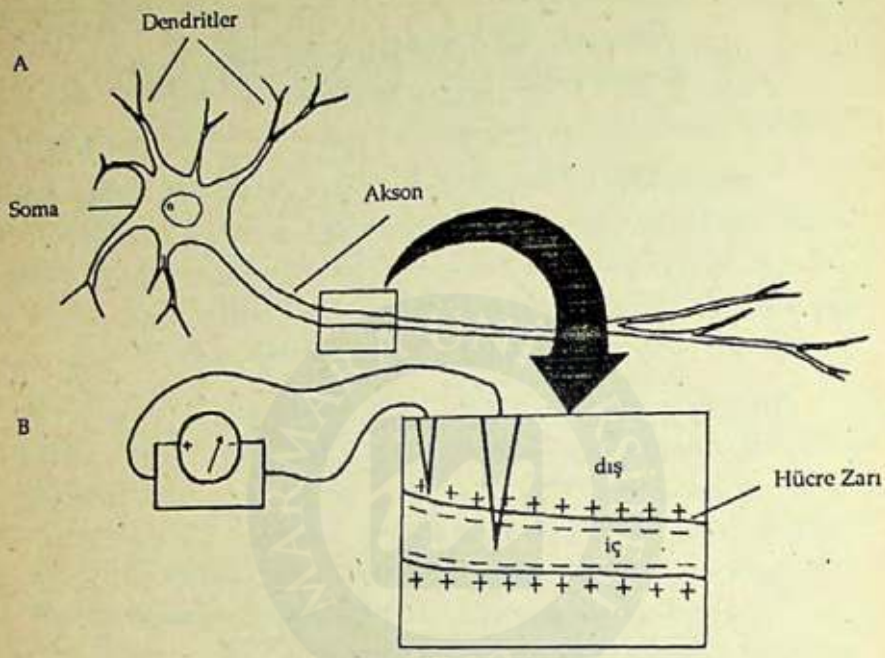
UYARILABİLEN HÜCRELER VE BİYOELEKTRİK POTANSİYELLER

Vücut sıvılarında erimiş halde bulunan maddelerin yoğunlukları değişik kompartmanlar arasında farklılıklar gösterir. Örneğin hücreler arası sıvıda, gerek hücreiçi sıvı gerekse plazmaya göre daha düşük konsantrasyonda protein bulunur. Sodyum (Na^+) ve klorür (Cl^-) daha çok ekstraselüler iken potasyumun (K^+) çoğu intraselülerdir.

Hücrenin içinde ve dışında eşit olmak üzere yaklaşık 150-160 mEq kadar pozitif iyon (katyon) ve aynı miktarda negatif iyon (anyon) vardır. Küçük bir miktar anyon hücre zarının hemen iç yüzeyinde yoğunlaşırken, eşit miktarda katyon da hücre zarının hemen dış yüzeyinde yerleşim gösterir (bak. Şekil 2.1). Bu yerleşim, hücre içi ile dışı arasında membran potansiyeli adı verilen elektriksel bir potansiyel farkı oluşmasını sağlar. İyonların hücre zarının iç ve dış taraflarında farklı dağılımı aktif transport yoluyla belirli iyonların belirli yönlerde taşınmasıyla sağlanır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 2.1 A. Tipik bir nöron ve bölümleri. B. Hücre içine mikroskobik elektrotlar yerleştirilerek ölçüm yapıldığında, hücre içinin dışa göre elektriksel olarak negatif olduğu görülür. Hücre içi ile dışı arasındaki potansiyel farkı (membran potansiyeli) ⊖70 ⊖90 milivolt kadardır.

Membranın istirahat halinde iken devam ettirdiği bu potansiyel, membranın elektriksel, mekanik v.s. çeşitli nedenlerle uyarılmasıyla değişebilir. Bu durum membranda bulunan iyon kanallarının açılması ya da kapanmasıyla, membranın çeşitli iyonlara karşı olan geçirgenliğinin geçici olarak azalması ya da çoğalması sonucu meydana gelir. Böylece membranın iki tarafında normal şartlarda devam ettirilen iyonların özgün dağılımı bozulur, bir anda membranın bir tarafından diğer tarafına elektrik yüklü moleküllerin akışı ve böylece normalde sürdürülen potansiyel farkının değişimine sebep olan bir durum ortaya

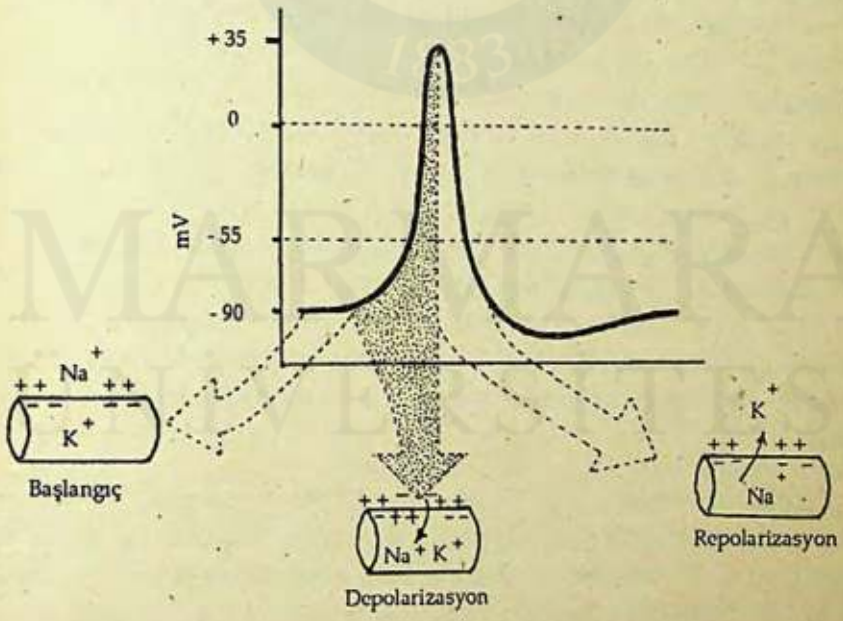
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

çıkar. Bu olaya **aksiyon potansiyeli** oluşumu adı verilir. Aksiyon potansiyeli iyonlarla taşınan elektriksel akıma bağlı elektrokimyasal bir olaydır.

Bazı dokularda aksiyon potansiyelleri membran boyunca yayılarak kaynaklandıkları ilk bölgeden uzaklara iletilir ve buralarda değişik işlerin görülmesine yardımcı olurlar.

Aksiyon potansiyeli üretebilen ya da iletebilen hücrelere **uyarılabilen hücreler** denir. Sinir hücreleri, kas hücreleri ve duysal reseptörler (reseptörlerde oluşan potansiyellere aksiyon potansiyeli yerine jeneratör potansiyel denir ve bazı yönleriyle aksiyon potansiyelden farklılıklar gösterir) uyarılabilen hücreler arasında sayılabilir.

Nöronlar aksiyon potansiyelini iletme yeteneğine sahiptirler. Sinir sisteminin en önemli özelliği olan bilgi-işlem fonksiyonu, uyarıların sinir aksonları boyunca aksiyon potansiyelleri halinde iletilmesi ve böylece farklı hücreler arasında iletişim kurulması sayesinde gerçekleşir. Kas hücreleri ise bu elektriksel iletimin sonucunda boylarını kısaltmak suretiyle mekanik bir iş yaparlar.



Şekil 2.2 Aksiyon potansiyeli oluşumu. Hücrenin sükun potansiyeli başlangıçta – 90 mV iken, depolirazyon döneminde Na^+'un hücre içine akışıyla birlikte pozitif değerlere çıkar. Repolarizasyon döneminde K^+'un dışarı atılmasıyla birlikte membran potansiyeli eski değerine geri döner.

Aksiyon potansiyeli sırasında ilk gelişen olay hafif bir depolarizasyondur. İstirahatte -90mV kadar olan membran potansiyeli -55mV olur (bak. Şekil 2.2). Bunun ardından membran çok hızlı bir depolarizasyona gider ve membran potansiyeli (+) bir değere, +30 - + 50' ye çıkar. **Depolarizasyon** teriminden de anlaşılacağı gibi bu sırada normal membran polaritesi ortadan kalkar. Membran polaritesinin tersine dönmesi ile başlangıçta elektriksel olarak negatif olan hücre içi pozitif duruma geçer. Depolarizasyon genellikle 0.2 milisaniye gibi bir süre içinde tamamlanır. Depolarizasyondan hemen sonra membran, eski istirahatteki elektriksel polarizasyon durumuna geri dönmeye başlar. Bu sürece, **repolarizasyon** denir. Repolarizasyon sırasında membran, normal membran potansiyelini aşarak çok kısa bir süre için daha negatif olabilir; buna **hiperpolarizasyon** adı verilir.

Elektriksel potansiyeldeki bütün bu değişiklikler, membranın iç ve dış yüzeylerindeki iyon dağılımının değişmesine bağlıdır. Depolarizasyon sırasında Na^+ kanalları açılarak sodyum iyonları hücre içine girer ve (+) yüklü bu iyonların girişiyle hücre içi dışarıya göre (+) olur. Hücre içi potansiyeli + 35mV civarına ulaşınca Na^+ kanalları kapanır ve daha fazla Na^+ un' hücre içine girmesi engellenir. Hemen ardından K^+ kanalları açılır ve K^+ hücre dışına çıkar. Bu (+) yüklü iyonların hücre dışına çıkmasıyla hücre içi yine normal istirahatteki durumuna dönmüş olur (repolarizasyon). Repolarizasyon tamamlandıktan sonra K^+ kapıları kapanarak K^+ un çıkışı durdurulur. Ancak K^+ kapıları çok yavaş çalıştığı için K^+ un fazlaca kaybı ile membran potansiyeli istirahattekinden biraz daha negatif olur. Repolarizasyon ile hücre membranı elektriksel olarak istirahatteki durumuna döndürülmüş olur. Ancak membranın iki tarafındaki iyon dağılımının tamamen normale dönmesi Na^+ -K^+ pompasının çalışmasıyla olur. Bu pompanın çalışmasıyla enerji kullanılarak Na^+ hücre içinden dışarıya, K^+ ise dışarıdan içeriye pompalanır.

Kalsiyum iyonları (Ca^{++}), Na^+ kapılarının çalışmasını kontrol etmek suretiyle aksiyon potansiyeli oluşumunda önemli bir rol oynarlar. Ortamdaki Ca^{++} miktarı yetersiz ise Na^+ kapıları gerektiği gibi kapanamaz. Na^+ kapılarındaki bu kapanma yetersizliği sonucunda hücre içine sürekli bir Na^+ akışı olur. Sodyumun sürekli girişi ile hücre membranının istirahat potansiyeli sağlanamaz. Bu şartlar altında da membran ya depolarize olarak kalır ya da düzensiz olarak spontan aksiyon

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

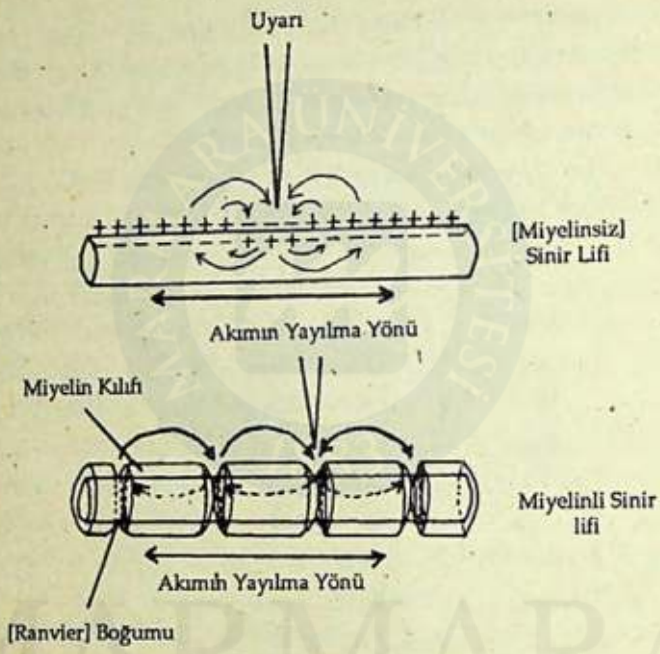
potansiyeller gösterir. Örneğin **hipokalsemi** adı verilen plazma kalsiyumunun normalden düşük olması durumunda kasların uyarılma eşiği düşer ve spontan kasılmalar gözlenir.

Uyarılabilen hücreler uyarılmaya her zaman aynı duyarlılığı göstermezler. Örneğin, bir nöron uyarılıp da bir aksiyon potansiyel oluşmasına neden olunduktan sonra ikinci bir uyarana hücrenin cevap verebilmesi için belli bir süre geçmesi gerekir. **Refrakter dönem** denen bu safhada hücre ikinci bir uyarana yanıt veremez.

Bir uyaranın aksiyon potansiyele neden olabilmesi için yeterince şiddetli olması ve yeterli bir süre uygulanması gerekir. Uyaran elektriksel, mekanik ya da kimyasal olabilir. Uyaranın çeşidi ne olursa olsun, aksiyon potansiyele neden olabilen minimum uyaran şiddetine **eşik şiddeti** ve bu uyarana da **eşik uyaran** adı verilir. Değişik hücrelerin farklı uyarılabilme eşikleri vardır. Uyarılabilen bir hücre eşik ya da eşik üstü bir uyaranla uyarılırsa bir aksiyon potansiyeli oluşur. Uyaran ister eşik, isterse çok daha yüksek bir şiddette olsun, aynı hücrede oluşacak aksiyon potansiyelin amplitüdü (mV olarak büyüklüğü) ve şekli değişmez. Bu nedenle uyarılabilen hücrelerin **Hep ya da Hiç Kanunu**'na uydukları söylenir. Diğer bir deyişle şiddetli bir uyarana yanıt olarak büyük bir aksiyon potansiyel meydana gelmez. Ancak uyaran şiddeti arttıkça yanıt olarak oluşan aksiyon potansiyellerin sayısı artar. Uyaranların şiddetine göre davranış biçimi ortaya koyma fonksiyonuna sahip merkezi sinir sistemi, değişik şiddetteki uyaranları ayırt etmek için kendisine ulaşan aksiyon potansiyellerin frekanslarını değerlendirir. Örneğin mekanik hafif bir dokunma duyusunun iletim frekansı, çok şiddetli basınç duyusunun frekansına göre düşüktür.

Sinir sisteminde aksiyon potansiyelleri nöron membranları boyunca ilerleyerek periferden alınan bilgileri merkezi sinir sistemine iletirler. Akson boyunca aksiyon potansiyelinin yayılması, bir noktada oluşan ve yukarıda söz edilen elektrokimyasal değişikliklerin komşu membran bölgesini uyararak orada da aynı değişikliklere yol açması sonucu olur (bak. Şekil 2.3).

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 2.3 Bir noktadan uyarılmayla başlayan aksiyon potansiyeli akson boyunca komşu bölgelerin uyarılması yoluyla yayılır. Miyelinli liflerde bu yayılma, Ranvier boğumlarında sıçrama şeklinde olduğu için daha hızlıdır.

Bazı nöronlarda aksonun etrafı **miyelin** adı verilen ve aksiyon potansiyeli iletimini etkileyen lipoprotein yapısında bir kılıfla çevrilidir. Bu miyelin kılıfı belli aralarla (yaklaşık 1 mm) kesintiye uğrar ve bu bölgelere **Ranvier boğumları** adı verilir. Miyelinli sinirlerde elektrik akımı, Ranvier boğumları üzerinden sıçrayarak, miyelinsiz liflerdekine göre çok daha hızlı bir şekilde iletilir (Şekil 2.3).

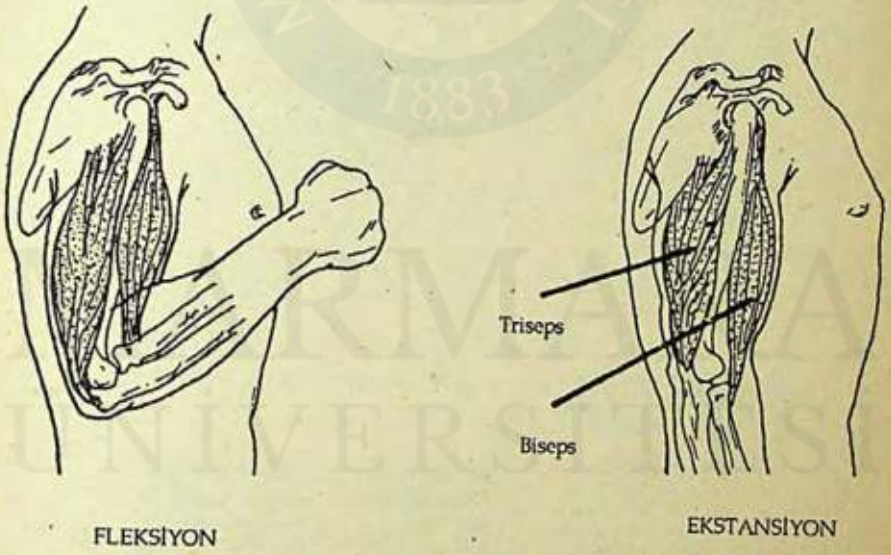
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 3

HAREKET SİSTEMİ, İSKELET KASININ YAPI VE FONKSİYONLARI

Vücut hareketleri iskelet kaslarının kasılarak kemikler üzerinde çekme kuvveti uygulaması ile ortaya çıkar. Bu kasılmalar merkezi sinir sistemi tarafından kontrol edilerek, istemli ya da refleks olarak, çeşitli vücut bölümlerinin amaca uygun olarak hareket ettirilmesi sağlanır.

Kasların kemiklere yapışma yerlerine **kiriş** ya da **tendon** adı verilir. Tendonlar sağlam bağ dokusundan yapılmış olup kas tarafından oluşturulan kuvvetin kemiğe aktarılmasını sağlarlar.

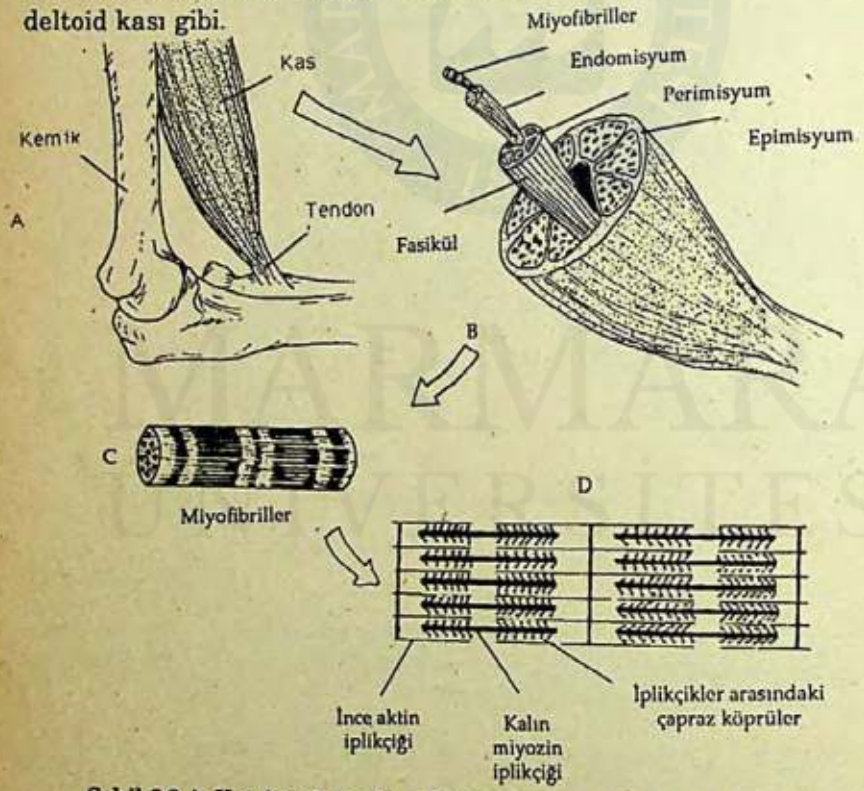


Şekil 3.1 Agonist ve antagonist kasların yerleşme şekli. Dirseğin bükülme (fleksiyon) hareketi için biseps agonist kas, triseps ise bunun antagonistidir; yani dirseğe ekstansiyon (açılma) hareketi yaptırır.

İskelet kaslarının yerleşimi, genellikle bir eklem eksen olmak üzere, eklemi oluşturan kemiklerin eklem etrafında değişik yönlerde hareketini sağlayacak şekildedir. Örneğin koldaki **biseps** kası dirseğin kırılmasını **(fleksiyon)** sağlarken, **triseps** kası bunun tersini yani dirseğin

açılması **(ekstansiyon)** hareketini yaptırır (bak. Şekil 3.1). Bu şekilde, kasıldıklarında belirli bir yönde hareket ortaya çıkmasını sağlayan kaslara **agonist,** bunlara ters yönde hareket yaptıran kaslara ise **antagonist** kaslar denir. Yukarıdaki örnekte, dirseğin bükülme hareketi için agonist kas biseps iken, triseps, bunun antagonistidir. Genellikle bir hareketin yapılabilmesi için agonist kas kasılırken, antagonist kasın gevşemesi gerekir.

Tek bir kas hücresi, çapı 10-100 u (u = 0.001 mm), uzunluğu 30 cm kadar olan çok nükleuslu silindir şeklinde bir kas lifçiğini oluşturur. Kas hücresi **sarkolemma** adı verilen zarla çevrilidir. Sarkolemmanın hemen üstünde **endomisyum** adı verilen bir bağ dokusu bulunur. Yaklaşık 20 kadar kas lifi, fasikül adı verilen demetler yapmak üzere birleşir ve **perimisyum** adı verilen bir başka bağ dokusu katmanı ile çevrilirler. Bu demetler de grup oluşturarak **epimisyumla** örtülürler. Bu şekilde çok sayıda fasikül biraraya gelerek bir iskelet kasını oluşturur; biseps veya deltoid kası gibi.



Şekil 3.2 A. Kas, kemik ve eklem ilişkisi, B. Kası oluşturan alt birimler. C. Kasın işlevsel birimi olan miyofibriller. D. Kasılmayı sağlayan aktin ve miyozin iplikçiklerinin şematik görünümü.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kas liflerinin protoplazmasına **sarkoplazma** adı verilir. Sarkoplazma, kasın işlevlerini yerine getirecek çeşitli özel yapılar içerir. Kasılma için gerekli **miyofibrillerin** yanısıra, kas hücrelerinde kasılma için gerekli ATP'yi üretecek kimyasal reaksiyonların geçtiği çok sayıda mitokondriyum bulunur.

Miyofibril iskelet kasının işlevsel birimidir. Bir kas lifçiğinde birkaç yüz ile birkaç bin arasında miyofibril bulunur. Çapları 1-2 μ'dur ve lifin boyunca, uzunlamasına bir yerleşim gösterirler. Miyofibril, kasılmanın oluşturulmasında rol alan iki tip özelleşmiş protein iplikçiğinden oluşur: ince ve kalın iplikçikler. **Aktin** ince iplikçikleri, **miyozin** ise kalın iplikçikleri oluşturan başlıca proteinlerdir. İnce ve kalın iplikçiklerin içiçe girerek oluşturduğu yapı, mikroskopta açık ve koyu renkli bantlar şeklinde görülür; bu nedenle iskelet kasına çizgili kas da denir (bak. Şekil 3.2).

Kasılma Mekanizması:

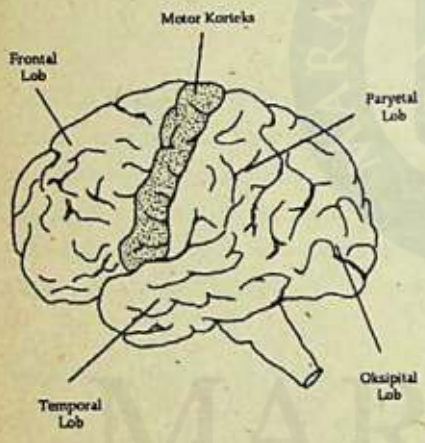
Bir kas hücresi kasılırken aktin ve miyozin iplikçikleri birbiri üzerinde kayarlar; bu kayma hareketi kasın boyunun kısalmasını yani kasılmayı sağlar. Miyozin moleküllerinin birer uzantısı olan ve aktin iplikçiklerinin özel bölümlerine tutunan **çapraz köprüler,** bu kayma işinde önemli bir rol oynar. İnce iplikçiklere bağlanabilme özelliklerinin yanısıra miyozin uzantılarının başları, ATP'yi parçalayabilme yeteneğindedirler.

Kas gevşek durumda iken çapraz köprüler aktin iplikçiklerine bağlı değildir. Kası uyaran sinir hücresinin sebep olduğu elektriksel akım, kas membranında depolarizasyona sebep olduğunda, kalsiyum depolandığı sarkoplazmik retikulumdan (kas hücresinin endoplazmik retikulumuna verilen ad) salınır ve sarkoplazmada kalsiyum konsantrasyonu yükselir. Artan kalsiyum, aktinle girdiği bir etkileşim sonucu aktin üzerindeki bağlanma bölgelerini açığa çıkarır. Bu sayede miyozin çapraz köprüsü aktine bağlanırken, aynı zamanda ATP'yi ADP ve fosfata parçalar. ATP'den açığa çıkan "kimyasal enerji" miyozin çapraz köprüsünün bükülmesinde kullanılarak "mekanik iş"e çevrilmiş olur. Çapraz köprü bükülürken ince iplikçiği kalın iplikçik boyunca kaydırır. Hemen arkasından, çapraz köprü aktin iplikçiğini bırakır ve önceki pozisyonuna geri döner. Kalsiyum ortamda mevcut olduğu sürece, mekanizma tekrarlanır ve kasılma sağlanır. Kalsiyumun aktif olarak sarkopazmik retikuluma geri taşınması ise kasın gevşemesini sağlar.

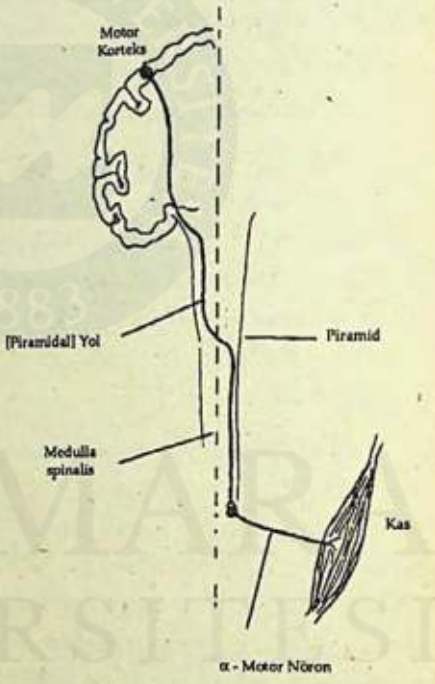
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kas Kasılması ve Hareketin Sinirsel Kontrolü :

Kasılmayı başlatacak kalsiyum salınımının olabilmesi için kasın uyarılması gerekir. Kasın uyarılabilmesi için gerekli elektrokimyasal uyaran, kasa periferik motor sinirler (**alfa motor sinirler**) ile ulaşır.



Şekil 3.3 Beyin korteksi ve lobları. İstemli vücut hareketleri için gerekli emirler, frontal lobta yerleşmiş olan motor korteksteki nöronlardan kaynaklanır.



Şekil 3.4 İskelet kaslarının kontrolü. Motor korteksteki yerleşmi nöronların aksonları piramidal yol içinde ilerleyerek medulla spinalis ön boynuzunda yerleşmiş alfa - motor nöronlarla sinaps yaparlar. Piramidal yol lifleri piramid hizasında çapraz yaparak karşı vücut yarısının hareketlerini kontrol ederler.

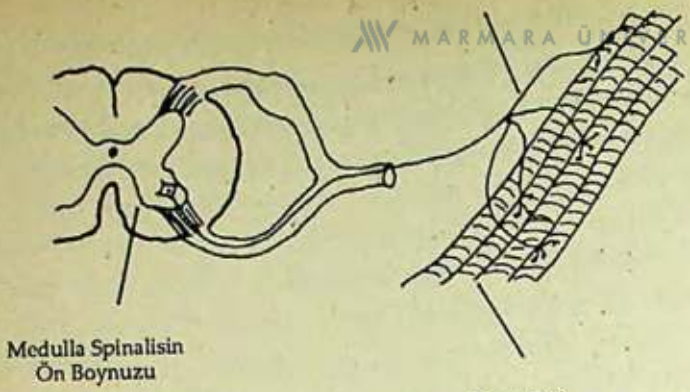
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

İstemli hareketler beyin korteksinde başlatılır ve oluşan uyaranlar omurilik boyunca aşağı, motor nöronlara iletilirler. Beyin korteksinde istemli hareketlerin başlatıldığı bölgeye **presentral motor korteks** adı verilir (bak. Şekil 3.3). Vücuttaki her kas grubunu temsil eden nöronlar, beyin korteksinin bu bölümünde minyatür bir insan vücudu kopyası oluştururlar. Buna **homunkulus** denir. İnce ve hassas hareketlerden sorumlu kaslar genellikle bu bölge içinde daha fazla sayıda nöronla ve daha geniş bir alanda temsil edilirler (el, parmak, dudak kasları gibi). Kaba haraketler yapan, kol, bacak, gövde kasları ise daha küçük bir alanda temsil edilirler. Bu bölgeden çıkan sinir lifleri omurilik boyunca ilerleyerek aşağı iner ve ulaşacakları kas grubunun seviyesinde alfa motor sinirler ile sinaps yaparlar. Alfa motor sinirler ise omuriliğin ön kordonundan çıkarak inerve edecekleri kas liflerinde sonlanırlar. Motor korteksten başlayıp omuriliğe kadar uzanan bu motor sinir lifleri, beyin sapı ile omuriliğin sınırında yer alan **piramid** adı verilen bölgede çapraz yaptıkları için bu sisteme **piramidal sistem** adı da verilir. (bak. Şekil 3.4). Bu çapraz nedeniyle, bir beyin yarım küresinin motor alanı diğer vücut yarısının hareketlerini kontrol eder. Bu yüzden örneğin sağ beyin yarımküresinde oluşan lezyonlar nedeniyle vücudun sol yarısında hareket bozuklukları, felç v.s. görülür.

Piramidal yollar bazal gangliyonların oluşturduğu **ekstrapiramidal sistem** ile **serebellum**'dan bağlantılar alır. Piramidal sistem, ekstrapiramidal sistem ve serebellum birlikte çalışarak ortaya çıkacak motor hareketin düzgün, yumuşak, amaca uygun ve koordine olmasını sağlarlar.

Kas ve eklemlerin pozisyon ve hareketleri sürekli olarak duysal sinirler tarafından merkezi sinir sistemine (duysal korteks) iletilir. Gerilmeye duyarlı reseptörler içeren **kas iğciklerinden** gelen duysal uyarılara yanıt olarak, "kas tonusu" (istirahat gerginliği) kontrol edilir. Bu yolla, istirahat halinde bile kas liflerinin bir bölümü kasılı durumda tutulur. Bu tonus kontrol edici mekanizmalar, aktif hareketler başlatıldığında beyinden kaynaklanan uyaranlar ile kısmen baskılanır.

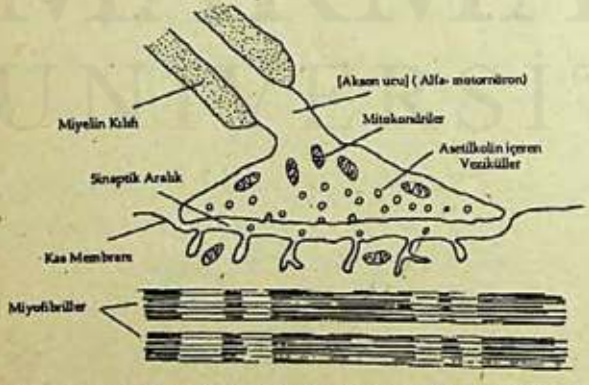
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 3.5 Motor ünite. Medulla spinalis ön boynuzunda yerleşmiş olan bir alfa - motor nöron ve bunun akson dalları tarafından inerve edilen kas lifleri bir motor ünite oluşturur.

Motor ünite:

Bir alfa motor nöron, kasa yaklaştıkca dallara ayrılarak çok sayıda kas lifini aynı zamanda inerve eder. Bir alfa motor nöron tarafından inerve edilen kas lifi sayısı, o kas lifinin tipine bağlıdır. Özellikle güç isteyen hareketlerden sorumlu ve vücut duruşu ile ilgili büyük kaslara giden alfa motor nöronlar, 100-1000'lerce iskelet kası lifini inerve ederler. Buna karşılık, ince hareketlerden sorumlu (göz hareketlerini sağlayan kaslar, el parmak kasları gibi) küçük kasları inerve eden alfa motor nöronlar yalnızca birkaç lifte sonlanırlar. Kasın tipi ne olursa olsun, her kas lifi sadece bir aksonla inerve edilir. Sonuçta her lifin bir aksonu vardır, ancak birçok kas lifi aynı aksonla inerve edilebilirler. Bir nöronun aksonu ve onun inerve ettiği bütün kas liflerine birlikte "motor birim" (motor ünite) adı verilir (bak. Şekil 3.5)



Şekil 3.6. Nöromusküler kavşak. Aksiyon potansiyelinin akson ucuna ulaşmasıyla sinaptik aralığa salınan asetilkolin uyarının kasa iletilmesini sağlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Sinirsel Uyarının Kasa iletilmesi (Nöromusküler İleti) :

Motor sinir lifinin, inerve ettiği kastaki sonlanma yeri özelleşmiş bir yapıya sahiptir. Bu bölgeye **kas-sinir kavşağı** denir. Akson boyunca gelen sinirsel uyarı bu bölgede kimyasal olarak, kasın **son plak** adı verilen bölümüne iletilir. Bu bölgede miyelin kılıfını kaybeden akson, kas tarafından oluşturulan çukura doğru girerek hafif şişlik gösteren bir uç şeklinde sonlanır. Burada akson ucu ile kas membranı arasında **sinaptik aralık** adı verilen bir mesafe vardır. Aksonun terminal şişliği içinde bol mitokondriyum ve **asetilkolin** adı verilen kimyasal maddeyi içeren veziküller (kesecikler) bulunur (bak. Şekil 3.6). Sinir lifi boyunca taşınan elektriksel uyaran, asetilkolinin bu veziküllerden sinaptik aralığa salınmasına neden olur. Asetilkolin (ACh) difüzyon yoluyla sinaptik aralığı geçip, kas hücresi membranında bulunan özel reseptörlerine bağlanarak, membranın Na^+ iyonuna geçirgenliğini arttırır. Hücre dışında yüksek konsantrasyonda bulunan Na^+, basit diffüzyonla hücre içine girer ve hücrenin depolarizasyonuna neden olur. Membranda oluşan bu potansiyel değişikliğine **son-plak potansiyeli** adı verilir. Son-plak potansiyeli komşu membran bölgelerini etkileyerek, membran boyunca yayılan bir akım oluşturur. Oluşan elektriksel akım T-tüpleri ve sarkoplazmik retikulum aracılığıyla kas liflerine ulaştırılır. Burada kalsiyum iyonları salınarak miyofibrillerin kasılması başlatılmış olur.

Salınan asetilkolin, sinaptik aralıkta **asetilkolinesteraz** adı verilen bir enzim tarafından parçalanarak etkisi sona erdirilir. Bu şekilde, kas lifinin uyarılması durdurularak "yeniden kendini şarj etmesi" yoluyla sonraki uyarana hazırlanması sağlanır.

Miyastenia Gravis adı verilen bir hastalıkta kasta bulunan asetilkolin reseptörlerine karşı gelişen antikorlar nedeniyle bu reseptörlerin sayısı azalır ve nöromusküler iletide aksamalar olur. Bu yüzden kas güçsüzlüğü ortaya çıkar. Buna bağlı olarak göz kapağı düşüklüğü, yutma güçlüğü, konuşma bozukluğu ve eşya kaldırmada, merdiven çıkmada zorlanma v.s. görülebilir. Miyasteni Gravis'li hastalar solunum kaslarının tutulması ile miyastenik krize girip, mekanik ventilasyona gereksinim duyabilirler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 4

SİNİR SİSTEMİ

Sinir sistemi tüm diğer organ sistemlerinin çalışmalarını denetler ve sistemler arasında iletişim kurarak değişik fonksiyonların entegrasyonunu sağlar. Vücutta hemen her fonksiyon sinir sisteminin katılımıyla gerçekleşir. Özellikle sabit bir iç çevrenin sürdürülmesine yönelik homeostatik işlevlerin yerine getirilmesinde, sinir sistemi endokrin sistemle işbirliği içinde ve karşılıklı etkileşerek çalışır. Endokrin sistemde iletişim ve koordinasyon, endokrin bezlerden salgılanarak sistemik dolaşım yoluyla hedef dokulara ulaşan hormonlar aracılığıyla olurken; sinir sisteminde, işlevsel birim olan **nöron**lar bu işi yürütürler. Nöronlar, elektriksel aktiviteleri sayesinde bir yerden diğer bir yere sinyal aktarabilme yeteneğine sahip sinir hücreleridir. Bir nöron şu bölümlerden oluşur (bak. Şekil 2.1):

1) **Soma;** nöronun ana gövdesidir.

2) **Akson;** somadan tek bir uzantı halinde çıkan nöron bölümüdür. Bazı sinir hücrelerinin aksonları **miyelin** adı verilen bir kılıfla kaplıdır. Miyelin, aksonun elektriksel olarak yalıtımını sağlar. Myelinli liflerde aksiyon potansiyelleri daha hızlı iletilir.

3) **Dendritler** somadan komşu alanlara uzanan kısa, ince çok sayıda uzantılardır.

Sinir hücrelerinin birbirleri ile bağlantı yaptıkları, elektriksel sinyallerin bir sinir hücresinden diğerine aktarıldığı bölgelere **sinaps** adı verilir. Sinir hücrelerinden birinin aksonu boyunca ilerleyerek sinaps bölgesine gelen aksiyon potansiyeli, akson ucundan kimyasal bir madde salınmasına neden olur. **Nörotransmitter** adı verilen bu madde, sinaptik aralığı geçer ve ikinci nöronun membranını etkileyerek orada bir elektrik-

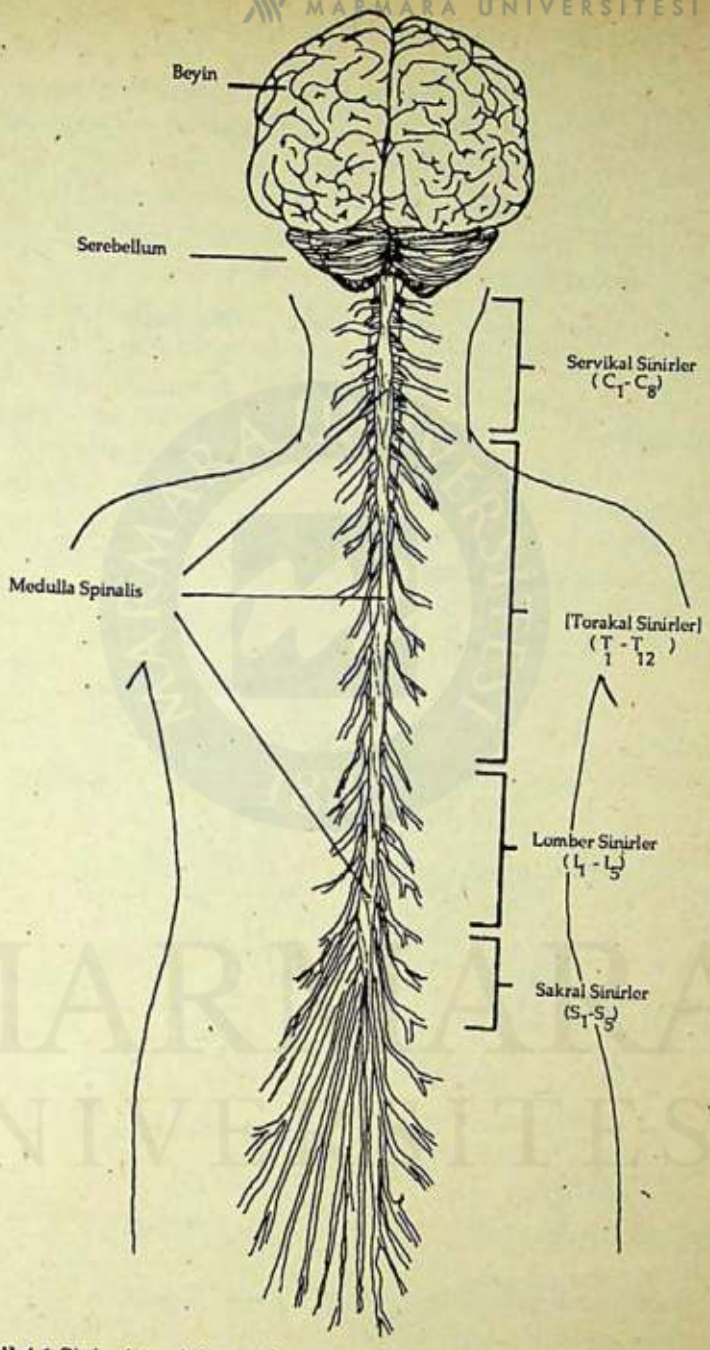
sel değişikliğe neden olur. Böylece akson ucuna kadar birinci sinir hücresi tarafından elektriksel olarak taşınan sinyal, ikinci hücreye kimyasal olarak aktarılmış olur.

Sinir sistemi aktivitelerinin çoğu, **duyu reseptörleri**'nden gelen uyarılarla başlar. Bu reseptörler, görme reseptörleri, işitme reseptörleri, vücut yüzeyindeki dokunma reseptörleri v.s. olabilir. Reseptörlerin görevi, dış ya da iç çevreden aldıkları uyarıları sinirsel sinyallere çevirmektir. Dokunma, ses, ışık, ağrı, soğuk, sıcak gibi farklı uyarılar farklı tip reseptörlerce algılanırlar. Yani her reseptör, belirli bir çeşit uyaranı algılamak üzere özelleşmiştir. Reseptör hücreler tarafından oluşturulan sinyaller, sinir lifleri aracılığıyla **aksiyon potansiyelleri** (bak. Bölüm 2) şeklinde merkezi sinir sistemine iletilirler.

Duysal bilgiler merkezi sinir sistemine spinal sinirler yolu ile girer ve **medulla spinalis** (omurilik) boyunca yukarıya, beyindeki **primer duyu merkezleri** başta olmak üzere merkezi sinir sisteminin diğer alanlarına iletilirler. Böylece beyin, vücutta ve çevrede neler olup bittiğinden haberdar olur ve motor sinirler aracılığıyla emirler göndererek organların çalışmalarını ve davranış biçimlerini düzenler.

Sinir sistemi tarafından denetlenen organlara giden ve bu organlardan merkezi sinir sistemine gelen lifler vücudun her tarafına yayılmıştır ve ilgili oldukları organ seviyesinde medulla spinalis'e girip çıkarlar; bunlara **periferik sinirler** denir. Periferik sinirleri oluşturan liflerin çapları 0.2 ile 20 mikron arasında değişir. Çapları büyük olanların ileti hızları daha yüksektir; 0.5 ile 120 /saniye arasında değişir. Hızlı ileten kalın lifler genellikle miyelinli, yavaş lifler ise myelinsizdir. Örneğin iskelet kaslarının kasılmasını sağlayan alfa-motor sinirler miyelinli ve oldukça kalın sinir lifleridir; bu sinirlerdeki iletim hızlıdır. Buna karşın iç organlardan kaynaklanan ağrı duyusunu ileten sinir lifleri çok ince ve miyelinsizdir; ileti hızları da oldukça düşüktür.

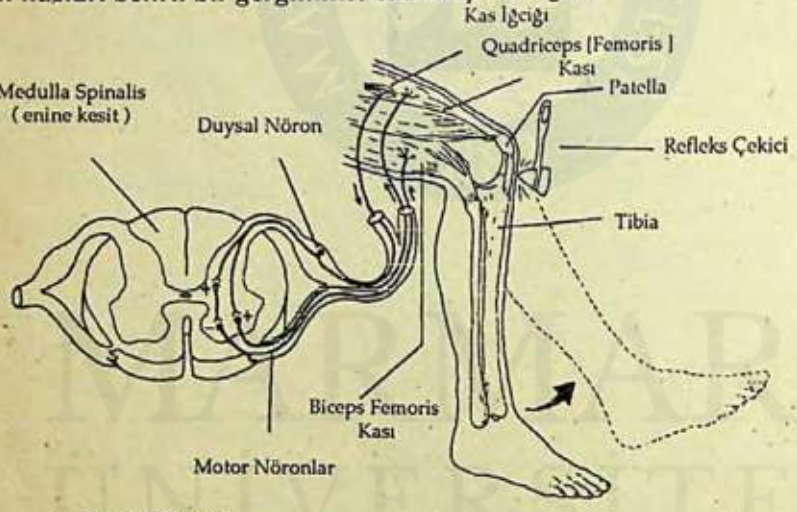
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 4.1 Sinir sisteminin genel görünümü. Servikal, torakal, lomber ve sakral periferik sinirler. Çeşitli seviyelerde medulla spinalis'e girip çıkan sinir lifleri periferik sinirler olarak adlandırılır.

Sinir sisteminin duysal uyarılara karşı oluşturduğu yanıtlar bazen, sinyal daha medulla spinalis düzeyinde iken, üst düzey merkezi sinir sistemi yapılarının katılımı olmadan, ani olarak ortaya çıkar. Bu tür yanıtlara **refleks** adı verilir. Örneğin sıcak bir cisme dokunulduğunda, duyulan acının etkisiyle ani olarak elin o cisimden uzaklaştırılması refleks bir davranıştır. **Çekme refleksi** adı verilen bu refleks, organizmaya zarar verecek uyaranlara karşı yanıt olarak ortaya çıkan, organizmayı zarardan korumaya yönelik bir davranıştır.

Medulla spinalis tarafından kontrol edilen başka bir refleks de **tendon (gerim) refleksi**' dir. Klinikte sıklıkla, sinir sistemi muayenesinin bir parçası olarak bu reflekse bakılır. Şekil 4.2'de görüldüğü gibi, dize çekiçle vurulduğunda "kas iğciği" denilen, kasın içinde yerleşmiş gerime duyarlı organın ani olarak gerilmesi, buradan kaynaklanan duysal sinir liflerinin aynı kası inerve eden alfa-motor nöronla medulla spinalis düzeyinde yaptığı sinaps yoluyla, kasın kasılarak diz ekleminin hareket ettirilmesine sebep olur. Gerim refleksi, vücudun yer çekimine karşı ayakta kalabilmesi ve normal ekstremite hareketlerinin yapılabilmesi için kasları belirli bir gerginlikte tutma işlevini görür.

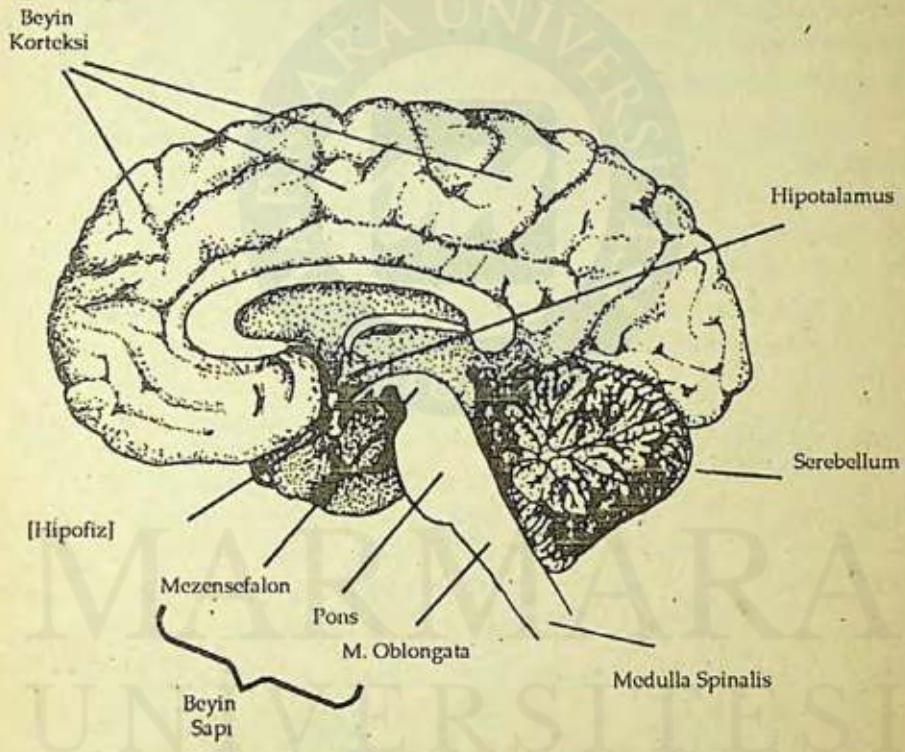


Şekil 4.2 Patella refleksi oluşum mekanizması (açıklama için metne bakınız).

İç organların çalışmasıyla ilgili reflekslerin bazıları da medulla spinalis tarafından kontrol edilir. Bunlar arasında derinin lokal ısısına bağlı damar tonusundaki değişiklikler, bazı barsak fonksiyonlarını kontrol eden, idrar kesesinin ve kolonun boşalmasını sağlayan refleksler sayılabilir.

Böylece medulla spinalis sinirsel uyarıların periferden beyne ya da beyinden perifere iletilmesi ve **spinal reflekslerin** oluşturulmasını sağlar.

Medulla spinalis'in üstünde, beyin ve beyinciğin altında yerleşmiş olan beyin sapı, **medulla oblongata (bulbus), pons** ve **mezensefalon (orta-beyin)**' dan oluşur. Burada, solunum ve dolaşımın düzenlenmesini sağlayan yaşamsal merkezler bulunur. Beyin sapı boyunca uzanan ve **retiküler formasyon (retiküler aktive edici sistem)** denilen, çok sayıda sinir hücresinin oluşturduğu ağ şeklindeki yapı beynin bütün diğer üst merkezlerine gönderdiği sinir uzantılarıyla onları uyarır ve uyanıklığı sağlar. Ayrıca, uyku da buradaki bazı nöronların aktivitesi sonucu ortaya çıkar.

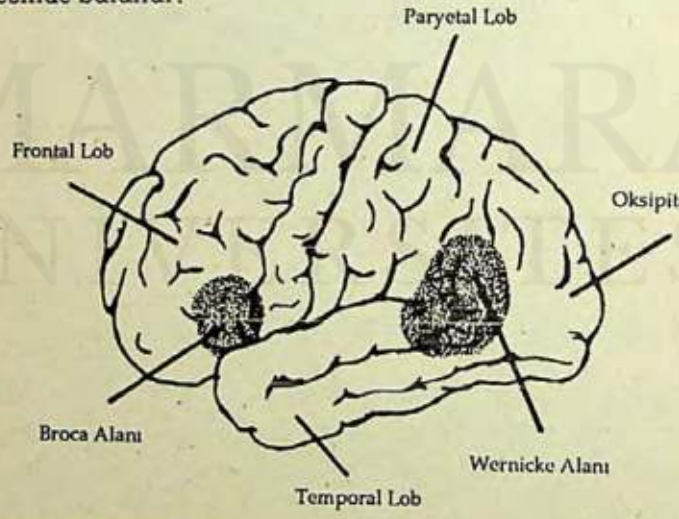


Şekil 4.3 Merkezi sinir sisteminin bölümleri.

Beyin sapından m.spinalis'e uzanan yolların çoğu m. spinalis'in ön boynuz motor nöronlarında sonlanır. Bu nöronlar aracılığıyla yürütülen beyin sapının motor fonksiyonu, gövde, boyun ve ekstremitelerin proksimal kaslarında kontraksiyonu sağlayarak vücudu yer çekimine karşı desteklemektir.

Beynin en dışında 2-5 mm kalınlığındaki nöron tabakası **serebral korteks** olarak adlandırılır. Beynin bu bölümü motor ve duysal fonksiyonların yanısıra entellektüel fonksiyonları da yürütür. Anatomik olarak beyin korteksi, **frontal, temporal, paryetal** ve **oksipital** loblara ayrılır. Frontal lob korteksinde primer motor alan ve değişik beyin alanları arasında ilişki sağlayan nöron toplulukları bulunur. Primer motor alan, frontal lobun paryetal loba yakın bölümünde yerleşmiştir. Buradaki nöronlardan kaynaklanarak vücut hareketlerinin yerine getirilmesine ilişkin emirleri medulla spinalis'e taşıyan akson demetine **piramidal yol** adı verilir (bak. Bölüm 3; Şekil 3.3. ve Şekil 3.4). Paryetal lobun ön kısmında, primer motor alanın hemen arkasında yerleşmiş **primer duyu alanı**'nda tüm vücuttan gelen "somatik (vücutla ilgili)" duyuların değerlendirmesi yapılır. Görme duyusunu ileten sinir yollarının korteksteki sonlanma yeri ise oksipital lobta bulunur. Görsel uyarılar burada algılanarak değerlendirilir.

Temporal lobun arka-üst ucunda (bak. Şekil 4.4) yerleşmiş ve **Wernicke alanı** diye adlandırılan bölge, işitilen seslerin yorumlanması ve konuşmanın algılanmasıyla ilgilidir. Frontal lobta, primer motor alanın alt ucunun hemen önünde yerleşmiş **Broca alanı** ise Wernicke alanından aldığı sinyalleri değerlendirip motor alanda bulunan ağız, dudak, dil ve gırtlağın hareketleriyle ilgili bölgelere sinyaller göndererek konuşma seslerinin oluşturulmasında rol oynar. Wernicke ve Broca alanlarının hasar görmesi konuşma bozukluklarına yol açar. Konuşma ile ilgili bu merkezler, normal olarak sağ elini kullanan insanların, sol beyin yarımküresinde bulunur.



Şekil 4.4 Beyin korteksinde konuşma ile ilgili alanlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Sayılan bu primer alanların dışında kalan korteks alanlarının çoğu, değişik korteks bölgeleri arasında iletişim sağlayan bağlantı liflerinden oluşur.

Korteksin birçok bölgesinin katılımı ve işbirliği ile, düşünce, zeka, öğrenme ve hafıza gibi yüksek fonksiyonlar yerine getirilir.

Korteksin altında, beyin yarım kürelerinin daha derinlerinde yerleşmiş bir grup yapı **limbik sistem** diye adlandırılır. Limbik sistem yapıları bilinçdışı dürtüler, saldırganlık, hiddet, hoşlanma, neşe gibi duygulanım durumlarının ortaya çıkışında rol oynar; ayrıca öğrenme ve hafızaya da önemli katkıda bulunurlar.

İşlevsel ve anatomik olarak bir taraftan limbik sistemle diğer taraftan otonom sinir sistemiyle yakın ilişkide olan önemli bir merkezi sinir sistemi yapısı olan **hipotalamus** ise, vücut iç ortamının sabit tutulmasına yönelik işlevleri organize eder; bu işlevlerle limbik sistem tarafından yürütülen emosyonel fonksiyonlar arasında bağlantı kurar. Örneğin, vücut ısısı, vücut sıvılarının osmolaritesi gibi değişkenler, açlık, susuzluk, cinsellik gibi dürtüler hipotalamus tarafından kontrol edilir. Hipotalamus ayrıca, hipofiz bezinden olan hormon salınımını, dolayısıyla bütün endokrin bezlerin işlevlerini kontrol eder.

Beyincik (serebellum), beynin alt-arkasında, beyin sapının üstünde yerleşmiştir. Serebellum'dan medulla spinalis'e giden sinirsel yollar, piramidal sistemin aktivitesi ile başlatılan motor hareketlerin, koordine, düzgün ve amaca uygun yapılmasını sağlarlar. Ayrıca, iskelet kaslarının istirahat halinde bile mevcut olan ve **tonus** diye adlandırılan gerginlik durumunun sürdürülmesine katkıda bulunurlar. Vücut dengesinin sağlanması da beyinciğin diğer önemli bir fonksiyonudur.

Piramidal yol ve serebellum'un dışında, beynin derin bölümlerinde ve ortabeyinde gruplar halinde yerleşmiş bazı nöronlar, motor hareketlerin kontrolüne önemli katkıda bulunurlar ki bunlara **bazal gangliyonlar** ya da **ekstrapiramidal sistem** denir.

Uyku-Uyanıklık

Beyin sapındaki retiküler formasyon, mezensefalon ve pons bölümlerinin uyarılması serebral kortekste belirgin aktivasyona yol açar ve uyku halinin sonlanması ile uyanıklığa neden olur. Retiküler formasyonun mezensefalon ve ponsun üstünde kalan bölümü beyni aktive eder.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

Diğer taraftan, ponsun orta düzeyinin altında kalan beyin sapı bölgeleri bu aktive edici sistemi inhibe ederek uykuya yol açar. Vücuttan gelen duysal uyaranlar ve beyinden gelen uyaranlar aktive edici sistemin aktivitesini başlatır.

Uyku, kişinin uygun duysal ya da öteki uyaranlarla uyandırılabileceği geçici bir bilinçsizlik durumu olarak tanımlanır. Uykunun iki değişik dönemi vardır:

1) Yavaş dalga uykusu: Bu tip uykuda elektroensefalogram ile kaydedilen beyin dalgaları çok yavaşlamıştır. Bu uyku hafiften derine doğru giden bir seyir gösterir; uyku gittikçe derinleşir. Kas tonusu azalır; solunum ve kalbin çalışması yavaşlar; metabolik aktiviteler azalır. Gece boyunca uykunun büyük bölümü yavaş dalga uykusu olarak geçer.

2) REM uykusu: Hızlı göz hareketleri ile karakterizedir. Beyin dalgaları hızlı ve düzensiz olduğu için bu dönem "hızlı dalga uykusu" diye de adlandırılır. Rüya görme bu uyku sırasında gerçekleşir. Solunum ve nabız düzensizdir. Kas tonusu ileri derecede azalır, hareket görülmez, ancak kas seyirmeleri olabilir. REM uykusu gece boyunca yaklaşık 90 dakikada bir tekrarlayan periyodlar şeklinde ortaya çıkar ve genç erişkinlerde uyku süresinin % 25'ini kapsar.

OTONOM SİNİR SİSTEMİ:

Sinir sisteminin, iç organların çalışmasını kontrol eden bölümüne **otonom sinir sistemi** denir. Bu sistem, kan basıncı, gastrointestinal motilite, terleme, vücut ısısı ve diğer birçok aktivitenin kontrolünde yer alır.

Otonom sinir sistemi, **sempatik** ve **parasempatik** olmak üzere iki bölümden oluşur. Bir çok organ, aynı zamanda hem sempatik hem de parasempatik sinir lifleri tarafından kontrol edilir. Örneğin, kalbin çalışmasını sempatik sinirler hızlandırırken parasempatikler yavaşlatır.

Parasempatik sistemde sinir lifi uçlarından salgılanan nörotransmitter **asetilkolin** olup bu sisteme **kolinerjik sistem** de denir. Sempatik sistemde ise salgılanan nörotransmitter **noradrenalin**'dir. Bu yüzden bu sisteme **adrenerjik sistem** de denir.

Otonom sinir sistemi sempatik bölümünün aktivitesi bir bütün olarak, heyecan, korku, fiziksel egzersiz gibi durumlarda artar. Bu gibi durumlarda kan basıncı yükselir, kalp atışları hızlanır, kaslara daha

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

fazla kan gider. Parasempatik bölümün aktivitesi ise istirahat halinde iken, yemek yeme, sindirim v.s. durumlarda hakimiyet kazanır.

Sempatik ve parasempatik sinir sistemlerinin bazı organ ve dokular üzerindeki özgün etkileri şunlardır:

ORGAN	SEMPATİK ETKİ	PARASEMPATİK ETKİ
Pupilla (göz):	dilatasyon	konstriksiyon
Salgı bezleri:	vazokonstriksiyon ve hafif sekresyon	bol sekresyon
Ter bezleri:	bol terleme	etkisiz
Kalp kası:	frekans artar	frekans azalır
	kasılma gücü artar	kasılma gücü azalır
Akciğer (bronş):	gevşeme	kasılma
Barsak :	peristaltizm artar	peristaltizm azalır
Safra kesesi ve safra yolları :	gevşeme	kasılma
Böbrek :	renin salgısı azalır	etkisiz
İdrar torbası kası :	gevşeme	kasılma
sfinkteri :	kasılma	gevşeme
Sistemik arteriyoller:	kasılma	etkisiz
Bazal metabolizma :	artma	etkisiz
Böbreküstü medulla sekresyonu :	artma	azalma

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 5

KAN FİZYOLOJİSİ

Çok hücreli organizmalarda hücrelerin çevre ve birbirleriyle olan ilişkilerinin sağlanabilmesi için özel taşıyıcı sistemlere gereksinim vardır. Memeliler gibi yüksek canlılarda bu işlevi kan yapmaktadır.

Kanın işlevleri şunlardır:

1. Hücrelere besin maddelerinin taşınması

2. Metabolizma artıklarının ve zararlı maddelerin uzaklaştırılması

3. Vücut ısısı ve pH'sının ayarlanması,

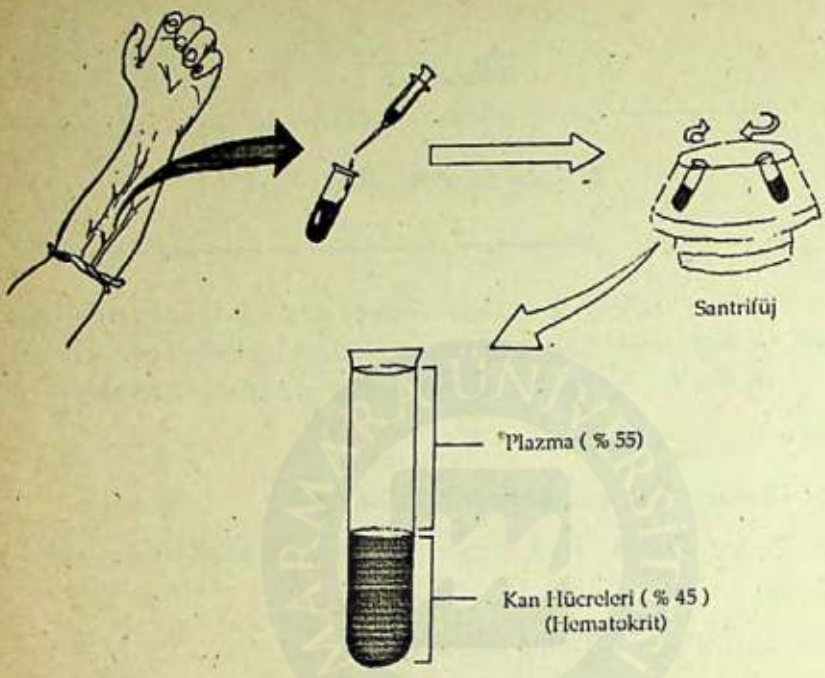
4. Organizmanın mikroorganizmalara ve diğer zararlı etkenlere karşı korunması

5. Hormonların ve diğer düzenleyici maddelerin dokulara taşınması

Normal erişkin insanlarda kan hacmi vücut ağırlığının yaklaşık % 7-8'i yani 5-6 litre'dir.

Kan, plazma ve kan hücrelerinden oluşur. Kanın % 55-56'sını oluşturan sıvı kısmına **plazma** adı verilir. İçinde sodyum, potasyum, klor, bikarbonat, kalsiyum gibi iyonlar erimiş halde bulunur. Diğer birçok organik ya da inorganik madde, glikoz, vitaminler, hormonlar, proteinler v.s. de erimiş halde plazma içinde taşınırlar. Plazma, pıhtılaşması engellenen kanın santrifüjü ile elde edilir.(Şekil 5.1) Kan bir tübe alınarak kendi haline bırakılırsa bir süre sonra pıhtılaşır ve serumu ayrılır. Serumda, plazmadan farklı olarak fibrinojen ve bazı pıhtılaşma faktörleri bulunmaz.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 5.1 Damardan alınan kan bir tübe konup santrifüje edildiğinde sıvı bölümü (plazma) ve hücreler birbirinden ayrılır. Hücreler hacim olarak kanın % 45'ini oluşturur (hematokrit).

Kanda bulunan hücreler ise eritrositler, lökositler ve trombositlerdir.

KAN HÜCRELERİ

Bütün kan hücreleri bir kök hücreden (multipotent stem hücre) oluşurlar. Multipotent kök hücreler farklılaşabilme özelliğinde olup, çoğalıp gelişimlerini tamamladıklarında eritrosit, granülosit (nötrofil, eozinofil, bazofil), monosit, trombosit ve lenfosit'lere dönüşürler.

ERİTROSİTLER

Eritrositler 7-8 mikron çapında bikonkav disk şeklinde hücrelerdir (bak. Şekil 5.2). Normal olarak 1 mm^3 kanda, erkekte 5,200,000, kadında 4,700,000 (±300,000) eritrosit bulunur. Eritrosit, oksijen taşınmasında önemli olan hemoglobin içerir. 100 ml kanda ortalama 15

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

gr. hemoglobin bulunur. Genellikle kadınlarda bu miktar biraz daha düşüktür. Hemoglobin asıl işlevi olan O_2 taşımanın yanı sıra, tamponlama özelliği sayesinde kan asit-baz dengesinin sağlanmasına da önemli katkıda bulunur.

Eritrositlerde bulunan karbonik anhidraz enzimi, CO_2'in su ile birleşmesini katalizleyerek bikarbonat iyonları şeklinde dokulardan akciğerlere taşınmasını sağlar.

Eritrositler, doğum öncesi yaşamın ilk birkaç haftaşında vitellus kesesinde gelişirler. Gebeliğin ilk trimesterinin (ilk 3 ay) ortalarından itibaren ise başlıca yapım yerleri karaciğerdir. Gebeliğin sonuna doğru ve doğumdan sonra eritrositler sadece kemik iliğinde üretilir. Yaklaşık beş yaşına kadar bütün kemiklerin iliğinde eritrosit yapımı olduğu halde erişkin insanlarda humerus ve tibianın proksimal bölümleri dışında bütün uzun kemiklerin iliği yağlı ilik durumuna geçer ve eritrosit üretimi sadece sternum, kaburga ve kalça kemikleri gibi yassı kemiklerin iliğinde devam eder.

Dokulara ulaşan O_2 miktarında azalmaya yol açan her durum, eritrosit yapımını artırır. Bu nedenle bir kişi kanama veya başka bir nedenle anemik duruma gelirse, kemik iliğinde eritrosit yapımı hızlanır. Havadaki O_2 yoğunluğunun düşük olduğu, deniz seviyesinden yüksek yerlerde de dokulara taşınan O_2 miktarının azalmasına bağlı olarak eritrosit yapımı artar.

Eritrosit yapımının uyarılmasında, böbreklerde yapılarak dolaşıma salınan **eritropoetin** adlı hormon önemli bir rol oynar. Eritropoetin, kemik iliğini etkileyerek hemopoetik kök hücrelerde eritrositlerin gelişimini hızlandırır. Hipoksi ya da böbreğe gelen kan akımının azalması gibi durumlarda eritropoetin yapımı artar. Bazı böbrek tümörlerinde, anormal olarak yüksek miktarlarda eritropoetin yapılır ve eritrosit sayısında artışa neden olur.

B_{12} Vitamini (Siyanokobalamin), DNA sentezi için gerekli olduğundan bu vitaminin eksikliğinde, kemik iliğinde eritrositlere dönüşecek olan hücreler hızlı proliferasyon gösteremeyip normalden daha büyük hücrelere (megaloblast) dönüşürler. Bu hücreler O_2 taşıma yeteneğine sahip olmakla birlikte frajil olduklarından normalden daha kısa ömürlüdürler. B_{12} vitaminin gastrointestinal sistemden emilebilmesi için **intrensek faktör** adı verilen ve midedeki paryetal hücreler ta-

rafından salgılanan glikoprotein yapısında bir maddeye ihtiyaç vardır. B_{12} vitamini emildikten sonra karaciğerde depolanır ve gereksinime göre kana verilir. Mide mukozasının ileri derecede hasarına ya da kaybına yol açan hastalıklarda yeterli miktarda intrensek faktör yapılamadığı için B_{12} vitamini barsaklardan emilemez ve eksiklik belirtileri ortaya çıkar.

Eritrositlerin olgunlaşması için gerekli diğer önemli bir madde folik asit'tir. Bu vitaminin eksikliğinde de yine eritrosit yapımı aksar.

Hemoglobin

Hemoglobin molekülü, Hem ve Globin'den oluşur. Globin, alfa, beta, gamma ve delta olmak üzere 4 tip polipeptid zinciri içerir. Erişkinlerde 3 tip hemoglobin bulunur. Bunlardan Hb A total Hb miktarının % 96-97'sini oluşturur. 2 alfa ve 2 beta zinciri içerir. Diğer hemoglobinler ise % 2-3 oranında Hb A2 ve % 1 oranında Hb F (fetal Hb)' dir. Hb A2, 2 alfa ve 2 delta, Hb F ise 2 alfa ve 2 gamma zincirinden oluşur.

Hem ise hemoglobinin demir içeren bölümüdür. İşlevi 0_2'i bağlamak olan Hb'deki bu demir, vücuttaki toplam 4 gr. demirin % 65'ini oluşturur. Vücuda besinlerle alınan demir, ince barsaklardan absorbe edilir ve özellikle karaciğer hücrelerinde depolanır. Çoğu dışkıyla olmak üzere günde 1 mg. kadar demir kaybedilir. Kanamalarda demir kaybı artar. Menstruasyon nedeniyle kadınların günlük demir kaybı biraz daha fazladır (2mg/gün).

Hb molekülünün en önemli özelliği 0_2 ile gevşek ve geri dönüşümlü olarak bağlanabilmesidir. Bu sayede akciğerlerde kolayca 0_2 ile birleşirken doku kapilerlerinde 0_2'i serbest bırakarak dokulara geçişine izin verir.

Eritrositlerin yaşam süresi 120 gün kadardır. Yaşlanan eritrositler retiküloendotelyal sistem ve makrofajlar tarafından yıkılır. Parçalanan eritrositlerden açığa çıkan demir tekrar kullanılabilir. Parçalanma sonucu, Hem molekülünün diğer bölümünden ise **bilirübin** meydana gelir. Plazmada albumine bağlanarak karaciğere taşınan bilirübin'e **indirekt** ya da **konjuge olmamış bilirübin** denir. Bu bilirubin karaciğerde enzimler aracılığıyla konjugasyon işlemine uğrayarak **direkt** ya da **konjuge bilirübin** denen şekle dönüşür. Konjuge bilirübin safrayla barsağa geçer ve kalın barsaktaki bakteriler tarafından önce **ürobilinojene** daha sonra **sterkobilinojen** ve **sterkobilin**'e çevrilir. Ster-

kobilin dışkıya normal rengini veren maddedir. Ürobilinojenin bir kısmı kana geri emilir ve idrara geçerek burada ürobilin'e dönüşür.

Yıkım artışına veya yetersiz üretime bağlı olarak dolaşımdaki eritrosit sayısının veya hemoglobin miktarının normalden az olması durumuna **anemi** (kansızlık) denir.

Eritrosit sayısının normalden fazla olmasına ise **polisitemi** adı verilir.

LÖKOSİTLER

Lökositler, vücudun savunmasında görev alırlar. Bazıları kemik iliğinde bazıları ise lenf dokusunda yapılır. **Nötrofil, eozinofil, bazofil, monosit** ve **lenfosit** olmak üzere 5 tip lökosit vardır. Nötrofil, bazofil ve eozinofiller granüler (tanecikli) bir görünüme sahip oldukları için **granülosit** adını alırlar. Granülosit ve monositler, **fagositoz** olayını (bak. Bölüm 1) gerçekleştirirler. Lenfosit ve plazma hücreleri ise fagositoz yapmayıp, salgıladıkları immünoglobulinler ve başka bazı maddelerle, immünite (bağışıklık) olaylarında yer alırlar.

Granülositler ve monositler, eritrositler gibi kemik iliğinde yapılırlar. Lenfositler ve plazma hücreleri ise lenf bezleri, dalak, timus, tonsiller, kemik iliğindeki lenfoid kalıntılar, barsaklar ve başka yerleri de içine alan çeşitli lenfoid organlarda üretilirler. Folik asit ve B kompleks vitaminleri eksikliği, eritrositlerin olgunlaşmasını engellediği gibi, lökositlerin gelişimini de olumsuz yönde etkiler.

Granülositler, yapım yerleri olan kemik iliğinden ayrıldıktan sonra dolaşım kanında 4-8 saat, dokularda ise 4-5 gün kadar yaşarlar. Enfeksiyon durumlarında sayıları artarken yaşam süreleri kısalabilir.

1 mm^3 kanda ortalama 7000 lökosit bulunur. Çeşitli tipteki lökositlerin yüzde oranları aşağıda belirtilmiştir. Buna kısaca **lökosit formülü** adı verilir.

Nötrofiller..... % 62.0

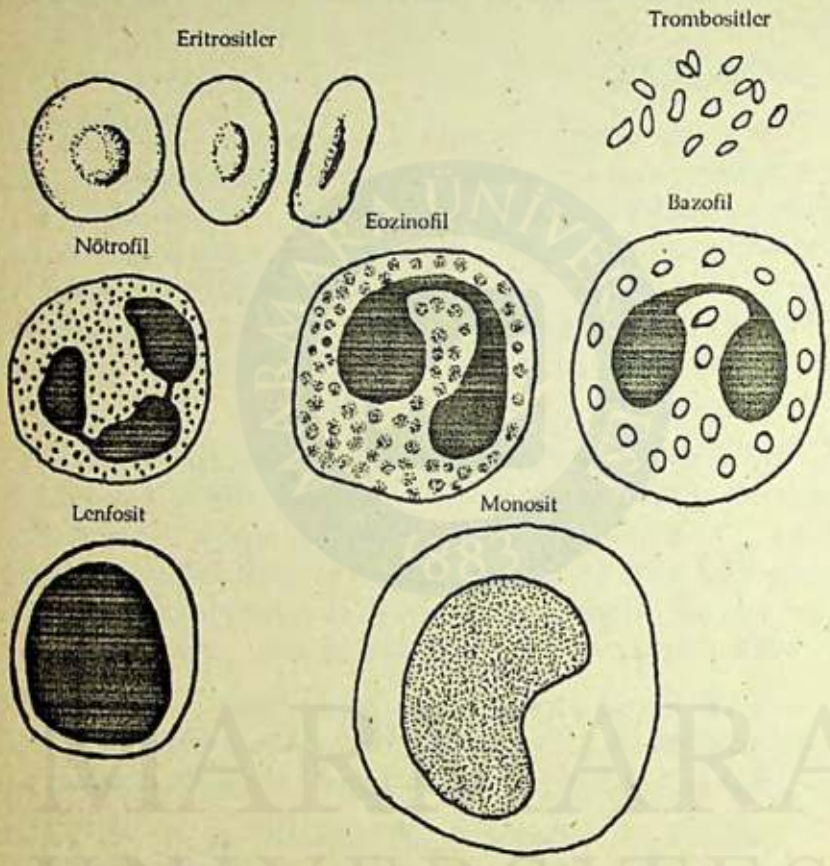
Eozinofiller..... % 2.3

Bazofiller..... % 0.4

Monositler..... % 5.3

Lenfositler..... % 30.0

Çeşitli hastalık durumlarında, belirli bazı lökositlerde artış olduğu için bu oranlar değişebilir ve hastalık hakkında bilgi verebilir. Bu yüzden lökosit formülünün belirlenmesi, hastalıkların teşhis edilmesi için kliniklerde çok sıklıkla kullanılan bir testtir.



Şekil 5.2 Kan hücreleri

Nötrofiller:

Parçalı çekirdekleri vardır. Kandan dokulara geçip orada çeşitli yabancı cisimleri, bakterileri, hücre kalıntılarını fagositoz yoluyla yok edebilirler. **Kemotaksis** adı verilen, kimyasal maddelere yönelme özellikleri sayesinde hedeflerini bulurlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Monositler:

Diğer lökositlerden daha büyüktürler. Hareketli hücreler olup, fagositoz yetenekleri oldukça gelişmiştir. Bazı monositler dolaşımdan dokulara geçerek farklılaşır ve **doku makrofajlarına** dönüşürler. Doku makrofajları farklı dokularda farklı isimlerle anılırlar. Örneğin, karaciğerdeki Kupffer hücreleri, dalaktaki sinüzoidal hücreler, merkezi sinir sistemi glial hücreleri, akciğerlerdeki alveol hücreleri, periton hücrelerinin bir bölümü, kemik dokusundaki osteoklastlar hep birer doku makrofajıdırlar.

Eozinofiller:

Sitoplazmalarında kırmızıya boyanan granüller bulunur. Çekirdekleri genellikle 2 parçalıdır. Nötrofiller kadar olmamakla birlikte hareketli hücrelerdir. Fagositoz yetenekleri zayıftır. Paraziter ve allerjik hastalıklarda sayıları artar.

Bazofiller:

Tüm hücreyi dolduran koyu renkli granülleri vardır. Bu granüller bazik boyalarla boyanırlar. Çekirdekleri böbrek şeklinde veya az parçalıdır. Dokularda bulunan, şekil ve işlevleri kan bazofillerine benzeyen bazı hücreler **mast hücreleri** diye adlandırılır. Gerek mast hücreleri gerekse bazofiller allerjik reaksiyonlarda önemli rol oynarlar.

Lenfositler:

Kemik iliğinde yapılarak lenfoid dokulara taşınır; burada olgun lenfosit haline gelirler. Timusta olgunlaşanlar **T lenfositlerini** oluşturur ve bunlar başlıca hücresel immüniteden sorumludurlar. Ayrıca humoral immünite üzerinde yardımcı ve düzenleyici etki gösterirler. Apendiks ve barsak duvarında yer alan lenfoid dokularda gelişimlerini tamamlayan lenfositler ise **B lenfositlerini** oluştururlar. Bu tip lenfositler başlıca humoral immüniteden sorumludurlar.

İMMÜN SİSTEM

İnsan vücudu, doku ve organlarına zarar verebilecek her tür mikroorganizma ve toksine karşı direnç gösterir. Bu özelliğe **immünite (bağışıklık)** denir.

Bağışıklığın büyük bölümü, aktive olmuş lenfositlerin mikroorganizma veya toksinlere saldırarak onları tahrip etmelerine dayanır ki buna **"kazanılmış bağışıklık"** adı verilir. Hücresel ve humoral olmak üzere iki tip immünite vardır. B lenfositler humoral immünitede, T lenfositler ise hücresel immünitede rol oynarlar.

Girdiği organizmada spesifik antikor yapımına yol açan maddelere **"antijen"** adı verilir. Bakteriler, virüsler, yabancı hücreler ve pek çok yabancı proteinler antijenik özelliğe sahiptirler. Antijenler, organizmaya çeşitli yollarla girerek hücresel veya humoral immüniteye yol açarlar.

Hücresel İmmünite: Buradaki immün reaksiyon, antijen ile hassaslaşmış T lenfositi arasında geçer. Hücresel bağışıklık geç belirir.

Humoral İmmünite: Burada esas olay immünglobülin (antikor) yapımıdır. Spesifik antikor antijenle karşılaşınca antijen-antikor kompleksi meydana gelir ve bu kompleks, fagositler tarafından ortadan kaldırılır. Antikor yapımı, B lenfositlerin değişimi ile oluşan plazma hücreleri tarafından gerçekleştirilir.

Antikorlar protein yapısında maddelerdir. İmmünglobulin (Ig) adı da verilen bu antikorlar 5 sınıfa ayrılır: IgG, Ig A, Ig M, Ig D ve Ig E. Normal insanda antikorların % 75'ini Ig G antikorları oluşturur. Bununla birlikte ilk ortaya çıkan immün yanıtta rol oynayan antikorlar Ig M sınıfındandır. Ig E allerjik olaylarda rol oynar. Ig A başlıca kan, vücut içi sıvıları ve dış salgılarda bulunur. Ig D' nin fonksiyonları iyi bilinmemektedir.

KAN GRUPLARI

Eritrositlerin membranında antijen özelliği gösteren bazı proteinler vardır. Bu antijenlerin tiplerine göre kan gruplamaları yapılmıştır. Bunlar içinde özellikle iki grup önem taşır. Bunlar A-B-0 grubu ve Rh grubudur.

A-B-0 Kan gruplaması :

Eritrositlerin yüzeyinde kalıtsal olarak iletilen A tipi ve B tipi olmak üzere 2 tip antijen vardır. Bir kişinin eritrositlerinde bunlardan biri veya her ikisi birden bulunabilir. Eritrositlerinde bu antijenlerden herhangi birini taşımayanların plazmalarında ise A veya B tipi antijenle özgün reaksiyonlar veren antikorlar bulunur. Bu antikorlar antijenlere

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

bağlanarak hücrelerin aglütinasyonuna yol açarlar. Bu nedenle A ve B tipi antijenlere "**aglütinojen**", bunlara karşı oluşan antikorlara da "**aglütinin**" de denir.

A grubu aglütinojen taşıyan birey A grubu, B grubu aglütinojen taşıyan B grubu, hem A hem B grubu aglütinojen taşıyan birey AB grubu, A ya da B grubu aglütinojenlerin hiçbirisini taşımayan bireyler ise 0 grubu demektir. 0 grubu kan, hiç aglütinojen taşımadığı için hem Anti-A, hem Anti-B aglütininleri içerir. A grubu kan, Anti-B aglütininleri, B grubu kan Anti-A aglütininleri içerirken, AB grubu kan hiçbir aglütinin içermez.

Kan grupları	Aglütinojenler	Aglütininler
0	-	Anti-A, Anti-B
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A ve B	-

Kan transfüzyonu yapıldığında aglütinasyon oluşmaması için, alıcı kişinin plazmasında nakledilen kandaki aglütinojenlere karşı aglütinin bulunmamalıdır. Bu nedenle her grup, kendi grubundan kan alabilir. Ayrıca, AB grubu aglütinin içermediği için herhangi başka bir gruptan kan alabilir. Ancak kendi grubu dışında başka bir gruba kan veremez. 0 grubu ise kendi grubu dışında hiçbir gruptan kan alamaz; ancak hiç aglütinojen içermediği için bütün diğer gruplara kan verebilir.

Rh Kan Gruplaması :

Her birine Rh faktörü denilen ve C, D, E, c, d, e olarak gösterilen 6 tip Rh antijeni vardır. Bunlardan D tipi antijen toplumda en yaygın bulunanı olup bu antijeni taşıyanlar Rh (+), taşımayanlar ise Rh (-) olarak adlandırılır. A-B-0 sisteminde aglütininler kendiliğinden oluşurken, Rh sisteminde aglütinin oluşması için bireyin önce Rh antijeni ile karşılaşmış olması gereklidir. Rh (+) kan, Rh (-) bireye verildiğinde, bu bireyde Anti-Rh aglütininleri oluşur. Ancak bu durum ani bir reaksiyona yol açmaz. Rh (+) kanın daha sonra yeniden transfüzyonunda ise birey Rh faktörüne duyarlılaşmış olduğu için çeşitli transfüzyon reaksiyonları ortaya çıkar.

Eritroblastosis Fetalis :

Fetüs ve yenidoğanda görülen, eritrositlerin ilerleyici aglütinasyonu ve fagositozu ile karakterize bir hastalıktır. Bu vakaların çoğunda anne Rh (-), baba Rh (+) ve bebek Rh (+)'dir. Annede oluşan Anti-Rh aglütininler plasenta yoluyla fetüse geçerek eritrositlerin aglütinasyonuna yol açar. Rh (-) anne, Rh (+) olan ilk bebeğinde genellikle bebeğe zarar verecek kadar Anti-Rh aglütinini oluşturamaz. Bununla beraber Rh (-) anne ikinci Rh (+) bebeğine hamile olduğunda, ilk bebekten duyarlaşmış olduğundan hamileliği sırasında hızla Anti-Rh aglütininleri üretir. Bu aglütininlerin bebek dolaşımına geçmesiyle eritroblastosis fötalis adı verilen hastalık tablosu ortaya çıkar.

TROMBOSİTLER

Çekirdeksiz, küçük hücrelerdir (bak. Şekil 5.2). Kemik iliğinde, megakaryositlerden oluşurlar. 1 mm^3 kanda 150,000-350,000 trombosit bulunur. Biçimsel değişme ve yapışkanlık özellikleriyle ve ayrıca salgıladıkları bazı maddelerle, kanın pıhtılaşmasında rol oynarlar. Bu hücreler, damar duvarı herhangi bir şekilde hasar gördüğünde kanayan yerde bir tıkaç oluştururlar. Daha sonra burada pıhtı oluşur. Trombosit sayısının azlığında insanda çok kolaylıkla kanamalar ortaya çıkar.

Pıhtılaşma (Koagülasyon):

Pıhtılaşma olayı 3 aşamada gerçekleşir:

1) Damar zedelenmesi, "**protrombin aktivatörü**" denilen bir kompleksin oluşmasına yol açar.

2) Protrombin aktivatörü, plazmada bulunan protrombini trombine dönüştürür.

3) Trombin ise fibrinojeni fibrine dönüştürür. Fibrin, lifler şeklinde çökerek pıhtı oluşumunu sağlar.

Protrombin aktivatörü iki farklı yoldan oluşabilir:

1) Damar çeperinin zedelenmesiyle başlayan "**ekstrensek yol**" veya

2) Kanın kendi içinde başlayan "**intrensek yol**".

Ekstrensek ve intrensek yolların her ikisinde de pıhtılaşma faktörleri adı verilen bir seri plazma proteinleri rol oynar. Bu faktörler

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

aktif hale geçtikten sonra pıhtılaşma sisteminin birbirini izleyen reaksiyonlarına neden olurlar. Bu faktörlerin büyük kısmı karaciğerde yapılır. Bu nedenle karaciğer hastalıkları, pıhtılaşma sistemini baskılayarak kanama eğilimine yol açar. Protrombin, faktör VII, faktör IX ve faktör X yapımı için K vitamini gereklidir. Bu nedenle K vitamini eksikliğinde de faktörlerin karaciğerdeki yapımının aksamasına bağlı olarak pıhtılaşma bozuklukları görülebilir.

Hemostaz:

(1) Damarların hızla daralması

(2) Trombosit tıkacı oluşumu

(3) Kan pıhtılaşması

(4) Oluşan pıhtının büyüyerek damardaki açıklığı kapatması ile kanama durdurulur.

Fibrinoliz:

Kanın pıhtılaşmasından bir süre sonra, oluşan fibrinin ortadan kaldırılarak pıhtının eritilmesine **fibrinoliz** adı verilir. Bu olayda **plazmin** denilen madde önemli rol oynar. Plazmin kanda inaktif **plazminojen** şeklinde bulunur. Karaciğerde sentezlenir ve çeşitli faktörler tarafından aktifleştirilerek plazmin haline dönüştürülür. Plazmin fibrin liflerini parçalar. Kan pıhtısının erimesi, dokulardaki fazla miktarda kanın yavaş yavaş temizlenmesini ve bazen de içinde pıhtı oluşmuş damarların tekrar açılmasını sağlar. Fibrinolitik sistemin en önemli işlevlerinden biri, ince periferik damarlardaki küçük pıhtıları uzaklaştırarak bu damarların açık kalmasını sağlamaktır.

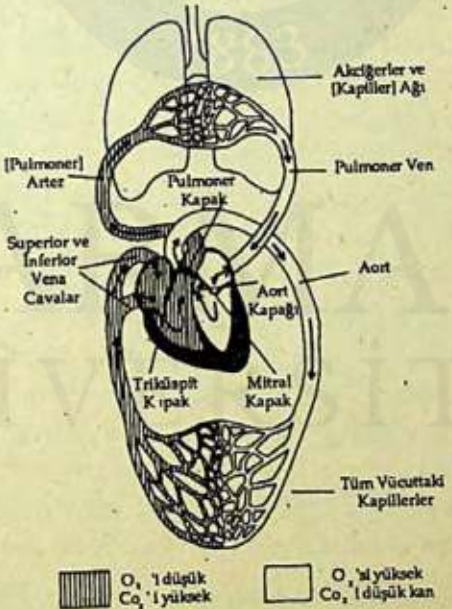
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 6

DOLAŞIM SİSTEMİ (KARDİYOVASKÜLER SİSTEM)

Dolaşım sistemi kalp ve damarlardan oluşur. Kalp, kanı pompalayarak damar sistemi içindeki dolaşımı ve basıncı sağlar. Pompalanan kan, atardamarlar (**arter**) yoluyla vücuttaki tüm dokulara yayılır ve toplardamarlar (**ven**) yoluyla kalbe geri döner. Dokular düzeyinde, arterler ile venler arasında çok ince kılcal damarlar vardır ki bunlara **kapiller** denir. Kan ile doku arasındaki madde alışverişini kapillerler sağlar. Dokulara gelen kan oksijenden zengindir. Burada 0_2, kapiller endotelinden difüzyon yoluyla dokulara geçer. CO_2 ise dokulardan kana geçer. Bu yüzden toplardamarlarda 0_2 yoğunluğu düşük, CO_2 yoğunluğu yüksek kan bulunur.



Şekil 6.1 Kalp ve damarlardan oluşan dolaşım sisteminin şematik görünümü. Oklar kanın akış yönünü göstermektedir.

Kalp dört bölümden oluşur: Üstteki iki boşluğa sol ve sağ **atrium** adı verilir. Kalbe dönen kan bu boşluklara dolar. Sonra alttaki iki boşluğa geçer. Sol ve sağ **ventriküller** adı verilen bu boşluklardan kan, dolaşım sisteminin ana arterlerine pompalanır. Atriumlarla ventriküller arasında, solda **mitral**, sağda ise **triküspid** adı verilen **atrioventriküler kapakçıklar** bulunur. Bu kapakçıklar tek yönlü çalışarak, ventriküllerin kasılması sırasında kanın geriye atriumlara kaçmasını engellerler. **Aort** ve **ana pulmoner arter**, kalpten ayrılan iki ana arterdir. Bu arterlerin de başlangıç bölümlerinde, atılan kanın kalbe geri dönmesini engelleyen **aortik** ve **pulmoner** kapakçıklar bulunur.

Aortik ve pulmoner kapakçıklara **semilunar** kapakçıklar da denir. Aorttan ayrılan arterler tüm dokuların kanlanmasını sağlayan **sistemik arteriyel ağ**'ı oluştururlar. Ana pulmoner arterin dalları ise, oksijenlenmesi için kanı akciğerlere taşıyan **pulmoner arteriyel ağ**'ı oluşturur.

Kalp, iki işlevi bir arada gören bir çift pompa gibi düşünülebilir. Sol kalp, akciğerlerden pulmoner venlerle gelen oksijenden zengin kanı sistemik dolaşıma pompalar. Sağ kalp ise, sistemik dolaşımdan "superior vena cava" ve inferior vena cava" adı verilen iki ana venle dönen, oksijenden fakir kanı akciğerlere pompalar.

Kalbin kasılmasına **sistol**, gevşemesine ise **diastol** denir. Her sistolde sağ ya da sol ventrikülün attığı kan miktarına **atım hacmi**, bunun bir dakikadaki kalp atım sayısı ile çarpılmasından elde edilen değere ise **kalp debisi** denir. İstirahatteki bir erişkinde kalbin atım hacmi 60-70 ml kadardır. Yani sağ ventrikül ana pulmoner artere ve sol ventrikül de aorta her sistolde 60-70 ml kan pompalar. Kalp atım hızı ortalama 70 vuru/dakika olduğuna göre, kalp debisi (70x70) yaklaşık 5 lt olarak bulunur.

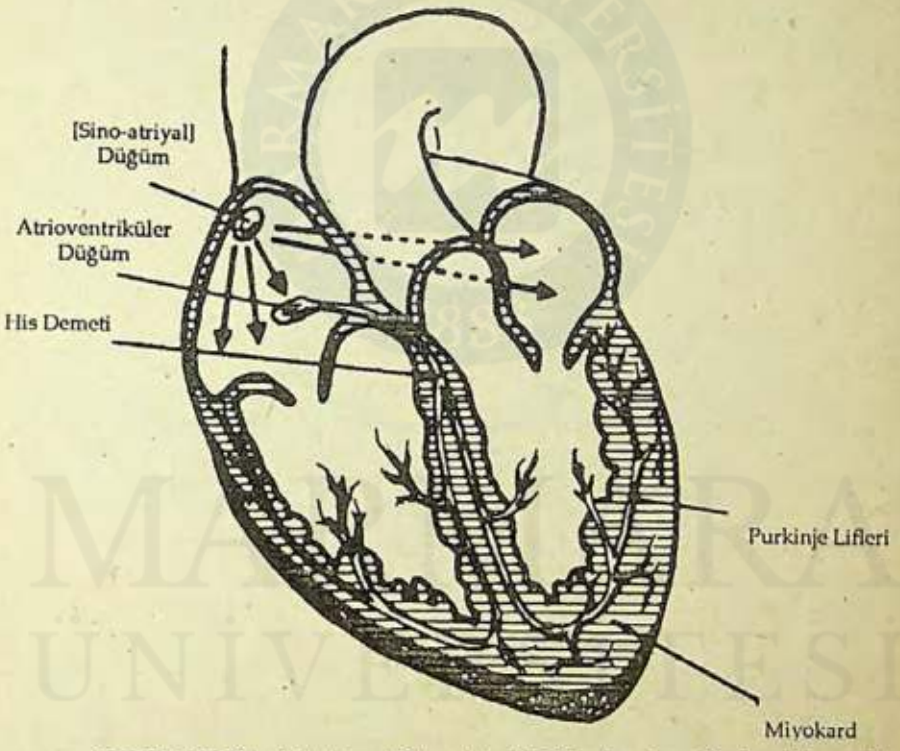
Kalbin kasılabilir bölümü **miyokard** adı verilen kalp kası dokusundan oluşur (bak. Şekil 6.2). Atrium kasılmaları ventrikül kasılmalarından daha az güç gerektirdiği için miyokard, atriumlarda oldukça ince, ventriküllerde ise kalın ve çok gelişmiştir. Miyokard ve kapakların, iç yüzlerini kaplayan tabakaya **endokard** adı verilir. Miyokard dışta, **epikard** ya da **visseral perikard** adı verilen bir tabaka ile çevrelenmiştir. En dışta ise kalbi çevreleyen **parietal perikard** bulunur.

Kalp kası bir "fizyolojik sinsityum" oluşturur. Bunun anlamı, kas kitlesine ulaşan elektriksel uyaranların "interkale diskler" üzerinden yayılarak bütün hücrelerin eş zamanlı kasılmasını sağlamasıdır. Bu özellik, kalbin etkin bir pompa olarak çalışmasına yardım eder.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kalbin İleti Sistemi ve Elektriksel Aktivitesi

Normal şartlar altında kalbi kasılmaya sevkeden uyaranlar sağ atriyumda bulunan **sino-atriyal düğümden (SAD)** kaynaklanır. SAD, kalbin normal otomatik hareketlerinin kaynağı yani "pacemaker"ıdır. SAD'den başlayan elektriksel aktivite önce atriumlar arası bölme, daha sonra **atrioventriküler (AV) düğüm** ve ventriküller arası bölmede bulunan **His demeti** yolunu izler. His demetinin endokard altında verdiği pek çok dal **Purkinje liflerinin** yaptığı endokard altı ağla birleşir. Purkinje lif-lerinin oluşturduğu ağdan çıkan lifler ise epikarda doğru ilerleyerek bütün miyokarda yayılırlar. İleti sistemini oluşturan bu yapılar sayesinde SAD'den çıkan uyaranlar ventrikül kasına yayılır ve kasılmasını sağlarlar.

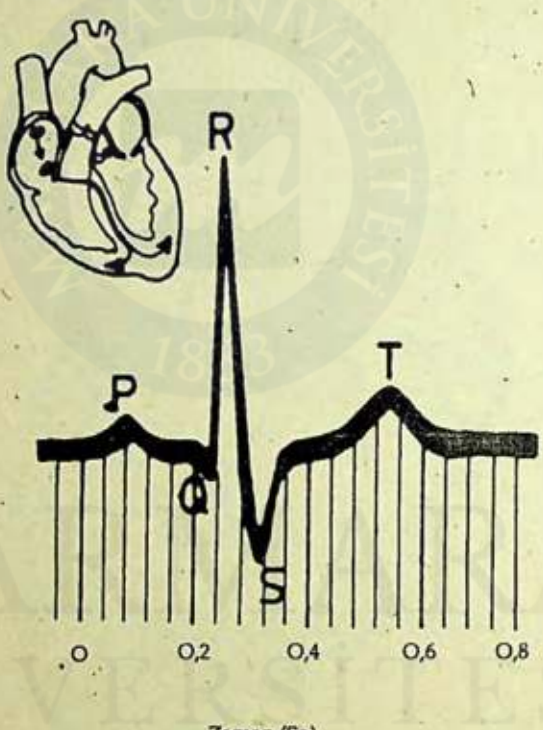


Şekil 6.2 Kalbin ileti sistemi. Sino-atriyal düğümden otomatik olarak kaynaklanan uyarılar bu sistem yoluyla yayılarak kalbin ritmik kasılmalarını sağlar.

SAD ritmi ile çalışan normal kalbin ritmine **sinüs ritmi** adı verilir. Anormal bazı durumlarda kalbi kasılmaya sevkeden uyaranlar SAD dışında, ileti sisteminin diğer bölümleri ya da miyokardan kaynaklanabilir. Bu durumda ritm bozuklukları görülür.

Bir kalp vurusu sırasında birbiri ardısıra gelişen elektriksel ve mekanik olayların tümüne bir "kalp siklusu" ya da "kalp devinimi" denir. Bu yaklaşık 0.8 saniye sürer. Bu sırada gelişen elektriksel olayların hemen ardından kalp bölmeleri içindeki basınç değişikliklerine bağlı mekanik olaylar ortaya çıkar (bak. Şekil 6.4).

Elektriksel aktivitenin ileti sistemi boyunca yayılması ve buna paralel olarak kalp kasında meydana gelen voltaj değişiklikleri, vücut yüzeyine yerleştirilen uygun elektrotlar aracılığıyla kaydedilip izlenebilir. "**Elektrokardiografi (EKG)**" diye adlandırılan bu işlem, gerek kalbin normal çalışmasının izlenmesinde gerekse kalp hastalıklarının teşhisinde önemli bir araçtır ve klinikte çok sıklıkla kullanılır.



Şekil 6.3 Tipik bir elektrokardiogram. P dalgası atrium depolarizasyonunu, QRS kompleksi ventriküllerin depolarizasyonunu, T dalgası ise ventriküllerin repolarizasyonunu temsil eder.

Tipik bir EKG kaydında, birbiri ardı sıra gelen, yineleyici ve her biri bir kalp devinimini temsil eden dalga grupları görülür. Bir kalp devinimine karşılık gelen dalga grubu içinde, başlıca üç farklı dalga belirginlik kazanır. Bunlar : "**P dalgası**", "**QRS kompleksi**" ve "**T dalgası**" dır. İlk dalga olan P dalgası, SAD'den başlayan elektriksel dalganın atriumlar

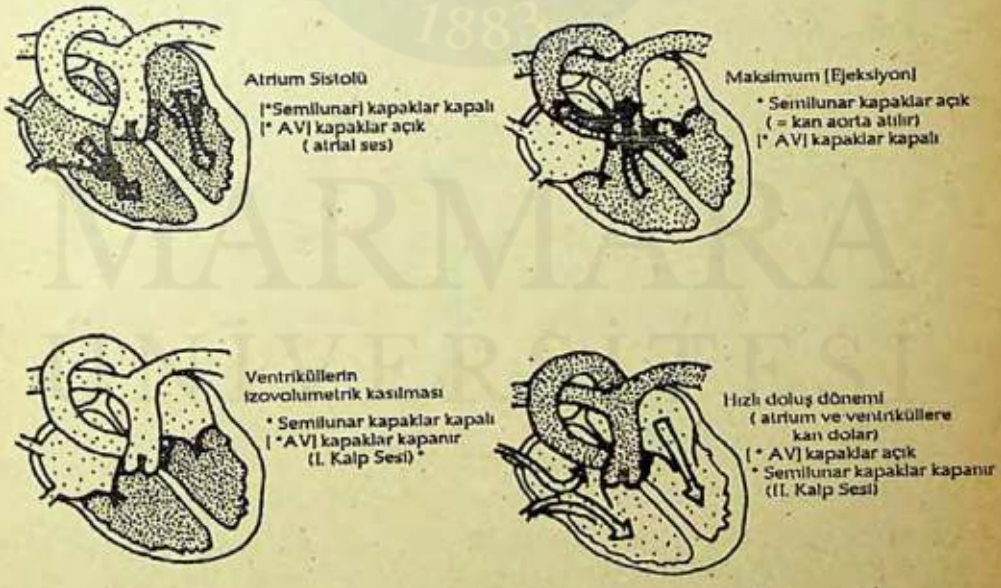
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

boyunca AV düğüme kadar yayılmasını ve bu sırada olan atrium kasılmasını temsil eder. Bundan sonra gelen büyük QRS kompleksi, elektriksel dalganın ventriküllere ulaşması ve yayılması sürecinde ortaya çıkar. QRS kompleksinin sonunda, yani elektriksel değişim ventriküllere tamamen yayıldığında, ventrikül kasılması gerçekleşir. T dalgası ise, "repolarizasyon" adı verilen, ventriküllerdeki elektriksel değişimin normal istirahat haline dönüş sürecini temsil eder.

EKG'de gözlenen bu dalgaların şeklindeki ya da sürelerindeki değişiklikler kalp çalışmasındaki anormallikleri ortaya koyabilir.

Kalp Sesleri :

Kalbin mekanik aktivitesi sırasında oluşan çeşitli titreşimler bazı seslerin ortaya çıkmasına sebep olur. Göğüs üzerine kulak yerleştirilerek veya bir stetoskop aracılığıyla dinlenebilen bu sesler, kalbin çalışması hakkında önemli bilgi verirler. Sistol sırasında ventrikül içi basınç yükselmeye başlarken atrioventriküler kapakların kapanmasıyla **I. kalp sesi**, diastolde ise ventrikül içi basınç düşerken semilunar kapakların kapanması ile **II. kalp sesi** meydana gelir. Bu çok belirgin iki sesin yanısıra bazen, diastolde kanın ventriküllere hızla dolmasıyla oluşan düşük perdeli zayıf "üçüncü" bir ses ve atriyum kasılmasına bağlı "dördüncü" bir ses (atrial ses) duyulabilir.

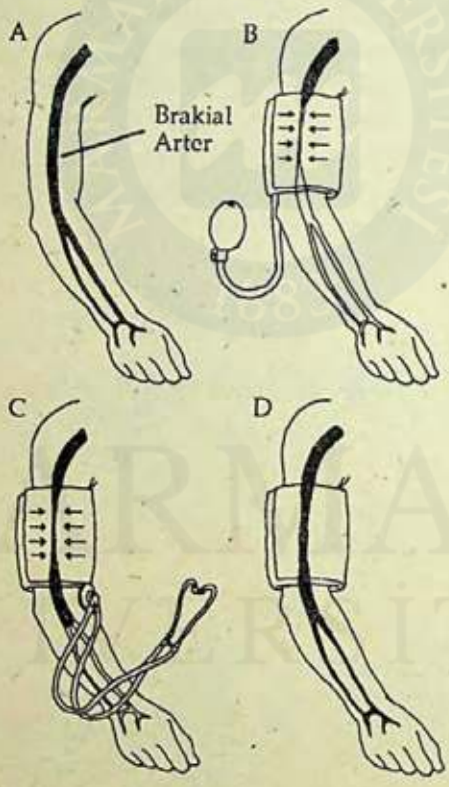


Şekil 6.4 Bir kalp devinimi sırasında geçen mekanik olaylar ve kalp seslerinin oluşumu.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kan Basıncı :

Damarların içinde dolaşan kanın damar çeperlerine uyguladığı basınca kan basıncı denir. Kalp kasıldığında bu basınç, damarlara atılan kanın etkisiyle yükselir. Bu sıradaki basınca **sistolik kan basıncı** denir; normal değeri 120 mm Hg'dir. Kalbin gevşeme döneminde ise damarlar içindeki basınç düşer. Bu sırada ölçülen basınca da **diastolik kan basıncı** denir ve değeri 80 mm Hg'dir (bak. Şekil 6.5). Sistolik ve diastolik kan basınçları, yaş, cins, ruhsal durum, vücut ağırlığı, çevre faktörleri, diyet, sindirim ya da fiziksel aktivite gibi faktörlere bağlı olarak değişiklikler gösterebilir. Ancak bazal şartlarda, istirahat halinde, sistolik kan basıncının 140 mmHg ve diastolik kan basıncının 90 mmHg'dan yüksek olması anormaldir ve bu duruma **hipertansiyon** denir.



Şekil 6.5 Brakial arter'den kan basıncı ölçülmesi. B. Sfignomanometre'nin manşonu şişirildiğinde brakial arterde dışarıdan uygulanan basınç nedeniyle kan akımı durur. C. Hava salınarak basınç yavaş yavaş düşürüldüğünde her sistolde daralmış arterden tazyikle geçen kanın yaptığı ses duyulmaya başlar. Bu sırada ölçülen basınç 120 mm Hg civarındadır. D. Basınç daha fazla düşürülüp yaklaşık 80 mm Hg'ya gelindiğinde damardan artık serbestçe geçmeye başlayan kan herhangi bir ses oluşumuna yol açmaz.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kan yoluyla taşınan gerekli besin maddeleri ile oksijenin dokulara ulaşabilmesi ve artık maddelerin dokulardan uzaklaştırılabilmesi, dokularda yeterli bir kan dolaşımının sürdürülmesine bağlıdır. Bunun için de kan basıncının belirli bir düzeyde sürdürülmesi, ayrıca vücudun gereksinimine uygun olarak gerektiğinde değiştirilmesi büyük önem taşır. Kan basıncını belirleyen iki önemli faktör, "kalp debisi" ve periferik damarlar tarafından kanın akışına karşı gösterilen "direnç"tir. Kalbin atım hacmi ve hızı arttıkça, debisi de artar. Bu da kan basıncını arttırır. Periferik damarların direncini belirleyen ise özellikle arteriollerin duvarında bulunan düz kasların gerginlik durumudur. Bu kaslar, hem sempatik sinir lifleri tarafından doğrudan, hem de sempatik sistem aktivitesi sonucu sürrenal medulladan salgılanan adrenalin ve noradrenalin tarafından kastırılırlar. Bu yüzden sempatik sistem aktivitesi arttığında, arteriollerin gerginliği ve sonuçta periferik direncin artması nedeniyle kan basıncı yükselir.

Kan basıncını değiştiren bu mekanizmalar refleks olarak ortaya çıkar. Bu reflekslerin başlamasında atriumlarda ve kalpten çıkan büyük damarlarda yerleşmiş basınca duyarlı **baroreseptörler** önemli rol oynar. Kan basıncı herhangi bir nedenle düştüğünde bu reseptörlerin uyarılması, beyin sapında bulunan kardiovasküler düzenleyici merkezleri etkileyerek refleks yoldan kan basıncının normale döndürülmesini sağlar.

Kan basıncının düzenlenmesinde böbrekler de önemli rol oynar. Kan basıncındaki düşmeler, böbrek kan akımında azalmaya yol açarak böbrekten **renin** adı verilen bir hormon salgılanmasına yol açar. Renin plazmada bulunan **anjiotensinojen**'i **anjiotensin I**'e çevirir. Anjiotensin I akciğerlerde bir enzim aracılığıyla **anjiotensin II**'ye çevrilir. Anjiotensin II arteriyollerde kasılmaya yol açarak kan basıncının yükselmesine neden olur.

Nabız:

Yüzeye yakın bir artere basınç uygulayarak palpasyon (elle muayene) yapıldığında, kalbin her sistolünde arterin genişlediği farkedilir. Bu, her sistolde aorta atılan kanın oluşturduğu bir basınç dalgasıdır ve "nabız" diye adlandırılır. Sıklıkla, dolaşım fonksiyonunu incelemek amacıyla radial arter'de nabız palpasyonu yapılır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Kalp Çalışmasının Düzenlenmesi:

Kalbin normal fonksiyonu vücudun gereksinimine uygun miktarda kan pompalamaktır. Çeşitli fizyolojik koşullarda değişen gereksinime göre kalbin attığı kan miktarı değişebilir. Kalp dakikada attığı kan miktarını normalin 3-4 katı kadar arttırabilir. Bu tür ayarlamada etkin olan mekanizmalar şunlardır:

Kalp boşluklarındaki kanın mekanik etkisi (**Starling Kanunu**): Kendisine gelen kanın miktarı arttıkça kalp kasının gerginliği artar ve lifleri uzar; gerginlik arttıkça miyokard daha kuvvetle kasılır; dolayısıyla perifere atılan kan hacmi de artmış olur (heterometrik otoregülasyon).

Kalbin önünde direnç artacak olursa (aort basıncının artması, kalp frekansının artması) kalbin yükü, işi artmış olur. Miyokard liflerinin uzunluğunun değişmemesine rağmen, bir kaç atımdan sonra miyokardın kasılabilirliği artar ve daha çok kan pompalanmış olur (homeometrik otoregülasyon).

Sinirsel kontrol:

Otonom sinir sistemi kalbin kontrolünde önemli bir yere sahiptir. Kalbe nervus vagus yolu ile gelen parasempatik sinirler, kalbi inhibe ederek kalp atımında yavaşlamaya yol açarlar. Bu sinirler aracılığıyla kalp, sürekli bir frenleme altında tutulur. Vagal kaynaklı bu inhibitör tonusa **vagal tonus** adı verilir.

Sempatik sinirlerin uyarılması ise kalp hızının, kasılma gücünün, uyarılabilme ve iletebilme yeteneğinin artmasına neden olur. Nervus vagusun uyarılması kan basıncının bir miktar düşmesine yol açarken sempatik sinirler kan basıncını yükseltirler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 7

SOLUNUM SİSTEMİ

Bu sistemin görevi, canlılığın sürdürülebilmesi için gerekli olan oksijenin sağlanması ve hücrelerin metabolik aktiviteleri sonucu açığa çıkan ürün olan karbondioksidin vücuttan atılmasıdır. Kanda taşınan karbondioksit konsantrasyonunu ayarlamak yoluyla solunum sistemi, vücut sıvıları asit-baz dengesinin düzenlenmesine de önemli katkıda bulunur.

Akciğerlerde solunum iki aşamada gerçekleşir:

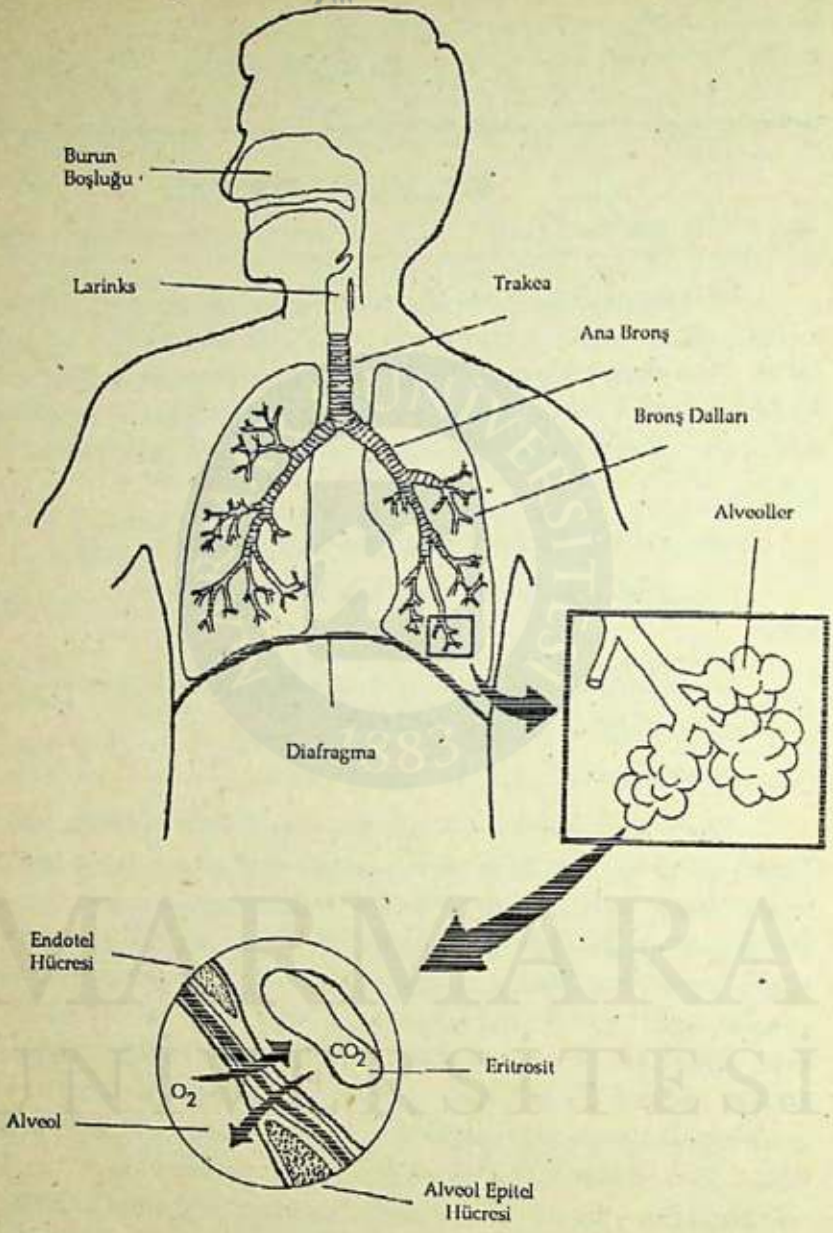
1. Atmosfer havasının alveollere kadar ulaşmasını içeren **ventilasyon.**

2. Alveollere ulaşan gazların alveolle ilişkide bulunan pulmoner kapillerlere geçişini sağlayan **difüzyon.**

Ventilasyon:

Solunum yollarının ilk bölümü olan burun boşluklarında alınan hava ısıtılıp nemlendirilir ve büyük partikülleri ayrılacak şekilde filtre edilir. Solunan hava daha sonra trakeadan aşağı bronşiollere iner ve alveol kanalları ile alveollere ulaşır. Alveoller, gaz değişiminin yapıldığı küçük hava kesecikleridir. Üzüm salkımına benzer bir görünüşü olan alveoller, tek katlı yassı epitelden oluşan ince bir hücre duvarı ile çevrilidirler. Bu duvar, alveolü dıştan çevreleyen akciğer kapiller damarlarının endoteli ile çok yakın temas halindedir. Bu yakın temas sayesinde alveol havasındaki oksijen, difüzyon ile kapillerlerdeki eritrositlere ulaşır (bak. Şekil 7.1). Dokulardan gelen karbondioksit de alveol havasına geçip oradan dışarıya atılır. Solunum yollarının alveollere kadar olan bölümlerinde gaz değişimi olmadığından bu bölüme **anatomik ölü boşluk** adı verilir. Bu şekilde her solukta bu bölümleri dolduran yaklaşık 150 ml. lik hava, gaz değişimine katılmayan havayı temsil eder.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 7.1 Solunum sistemi organları. Alveoller düzeyinde solunum havasıyla alveolleri çevreleyen kapillerler içindeki kan çok yakın temas haline gelir. Konsantrasyon gradientlerine uygun olarak, alveol havasında yüksek konsantrasyonda olan O_2 difüzyon yoluyla kana geçerek eritrositlerin hemoglobinine bağlanır. Kanda yüksek konsantrasyonda bulunan CO_2 ise difüzyon yoluyla alveol havasına geçer.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Alveoller akciğerleri pek çok bölmeye ayırarak gaz değişiminin çok geniş bir yüzey üzerinden olmasını sağlarlar. Alveollerin açık kalması normal gaz alışverişinin sürdürülebilmesi açısından önemlidir. Alveoller fiziksel yapıları nedeniyle ve buradaki hücrelerden salgılanan sıvıların yüzey geriliminin etkisiyle çökmeye eğilim gösterirler. Ama alveol epitelinden salgılanan ve **sürfaktan** adı verilen lipoprotein yapısında bir madde alveol sıvısının yüzey gerilimini azaltarak alveollerin açık kalmasını sağlar. Erken doğan (prematüre) bebeklerde ve bazı hastalıklarda sürfaktan eksikliği nedeniyle solunum güçlüğü ortaya çıkar. Sürfaktan yeterli olmadığı için açık kalamayan alveollerin solunuma katılamaması sonucu solunum yetersizliği ile bebeklerin yoğun bakıma gereksinimi olur.

Akciğerlere hava giriş çıkışını sağlayan soluma hareketleri şöyle olur: 1) diafragmanın yukarı ve aşağı hareketi sonucu göğüs boşluğu uzayıp kısalır, 2) kaburgaların yükselip alçalması ile göğüs kafesinin ön-arka çapı artıp azalır.

Soluk almaya **inspirasyon,** soluk vermeye ise **ekspirasyon** denir. İstirahat sırasında sadece diafragmanın kasılıp gevşemesi soluk alıp verme için yeterlidir. İnspirasyon sırasında diafragma kasılarak akciğerlerin alt yüzünü aşağı çeker. Ekspirasyon sırasında ise diafragma gevşer ve akciğerler elastik yapıları nedeniyle içlerindeki havayı dışarı verirler. Derin soluk alıp verme sırasında ise karın kasları da kasılarak ekspirasyona yardımcı olurlar.

Normal bir insan dakikada 12-14 kez soluk alıp verir ve her defasında yaklaşık 500 ml hava akciğerlere girip çıkar. Bu miktara **tidal hacim** adı verilir. 1 dakikadaki bütün tidal hacimlerin toplamına ise **total ventilasyon** ya da **dakika hacmi** denir. Dakikada yaklaşık 14 kez soluk alınıp verildiğine göre, dakika hacmi 500 x 14 = 7000 ml/dakikadır. Anatomik ölü boşluk nedeniyle bu hacmin tamamı gaz değişiminde kullanılmaz. O halde alveoler ventilasyon (difüzyon) havası (500-150) x 14 = 4900 ml/dakikadır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 7.2 Solunum hacim ve kapasiteleri

Zorlu bir inspirasyonla (skalen kaslar, sternokleidomastoid ve eksternal interkostaller kasıldığında) tidal hacime ek olarak yaklaşık 3000 ml daha hava akciğerlere alınabilir (**inspirasyon rezervi**). Benzer şekilde zorlu bir ekspiriumla da normal tidal hacime ek olarak yaklaşık 1200 ml kadar hava verilebilir (**ekspirasyon rezervi**). Plevral boşluklarda sürekli olarak bir negatif basınç olduğu için, akciğerler normal koşullarda kollabe olmazlar. Bu yüzden bir miktar hava her zaman akciğerlerde kalır ki buna **rezidüel hacim** denir. Miktarı yaklaşık 1200 ml.'dir. Rezidüel hacim en güçlü bir ekspirasyonla bile dışarı verilemez. Derin bir inspirasyonu takiben zorlu bir ekspirasyon yapılarak çıkarılan toplam hava miktarına **vital kapasite** denir. Yaklaşık 4800 ml. dir.

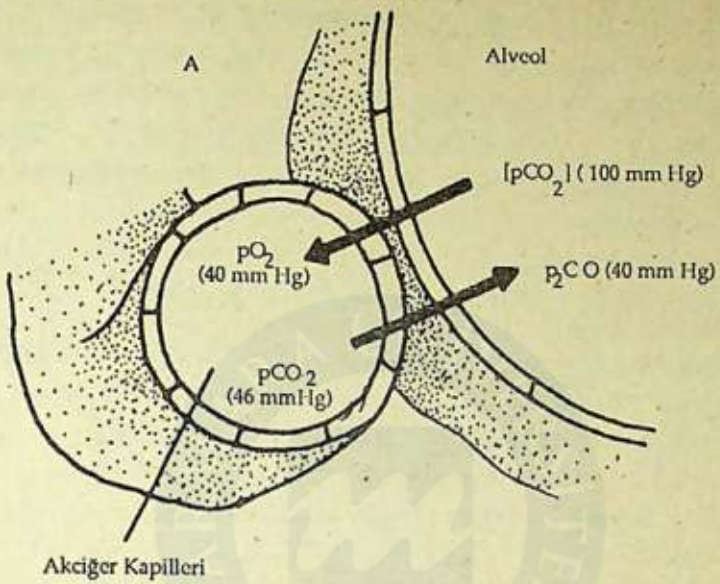
vital kapasite = tidal volüm + inspirasyon rezervi + ekspirasyon rezervi

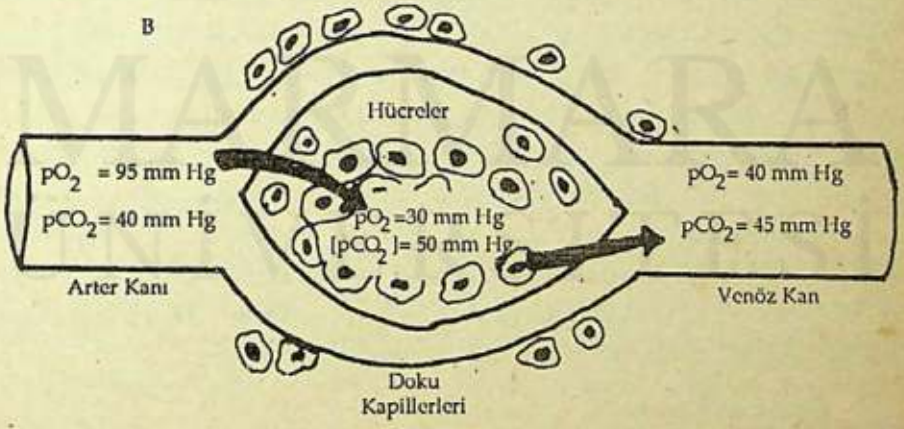
Vital kapasite ve rezidüel hacmin toplamına ise **total akciğer hacmi** denir ve 6000 ml kadardır.

Difüzyon:

Alveol havasıyla akciğer kapillerleri arasındaki O_2 ve CO_2 alışverişi difüzyon yoluyla olur. Bu difüzyon sırasında gazlar, alveolün içini döşeyen sürfaktan tabakası, alveol epiteli, hücrelerarası boşluk (interstisyel mesafe), kapiller endoteli ve eritrosit membranı'ndan geçerler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ





Şekil 7.3 A. Akciğerlerde kan ile alveol havası arasında ve B. dokularda kan ile hücreler arasında gaz alışverişi.

Alveol içinde CO_2'in parsiyel basıncı (pCO_2) 40 mmHg, O_2'in parsiyel basıncı (pO_2) ise 100 mmHg'dır. Sistemik dolaşımdan vena cavalarla sağ kalbe gelen ve pulmoner arterlerle akciğerlere ulaşan venöz kanda ise pCO_2 46 mmHg, pO_2 46 mmHg'dır. Parsiyel basınçları arasındaki yüksek farklılık nedeniyle O_2 kolaylıkla alveolden kana difüze olur. CO_2 parsiyel basınçları arasında ise O_2'e kıyasla çok az bir fark olmasına rağmen, CO_2 oksijenden yaklaşık 20 kez fazla difüzyon yeteneğine sahip olduğundan alveole kolaylıkla geçer. Bu şekilde yer değiştiren gazlar kan gazlarının bileşimini değiştirir. Akciğerlerden dönen kanda (pulmoner ven) pCO_2 40 mmHg'ya düşmüş, pO_2 ise 95 mmHg'ya çıkmış olur.

Pulmoner venle kalbe dönen arteriyel kan, aort ile sistemik dolaşıma karışır. Dokulara kapiller damarlarla arteriyel kan ulaştığında hücreler arası sıvıyla aralarında gaz alışverişi olur. Aktif hücrelerdeki pCO_2 45 mmHg, pO_2 ise 30-40 mmHg'dır. Bu nedenle O_2 hücreler arası sıvıya geçerken CO_2 de kapillerlere geçer. Dokulardan sistemik venöz dolaşım olarak sağ kalbe dönen kanın pCO_2'i 46 mmHg'ya yükselmiş, pO_2'si ise 40 mmHg'ya düşmüş olur.

Solunumun Kontrolü:

İnspirasyon kasları normalde ritmik olarak kasılıp gevşerler. Bu aktivite solunum kaslarının sinirlerle düzenli olarak uyarılmasına bağlıdır. Solunum kaslarının otomatik kontrolü beyin sapının alt bölümü olan medulla oblongata'da yerleşmiş **solunum merkezi** nöronları tarafından sağlanır. Bir bölümü medulla oblongata'nın ön bölümünde (santral) diğer bir bölümü ise kalpten çıkan büyük arterlerin çeperlerinde (periferik) yerleşmiş bulunan bazı hücreler, kan gazları ve pH'ya duyarlı olup **kemoreseptör** diye adlandırılırlar. Santral ve periferik kemoreseptörlerden kalkan sinirsel uyarılar medullaya ulaşarak solunum merkezini etkilemek suretiyle solunumda gerekli refleks değişikliklerin yapılmasını sağlarlar. Solunumun kontrolü bu yolla kanda pO_2, pCO_2 ve hidrojen iyonu homeostazına hizmet eder.

Asit-Baz Dengesi:

Normal fizyolojik işlevlerin sürdürülebilmesi için vücut sıvılarında bulunan hidrojen iyon konsantrasyonunun belirli sınırlar içinde sabit tutulması gerekir. Hidrojen iyonu konsantrasyonu pH ile ifade edilir ve

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

normal değeri 7.35-7.45 arasında değişir. Vücuttaki metabolik reaksiyonlar sonucu sürekli bir miktar hidrojen iyonu açığa çıkmaktadır. Ayrıca plazmada H_2O ile birleşerek karbonik asit şeklinde taşınan CO_2 önemli bir hidrojen iyonu kaynağıdır. Vücut sıvılarına eklenen fazla hidrojen iyonları "tampon sistemler" aracılığıyla dengelenir ve pH'daki değişiklikler engellenir. Ayrıca solunum ve boşaltım sistemleri de tampon sistemlerle birlikte vücut sıvıları pH'sının düzenlenmesine katkıda bulunurlar.

Başlıca tampon sistemler, hücre içinde ve plazmada bulunan proteinler ile bikarbonat-karbonik asit ve fosfat-fosforik asit sistemleridir. Bunlar arasında, proteinlerle olan tamponlama en etkin olanıdır. Bikarbonat-karbonik asit sistemi ise solunum ve boşaltım sistemleriyle yakından ilişkili olup bu sistemlerin çalışmasındaki değişikliklerle etkinliğini artabilir.

Vücut sıvıları pH'sının kontrolünde önemli bir sistem de solunum sistemidir. pH'nın düştüğü yani hidrojen iyonlarının arttığı durumlarda solunum uyarılır; artan solunum fonksiyonuyla birlikte daha fazla CO_2 atılır; böylece hidrojen iyon kaynaklarından biri vücuttan uzaklaştırılmış olur.

Böbreklerde hidrojen ya da bikarbonat iyonları atılımının düzenlenmesi de vücut sıvıları pH'sının belirli sınırlarda tutulmasında önemli bir faktördür. Öyle ki vücut sıvılarında çok fazla miktarda hidrojen iyonu bulunduğunda yani pH düştüğünde, böbreklerden daha fazla hidrojen iyonu atılır ve böylece pH normale döndürülür. Bu yolla pH düzenlenmesi solunum ve tampon sistemleriyle olan düzenlemeye göre biraz daha uzun zaman alır.

pH'nın normalden düşük olmasına **asidoz**, yüksek olmasına ise **alkaloz** denir. Asidoz ve alkaloz, pH'yı düzenleyen sistemlerin yetersizliği nedeniyle ortaya çıkabileceği gibi, vücuda fazla miktarda hidrojen iyonu alınması veya vücuttan kaybedilmesi ile de meydana gelebilir.

Solunum sisteminden kaynaklanan asidoz ve alkaloza **solunumsal asidoz** ya da **solunumsal alkaloz** denir. Asidoz veya alkaloz solunumla ilgili olmayıp metabolik değişiklikler sonucu ortaya çıkıyorsa buna da **metabolik asidoz** ya da **metabolik alkaloz** denir.

Örneğin, solunum yollarının yabancı bir cisimle tıkanması sonucu vücuttan atılamayan CO_2, hidrojen iyonu konsantrasyonunun artmasına ve **solunumsal** asidoz'a sebep olur. Böbrek yetmezliğinde ise, hidrojen iyonlarının böbrek yoluyla atılamaması sonucu hidrojen iyon konsantasyonunun artması metabolik asidoza sebep olur. Öte yandan mide içeriğinin çıkarıldığı kusma hallerinde, fazla miktarda hidrojen iyonu kaybedildiğinden metabolik alkaloz ortaya çıkabilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883
MARMARA ÜNİVERSİTESİ

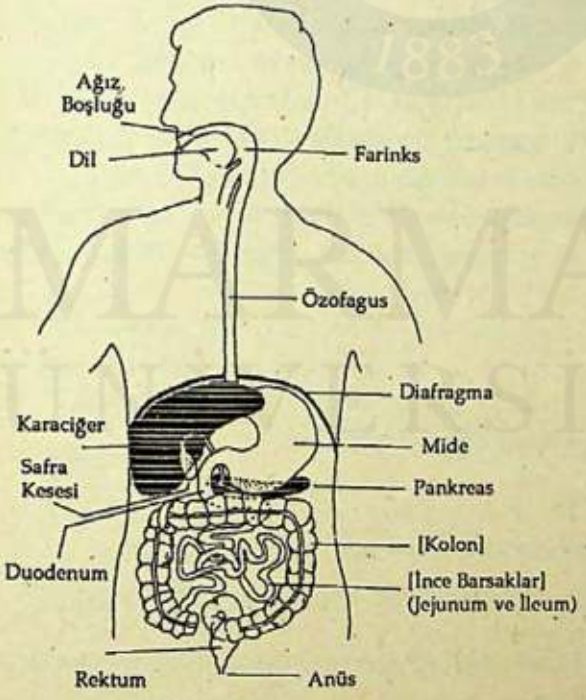
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 8

SİNDİRİM SİSTEMİ (GASTROİNTESTİNAL SİSTEM)

Bütün canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için enerjiye gereksinim duyarlar. Bu enerji doğada bulunan bitkisel ya da hayvansal organik besin maddelerinin kimyasal reaksiyonlarla parçalanması sonucu elde edilir. Fakat önce bu besin maddelerinin vücuda alınmaları ve sonra da vücutta yapı taşı olarak kullanılmaya elverişli hale getirilmeleri gerekir. İşte bu işlemler sindirim sisteminin görevidir.

Gastrointestinal sistem adı da verilen sindirim sistemi ağızdan başlayıp anüste sonlanan bir yoldur (bak. Şekil 8.1). Besin maddeleri bu yolda ilerledikçe türlü işlemlerle karşılaşırlar.



Şekil 8.1 Sindirim sistemi organları.

Ağız:

Sindirim sisteminin ilk bölümü olan ağızda, dişler, dil ve çene kaslarının çalışması yardımıyla besinler çiğnenir, küçük parçalara ayrılır ve öğütülür. Tükrük bezlerinden salgılanan tükrük salgısı besinleri yumuşatır, ıslatır, vücut sıcaklığına getirerek yutulmalarını kolaylaştırır. Tükrükte bulunan **müküs**, lokmanın kolayca kaymasını sağlar. Yine tükrükte bulunan **amilaz** enzimi ise besinlerdeki nişastayı kimyasal olarak sindirmeye başlar. Bir karbonhidrat olan nişasta, amilazın etkisiyle daha küçük yapı taşları olan **disakkaridlere** ayrılır. Tükrük ayrıca ağız içini temizler, bakterilerin üremesini kolaylaştıran artıkları ortadan kaldırır. Mikropların çoğalmasını engeller.

Vücuda zararlı bazı maddeler tükrük yoluyla itrah edilip vücuttan uzaklaştırılırlar. İyodür, bromür, cıva, kurşun gibi madenler; striknin, morfin ve kokain gibi alkaloidler ve bazı virüsler bunlar arasında sayılabilir.

Dişler, çiğneme fonksiyonuna uygun olarak düzenlenmiştir. Ön dişler (kesici dişler) güçlü bir kesici görevi yürütürken arka dişler (molar dişler) ezici ve öğütücü görev yaparlar. Tüm çene kasları kasıldığı zaman ön dişler 25 kg. azı dişleri ise 90 kg. kadar kuvvet uygulayabilirler. Çiğneme kaslarının çoğu 5. kafa sinirinin (nervus trigeminus) motor dalları tarafından inerve edilirler. Çiğneme, özellikle meyvalar ve kabuklu besinler için çok önemlidir. Çünkü bunların etrafı sindirilemiyen selüloz maddesiyle çevrilidir ve asıl besleyici bölümden faydalanılması için selülozun mekanik olarak parçalanması gerekir. Ayrıca besinlerin çok ufak parçalar halinde ezilmesi, gastrointestinal kanalın yüzeyini zedelenmekten korur.

Farinks (Yutak):

Sindirim sisteminin ağızdan sonraki bölümüne farinks denir. Farinks kasları lokmanın yutulmasına yardım eder.

Yutma 3 faza ayrılır:

1) İstemli faz: Yutma işlemini başlatır.

2) İstemsiz faz: Lokmanın farinksten ösofagusa geçişini sağlar.

3) Özofagus fazı: Bu da istemsiz bir faz olup besinin özofagustan mideye geçişini sağlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Özofagus (Yemek borusu):

Özofagus lokmanın farinksten mideye aktarılmasını sağlayan 25-26 cm uzunluğunda boru şeklinde bir organdır. Mideye açıldığı yer **kardia** adını alır. Kardia bölgesinde, özofagus kasları bir sfinkter (büzücü) şeklinde farklılaşmıştır. Bu sfinkter normalde kasılı durur ve midedeki besin maddeleri ile mide suyunun geriye özofagusa geçişini engeller. Yutma sırasında lokma bu bölgeye ulaşınca sfinkter gevşek ve lokmanın mideye geçişine izin verir.

Mide:

Yutulan besinler özofagus yoluyla mideye gelirler. Sindirim kanalının kese gibi genişlemiş bir bölümü olan midede besinler, bir süre duraklar ve çeşitli işlemlere tabi tutulurlar. Midenin yaptığı işler başlıca üç grupta incelenebilir:

1) Besinlerin "**kimus**" adı verilen yarı sıvı bir karışım oluncaya kadar mide salgılarıyla karıştırılması ve mekanik olarak sindirilmesi,

2) İnce barsakların fonksiyonlarını uygun şekilde yapabilmeleri için besinlerin mideden duodenuma yavaş boşalmasının sağlanması,

3) Emilim.

Mide salgısı: Mide bazal koşullarda 1-1.5 litre/gün, besin alınmasından sonra ise 2-4 litre/gün sıvı salgılar. Bu sıvı içindeki başlıca önemli maddeler **hidroklorik asit, pepsin** ve **intrensek faktör**dür. Hidroklorik asit proteinlerin parçalanmasında ve lokmanın sulandırılmasında rol oynar. Ayrıca yiyeceklerle birlikte mideye gelen mikropları öldürür. Pepsin midenin en önemli enzimi olup proteinlerin parçalanmasını sağlar. İntrensek faktör ise eritrosit yapımında gerekli olan B_{12} vitaminin emilimini sağlar.

Mide sekresyonu 3 dönemde oluşur: 1) Sefalik faz, 2) Gastrik faz, 3) İntestinal faz.

Sefalik faz: Bu fazla vagus siniri uyarılır. Lokmanın ağıza alınması ve çiğnenmesiyle başlayan mide faaliyetini temsil eder. Ayrıca çeşitli psişik faktörler (emosyon, hiddet, v.s.), duysal organlardan kalkan uyarılar, hipoglisemi v.s. vagus yoluyla mide salgısını uyarır. Bu uyarılma sonucu HCl ve enzimden zengin bir mide suyu salgılanır. Vagus siniri aynı zamanda midenin antrumundan "gastrin" hormonu

salgılanmasını da uyarır. Vagus ile gelen parasempatiklerin aksine sempatik sinirler mide sekresyonunu ve motilitesini azaltırlar.

Gastrik faz: Yutulan lokma mideye ulaştıktan sonra olan mide salgısıdır. Bu fazda mide HCl'den zengin, enzim yoğunluğu nisbeten düşük bir salgılama yapar. Mide salgısını uyaran maddeler arasında et, karaciğer, süt, yumurta, alkol ve alkaliler başta gelir. Mide duvarının gerilmesi de salgıya yol açar. Gastrik fazda mide bezlerinin direkt olarak değil, kan yoluyla uyarıldığı gösterilmiş ve kan yoluyla taşınarak mide bezlerini uyaran maddenin "gastrin" olduğu anlaşılmıştır. Gastrin başta midenin antrum bölümünden olmak üzere, doudenum ve pankreasın delta hücreleri tarafından salgılanır. Mide sekresyonu yanısıra tonus ve motilitesi üzerinde de etkilidir. Ayrıca, barsak, safra kesesi ve özofagus alt sfinkterini de kasar. Oddi sfinkteri ve ileoçekal valvülü ise gevşetir.

İntestinal faz: İnce barsağın üst bölümünde, özellikle duodenumda besin bulunması, mideden az miktarda salgıya neden olur. Besinlerin ince barsakta olması, **enterogastrik refleks** ile mide salgısı ve motilitesini inhibe eder.

Mide mukozasının zarar verici faktörlerden korunmasında müküs salınımı, gastrik mukoza bariyeri, mukozanın kanlanması rol oynar. Glikoprotein, mukopolisakkarit ve proteinler içeren mide müküsü, mide yüzeyini yapışkan bir tabaka halinde örter ve besinlerin mukoza üzerinden kolayca kaymasını sağlar. Ayrıca alkalen olduğundan asiditeyi nötralize eder.

Peptik Ülser:

Mide ve duodenum ülserlerine, mide suyunun mukozayı sindirmesi sonucu oluştukları için peptik ülser adı verilir. Bu ülserlerin % 80'i duodenumda yerleşir. Peptik ülserler klinik olarak ağrı, ekşime, yanma ve ileri durumlarda kanama ile kendilerini gösterirler.

PANKREAS:

Pankreas hem salgıladığı hormonlarla endokrin bir görev yürütür, hem de ekzokrin olarak duodenuma salgıyla sindirime katkıda bulunur. Pankreas salgısı duodenuma ulaşan kimusun uyarısıyla salgılanır. Bu salgı, protein, karbonhidrat ve yağ sindirimini sağlayan enzimler ile bol miktarda bikarbonat iyonları içerir. Bikarbonat iyonları mideden duodenuma boşalan asitli kimusun nötralize edilmesinde rol oynar. Prote-

olitik enzimler, **tripsin, kemotripsin, karboksipeptidaz, ribonükleaz** ve **deoksiribonükleaz**'dan ibarettir. Bunların içinde en bol olanı tripsindir. Tripsin ve kemotripsin, proteinleri çeşitli büyüklükte peptidlere parçalarlar. Karboksipeptidaz ise peptidlerden aminoasitleri ayırır. Nükleazlar ribonükleik asit ve deoksiribonükleik asitleri parçalar. Pankreas ayrıca yağların sindirilmesinde önemli olan **lipaz, kolesterol esteraz** ve **fosfolipaz** enzimlerini salgılar. Pankreasın salgıladığı **amilaz** enzimi ise, tükrükte bulunan amilaz gibi, karbonhidratların sindirilmesini sağlar.

Pankreas salgısı da mide salgısı gibi hem sinirsel hem de hormonal yollarla kontrol edilir. Ancak burada hormonal yol daha ön plandadır. Sinirsel yolda mide salgısının sefalik ve gastrik fazı ile aynı zamanda vagus yoluyla iletilen parasempatik uyarılar pankreasta salgı artışına sebep olurlar. Hormonal yolda ise kimusun ince barsağa girmesiyle birlikte ince barsaktan salgılanan **sekretin** hormonunun etkisiyle bol miktarda pankreas sekresyonu olur. İnce barsaktan salgılanan diğer bir hormon olan **kolesistokinin** ise pankreas salgısını daha da artırır. Sekretin, pankreastan yüksek konsantrasyonda bikarbonat iyonu fakat az miktarda enzim içeren bir salgı salgılanmasına sebep olur. Böylece mideden duodenuma boşalan asit kimus, nötralize edilerek pankreas enzimlerinin fonksiyonu için uygun pH ortamı sağlanmış olur. Pankreastan enzim salgılanmasını uyaran üçüncü bir hormon da, mideden salgılanan gastrin'dir.

KARACİĞER:

Ağırlığı 1500 gr kadardır. Karın boşluğunun sağ üst bölümünde, diyafragmanın altında yer alır. Sindirim kanalından gelen bütün toplardamarlar birleşerek önce karaciğerden geçerler.

Karaciğerin işlevleri şunlardır:

(1) Kanın depolanması ve filtrasyonu

(2) Vücuttaki çeşitli metabolik fonksiyonlar

(3) Safra oluşumu ve sindirim kanalına boşaltılması

(4) Toksik maddelerin etkisiz hale getirilmesi

(5) Vitaminlerin depolanması (özellikle A, daha az oranda D ve B_{12} vitaminleri)

(6) Demir depolanması

(7) Kan pıhtılaşmasında yer alan bazı faktörlerin yapımı

Karaciğerin metabolik fonksiyonları şunlardır:

Karbonhidrat metabolizması ile ilgili olarak 1) Glikojen depolama, 2) Galaktoz ve fruktozu glikoza çevirme, 3) Glikoneojenez.

Yağ metabolizması ile ilgili olarak: 1) Yağ asitlerinin yıkımı, 2) Lipoproteinlerin yapımı, 3) Kolesterol ve fosfolipid sentezi 4) Karbonhidrat ve proteinlerin yağa çevrilmesi.

Protein metabolizması ile ilgili fonksiyonları ise:

1) Aminoasitlerin parçalanması, 2) Üre oluşumu, 3) Plazma proteinlerinin yapımı, 4) Çeşitli aminoasitlerin birbirlerine dönüşümünün sağlanmasıdır.

Safra Salgısı :

Karaciğer hücreleri sürekli olarak az miktarda safra adı verilen bir salgı yaparlar. Yapılan bu safra, safra kesesinde depo edilerek gerektiğinde duodenuma akar. Günlük total safra sekresyonu 700-1200 ml.'dir. İnce barsağa gelen yağ ve kısmen proteinler, ince barsağın ilk bölümlerinden kolesistokinin adı verilen hormonun salınmasına neden olurlar. Bu hormon kana geçtikten sonra dolaşım yoluyla safra kesesine ulaşıp keseyi kasar ve bu sayede safra duodenuma geçer.

Safradaki en bol madde safra tuzlarıdır. Ayrıca bilirubin, kolesterol, lesitin ve elektrolitler içerir. Karaciğer hücreleri günde yaklaşık 0.5 gr. safra tuzu yapar. Kolesterol ise yiyeceklerle alınır ya da sentez edilir. Safra tuzlarının iki önemli görevi vardır. Bunlardan birincisi besinlerdeki yağlar üzerine olan deterjan etkileridir. Yüzey gerilimini azaltmak yoluyla yağların küçük damlacıklara parçalanmasına yardım eder. İkinci daha önemli görevi ise yağ asitleri, monogliserid, kolesterol ve öteki lipidlerin intestinal kanaldan emilimlerine yardım etmesidir. Safra tuzları bu görevi lipidlerle "miçel" adı verilen küçük kompleksler yaparak yürütürler.

Yağların absorpsiyonu yeterli olmadığı zaman yağda eriyen A, D, E ve K vitaminleri yeterince absorbe edilemez. Bu vitaminlerin eksikliğine bağlı çeşitli bozukluklar; örneğin sentezleri karaciğerde K vitaminine bağlı olan pıhtılaşma faktörlerinin (protrombin, F VII, F IX, F X)

sentez edilememesi nedeniyle pıhtılaşma bozuklukları ortaya çıkar. Barsağa geçen safra tuzlarının büyük çoğunluğu reabsorbe olur ve portal kana geçerek tekrar karaciğere döner. Safra tuzlarının bu dolaşımına **enterohepatik dolaşım** denir.

İNCE BARSAK:

Mide ile kalın barsak arasında yer alır. **Duodenum, jejunum** ve **ileum** adlarını alan bölümleri vardır. Jejunum ve ileum mukozası üzerinde villus adı verilen küçük kabartılar bulunur. Bunlar, ince barsak yüzeyini genişleterek emilimi artırırlar. Mukozanın altında bulunan bağ dokusu içinde barsak salgıları yapan bezler vardır. İnce barsak salgısı hafif alkalik bir sıvı olup villuslar tarafından hızla absorbe edilir. Bu salgı içinde çeşitli enzimler yer alır. Bunlar:

1) Peptidleri aminoasitlere kadar parçalayan **peptidazlar,**

2) Disakkaridleri monosakkaridlere parçalayan **sakkaraz, maltaz, izomaltaz** ve **laktaz,**

3) Nötral yağları gliserol ve yağ asitlerine parçalayan **intestinal lipaz**'dır.

KALIN BARSAK:

Başlangıç kısmına **çekum (kör barsak)** adı verilir. Buradan sonraki kısım ise 4 bölüme ayrılır: **çıkan kolon, transvers kolon, inen kolon ve sigmoid kolon.** İleum ile çekum arasında yer alan kapağa ileoçekal valvül adı verilir. Bu kapak besinlerin geçişini düzenler. Çekum üzerinde 8-10 cm. uzunluğunda **appendiks** denilen bir yapı bulunur. Appendiksin iltihabına appendisit denir. Kalın barsağın anüsten önceki düz kısmına **rektum** adı verilir. Kalınbarsağın tüm uzunluğu 1.40-1.80 m.'dir. Kalın barsak mukozası, ince barsak mukozasından farklı olarak villus içermez. Aynı şekilde, epitel hücrelerinde hemen hemen hiç enzim bulunmaz. Bunun yerine hemen tamamen sadece **müsin** salgılayan müköz hücrelerle kaplıdır. Bu nedenle kalın barsak salgısının büyük bölümü müsindir. Müsin, barsak çeperini irritasyonlara karşı korur ve feçesin şekillenmesini sağlar.

SİNDİRİM VE ABSORPSİYON

Vücut için gerekli besinler, vitamin ve mineral gibi az miktarlarda bulunan maddeler dışında esas olarak karbonhidrat, yağ ve proteinlerdir. Bu maddeler gastrointestinal mukozadan sindirim işleminden geçerek absorpsiyona uğrarlar.

Karbonhidrat Sindirimi:

Karbonhidrat sindirimi ağızda başlar. Çiğneme sırasında parotis bezinden salgılanan amilaz nişastayı bir disakkarid olan maltoz ve diğer moleküllere hidroliz eder. Ancak besinler ağızda oldukça kısa bir süre kaldıklarından yutuluncaya kadar nişastanın ancak % 3-5 kadarı parçalanır. Amilazın etkisi besinler mideye girdikten sonra fundusta mide salgısı ile karışıncaya kadar devam eder, daha sonra mide salgısının asit özelliğinden dolayı sona erer. Pankreas salgısı da tükrük gibi amilaz içerir. Karbonhidratlar incebarsağa girince pankreastan gelen bu enzim, parçalanmamış nişastanın tamamını parçalar. İncebarsağı kaplayan epitel hücrelerinde laktaz, sakkaraz, maltaz ve izomaltaz olmak üzere 4 tip enzim bulunur. Bu enzimler sayesinde disakkaridler, laktoz, sakkaroz, maltoz ve diğer monosakkaridlere parçalanır. Sindirim ürünü olan monosakkaridler portal vene absorbe olurlar. Karbonhidrat sindiriminin son ürünü % 80 oranında bir monosakkarid olan glikozdur.

Yağ Sindirimi:

Diyetteki yağların büyük bölümü trigliserid olarak bilinen nötral yağlardır. Nötral yağlar hem hayvan hem de bitki kaynaklı besinlerde bulunur. Günlük diyette az miktarlarda fosfolipid ve kolesterol de bulunmaktadır.

Yağ sindiriminin büyük bölümü ince barsakta gerçekleşir. İlk basamak yağ taneciklerinin çok küçük parçalara ayrılarak enzimlerin etki etmesinin sağlanmasıdır. Karaciğerin safra salgısı ile gerçekleştirilen bu olaya yağların emülsiyon haline getirilmesi denir. Burada özellikle safranın bileşiminde bulunan safra tuzlarının rolü büyüktür.

Yağ sindiriminde en önemli enzim, pankreas salgısında bulunan pankreas lipazıdır. Ayrıca incebarsaktan salgılanan az miktardaki intestinal lipaz da benzer şekilde yağları hidrolize eder. Böylece trigliserid-

lerin parçalanması ile serbest yağ asitleri ve monogliseridler oluşur. Bunlar hemen safra tuzlarının oluşturduğu miçellerde erirler ve incebarsak mukozasından emilirler.

Kolesterol ve fosfolipidlere gelince, bunlar pankreas salgısında bulunan lipaz ile serbest yağ asitlerine hidrolize olurlar ve yine safra tuzlarının yardımı ile ince barsak mukozasından emilirler.

Protein Sindirimi:

Proteinler birbirlerine peptid bağlarıyla bağlı uzun aminoasit zincirlerinden oluşmuştur. Sindirimleri midede başlar. Midenin en önemli enzimi olan pepsin pH 2-3 civarında en yüksek etkiye sahiptir. Bu nedenle pepsinin proteinler üzerindeki sindirim etkisi mide sıvısının asitli ortamında gerçekleşir. Hidroklorik asit sayesinde pepsin aktivitesi için uygun ortam sağlanmış olur. Protein sindirimi incebarsaklarda pankreas salgısının proteolitik enzimleri olan tripsin, kemotripsin, karboksipeptidaz etkisiyle devam eder. Böylece dipeptidlerine ayrılan proteinler bu kez de incebarsak salgısında bulunan enzimlerin etkisine maruz kalırlar. Bunlar aminopeptidaz ve dipeptidaz enzimleri olup dipeptid ve polipeptid bağlarını hidrolize ederler. Ortaya çıkan aminoasitler de absorbe edilerek dolaşıma katılırlar.

Dışkı (Feçes) Oluşumu:

Günde yaklaşık 1500 ml. kadar kimus kalınbarsağa geçer. Kimustaki su ve elektrolitlerin çoğu kolonda absorbe olur. Absorpsiyonun büyük bölümü kolonun ilk yarısında gerçekleşir. Kalın barsağın son bölümüne geldiğinde suyunu kaybetmiş ve oldukça katı bir kıvam almış içerik, burada depolanır. Absorpsiyon işlemi sonucu geride kalan artık maddelere feçes adı verilir. Feçesi oluşturan katı maddeler arasında ölü bakteriler, yağ, inorganik maddeler, protein, sindirilmemiş kaba maddeler ve dökülmüş epitel hücreleri bulunur. Bilirubinden gelen sterkobilin ve ürobilin feçese rengini veren maddelerdir. Kokusu ise bakterilerin etkisiyle oluşan ürünlere bağlıdır. Dışkı kütlesinin yaptığı basınç mukozada bulunan reseptörleri uyararak dışkılama (defekasyon) refleksini başlatır. Refleks yolla kalınbarsakta ilerleyen feçes anüs sfinkterinin gevşemesi ile vücut dışına atılır. Dışkılama refleksi beyin korteksinden gelen sinirsel uyarılarla kontrol edilebilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

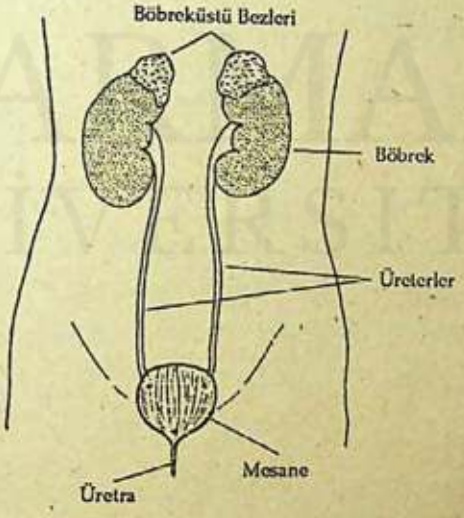
BÖLÜM 9

BOŞALTIM SİSTEMİ (ÜRİNER SİSTEM)

Çeşitli metabolizma olayları sonucu açığa çıkan artık maddeleri vücuttan uzaklaştıran sisteme boşaltım sistemi adı verilir. Artık ürünleri vücuttan uzaklaştırmasının yanı sıra boşaltım sistemi, kontrol edilebilen süzme fonksiyonu sayesinde, plazmanın ve dolayısıyla bütün vücut sıvılarının bileşimini ve miktarını denetler. Örneğin, vücuda fazla su alındığında, daha sulu bir idrar çıkarılarak vücuttaki su miktarının değişmesi önlenir. Benzer şekilde, fazla tuzlu bir diyet uygulandığında idrarla bol miktarda tuz atılır; vücut sıvılarında erimiş halde bulunan maddelerin yoğunluğu sabit tutulmaya çalışılır.

Birçok ilaç ve onların metabolizma artıkları da üriner sistem yoluyla vücuttan atılır. Bu yüzden, üriner sistemin hastalıklarında ilaçların vücuttan atılımı aksayabilir ve bu hallerde ilaçların dikkatle kullanılması gerekir.

Boşaltım sistemi, **böbrekler, üreterler, mesane** ve **üretra**'dan oluşur (bak. Şekil 9.1).



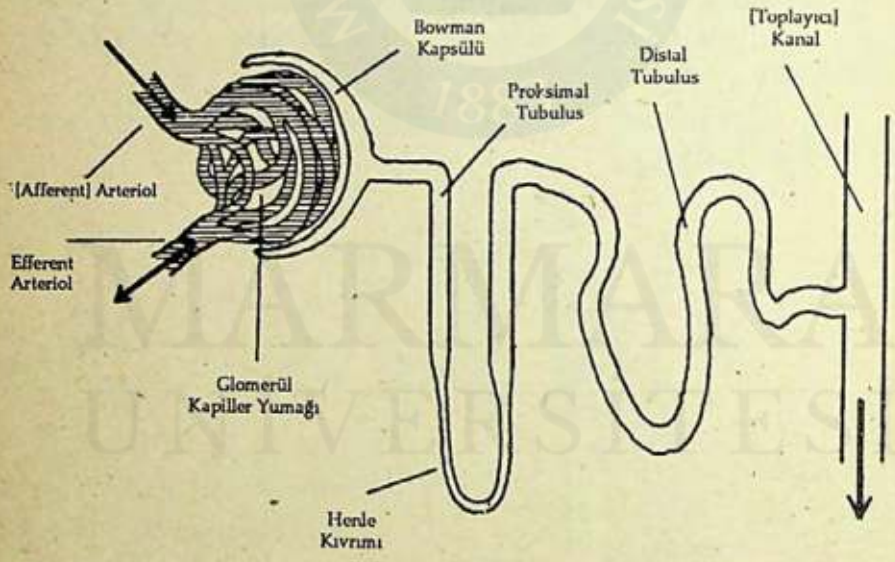
Şekil 9.1 Boşaltım sistemi organlarının anatomik yerleşimi.

BÖBREKLER:

Böbrekler omurganın iki yanında, peritonun arkasında yerleşmiş organlardır. Dışta korteks, içte medulla olmak üzere iki bölümleri vardır. Böbreğin temel işlevsel birimi **nefrondur** (bak. Şekil 9.2). Herbir böbrekte 1,2 milyon kadar nefron bulunur. Uzun tubuler bir yapıya sahip olan nefronun iki bölümü vardır:

(1) Sıvının filtrasyona uğradığı **glomerül,**

(2) Filtre olan sıvının idrar haline dönüştürüldüğü **tubuluslar.**



Şekil 9.2 Nefron ve bölümleri.

Glomerül, çok sayıda kapillerin oluşturduğu bir yumak olup, **Bowman kapsülü** adı verilen bir yapı ile sarılmıştır. Glomerül yumağı, nefrona gelen **afferent arteriol**'ün çok sayıda kapiller damara dallanmasıyla oluşur. Sonra yumak içindeki bu kapillerler tekrar birleşip **efferent arteriol**'ü yaparlar. Böbreklere bir dakikada gelen kan hacmi yaklaşık 1200 ml. olup bu miktar kalp dakika hacminin % 25'ini oluşturur. Bowman kapsülünden sonra gelen tubulus kısmını oluşturan bölümler ise sırasıyla **proksimal tubulus, Henle kıvrımı, distal tubulus** ve **toplayıcı kanaldır**

Glomerüler Filtrasyon:

Glomerülde bulunan sıvının Bowman kapsülüne geçişine "**glomerüler filtrasyon**", filtrasyona uğrayan sıvıya ise "**glomerüler filtrat**" denir. Filtrasyonun gerçekleştiği glomerüler kapillerlerin membranı kan hücrelerini ve yüksek molekül ağırlıklı plazma proteinlerini geçirmez ancak plazmanın diğer çözünmüş maddeleri ve sıvı bölümü buradan rahatlıkla filtre olabilir. Bu yüzden glomerüler filtrat, çok az miktarda protein içermesi dışında plazma ile aynı özellikler taşır.

Her iki böbreğin tüm nefronlarında dakikada oluşan glomerüler filtrat miktarına **glomerüler filtrasyon hızı (GFR)** adı verilir. Normal bir insanda bu değer yaklaşık 125 ml/dak.'dır. Bu filtratın %99'u tubuluslar boyunca reabsorbe olurken kalan kısmı idrar şeklinde atılır. Glomerüler filtrasyon hızını belirleyen üç önemli faktör vardır. Bunlar:

(1) Glomerüler kapiller içi basınç

(2) Plazma kolloid ozmotik basıncı

(3) Bowman kapsülündeki basınç'tır.

Bunlardan ilki, sıvının kapiller membrandan Bowman kapsülüne filtrasyonunu arttırıcı yönde etki yaparken diğer ikisi ters yönde etki yaparlar. Sonuçta net filtrasyon basıncı şu şekilde ifade edilir:

Filtrasyon Basıncı = Glomeruler Basınç - [Glomerüler Kolloid Ozmotik Basınç + Bowman Kapsülü Basıncı]

Bazı maddeler glomerüllerden filtre olduktan sonra tubuluslardan herhangi bir işleme tabi tutulmadan geçtikleri halde bazı maddeler ge-

riye kan dolaşımına alınırlar (**reabsorpsiyon**); bazıları ise kandan tubuluslara itrah edilirler (**sekresyon**). Sonuçta idrar olarak atılan, filtrasyon, sekresyon ve absorpsiyon aşamalarından geçmiş artıklar ve vücuda yararı olmayan ya da fazla olan maddelerdir.

Böbrek fonksiyonlarının incelenmesinde çeşitli maddelerin klirenslerinden yararlanılır. **Klirens**, belirli bir zaman biriminde plazma hacmi olarak tanımlanır ve genellikle ml/dak. şeklinde ifade edilir. Eğer bir madde glomerülden geçtikten sonra tubulusta herhangi bir işleme uğramıyorsa- yani geri emilmiyor ya da sekresyona uğramıyorsa- bu maddenin klirensi, glomerüler filtrasyon hızının bir ölçüsü olacaktır. İnülin bu çeşit bir maddedir. İntravenöz yoldan verildiğinde, glomerüllerden kolayca filtre olur ve hiçbir değişikliğe uğramadan tubuluslardan geçer. Buna karşılık glomerüler filtrasyonun ölçüsü olarak klinikte çoğu zaman endojen kreatinin klirensi kullanılır. Kreatinin normal kas metabolizması sonucu vücutta sürekli oluşan bir maddedir ve böbreklerle atılır. Vücuda dışarıdan verilmesi gerekmez ve plazma ile idrardaki konsantrasyonlarının ölçülmesiyle kolaylıkla klirensi hesaplanabilir.

Tubuler Fonksiyonlar:

Tubuluslar, basit bir aktarıcı boru sistemi olmayıp, duvarlarını oluşturan epitel hücrelerinin etkinlikleri sonucu, Bowman kapsülünden süzülüp gelen sıvının bileşimini değiştirerek idrarın son şeklini almasını sağlarlar. Kan hacminde ve vücut için gerekli maddelerde ciddi bir kayıp olmasını engelleyebilmek için glomerüler filtrat sıvısı ve içinde çözünmüş olan birçok madde tubuluslar boyunca aktif transport ya da pasif difüzyon ile kan dolaşımına geri alınır (reabsorpsiyon). Filtrattaki herhangi bir maddenin tubuluslardan geçişi sırasında geri emilmemesi halinde o madde idrarın bileşimine girer ve idrarla atılır.

Aktif reabsorpsiyona uğrayan maddelerin taşınabilmeleri için enerjiye gereksinim vardır. Bazılarının taşınması tübüler epitel hücrelerinde bulunan taşıyıcı proteinler aracılığıyla olur. Sodyum, potasyum, kalsiyum, klorür ve bikarbonat gibi iyonlar ile glikoz, amino asit, protein ve ürik asit bu yolla tubulus hücrelerine oradan da peritübüler (tubullerin çevresindeki) dolaşıma alınırlar.

Su ve üre nin reabsorpsiyonunda enerjiye gereksinim yoktur; yoğun bulundukları lümenden basit difüzyon yoluyla tübüler hücreye ve oradan peritübüler kapillerlere geçerler. Kreatinin, potasyum ve hidrojen ise tübüllerde sekresyona uğrayan maddelerdendir. Glikoz glomerülden kolaylıkla filtre olabildiği halde normal koşullarda idrarda hiç glikoz bulunmaz. Çünkü proksimal tübül epitel hücrelerinde bulunan glikoz taşıyıcı moleküller sayesinde filtre olan tüm glikoz aktif olarak geri alınır. Ancak bu taşıyıcıların sayısı kısıtlıdır ve glikozla doygunluğa erişip daha fazla glikoz taşıyamayacak hale gelebilirler. Kan glikoz düzeyinin arttığı durumlarda (şeker hastalığı gibi) çok fazla glikoz glomerüllerden tübüllere filtre olarak geçer ve bu düzey geri emilimi sağlayan taşıyıcı moleküllerin kapasitesini aşarsa, idrarda glikoz çıkar. Bu durum kan glikoz düzeyi 180-200 mg/100 ml'den daha yüksek olduğunda ortaya çıkar. Geri alınma kapasitesinin üstündeki glikoz idrarla dışarı atılır. Bu duruma **glikozüri** denir.

Amino asitler de glikoz gibi proksimal tübül hücrelerinden aktif olarak geri emilirler ve eşik konsantrasyonları vardır. Yani belirli miktarın üstünde glomerüler filtrata geçen amino asitler, taşıyıcıları doygunluğa ulaşacağı için idrarla atılırlar.

Pürin metabolizması ürünü olan ürik asidin yaklaşık % 90'ı aktif olarak geri emilir.

Sodyum, potasyum, kalsiyum, klorür ve bikarbonat iyonları da tubuler sisteminin değişik bölgelerinde değişik miktarlarda aktif olarak reabsorbe olurlar.

Pasif reabsorpsiyon:

Su ve üre, tubulus boyunca pasif yolla reabsorbe olan maddelerdir. Glomerüllerden günde yaklaşık 180 litre kadar su filtre olduğu halde, bunun ancak 1,5 litresi geri emilmeden günlük idrar olarak dışarı atılır. Ancak, vücuttan diğer yollarla kaybedilen su ya da vücuda alınan su miktarına göre, çıkarılan idrar miktarı çok değişebilir. Örneğin çölde susuz kalan bir adamın günlük idrar miktarı 0,3 litreye kadar düşebilir. Suyun % 65'i proksimal tubulustan reabsorbe olur. Ayrıca distal tubulus ve toplayıcı kanalın suya karşı geçirgenliği ADH (Antidiüretik hormon) varlığına bağlı olarak değişir. Arka hipofizden salgılanan ADH, bu ka-

nalların suya karşı geçirgenliğini arttırır, su daha fazla geri emilir. Böylece su idrarla çıkarılmayıp vücutta tutulmuş olur. ADH salgısı azaldığında ise su reabsorbe edilmeyip idrarla dışarı atılır. Tubulusların diğer bir fonksiyonu da tubuler sekresyondur. Böylece bazı maddelerin plazmadan temizlenmesi gerçekleşir. Kreatinin, potasyum ve hidrojen sekresyona uğrayan maddeler arasında sayılabilir.

Özet olarak böbrek, vücuttaki metabolik olaylar sonucu açığa çıkan çeşitli organik (üre, kreatinin) ve inorganik (Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++} ve bikarbonat) maddelerin atılması ve bunların plazmadaki konsantrasyonlarının düzenlenmesi işlevini görür, H^+ sekresyonu yoluyla asit-baz dengesinin sağlanmasına yardımcı olur. Böbrek tarafından salgılanan hormon renin, kan basıncı düzenlenmesinde önemli bir faktördür (bak. kan basıncının düzenlenmesi, Bölüm 6). Ayrıca böbrekler eritropoetin sentezi yoluyla eritrosit miktarının düzenlenmesine katkıda bulunurlar.

Böbreklerde oluşan idrar, **üreterler** yoluyla mesaneye aktarılır. Mesane genişleme yeteneği olan, kas dokusundan yapılı torba şeklinde bir organdır. Torbanın altında **sfinkter** (bücüzü) işlev gören bir kas vardır. Mesane sfinkterinin kasılı durmasıyla idrar mesanede birikip depolanır. İdrar miktarı belirli bir seviyeye ulaştığında, mesane duvarında yerleşmiş algılayıcı sinirlerin etkisiyle **miksiyon** (işeme) hissi ortaya çıkar. Sfinkter kas gevşeyerek mesane çıkış yolunu açar; mesane duvarını oluşturan kasların kasılmasıyla idrar **üretra** yoluyla dışarıya boşaltılır.

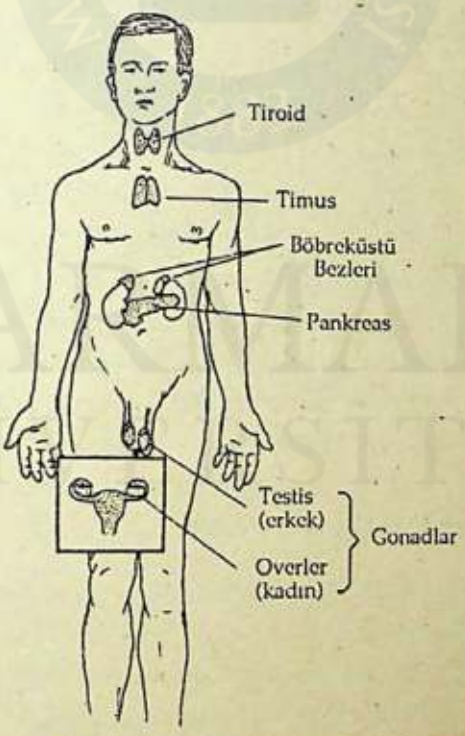
MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 10

ENDOKRİN SİSTEM

Endokrin sistem çeşitli özelleşmiş hücreler ve bu hücrelerden oluşan endokrin bezlerden meydana gelir. Bu hücrelerin salgıladıkları hormonlar dolaşıma karışarak dokulara taşınır ve bu dokuların fonksiyonlarının düzenlenmesini sağlarlar. Hormonların etki gösterdikleri hedef dokular, bir organ bölümü, bir organ ve hatta tüm organizma olabilir. Başlıca endokrin bezler, tiroid, böbreküstü bezleri, pankreas ile erkekte testisler ve kadında overler olmak üzere **gonadlar**'dır (bak. Şekil 10.1). Vücuttaki endokrin bezlerin büyük bir bölümü hipofiz bezinden salgılanan hormonlar tarafından kontrol edilir (bak. Şekil 10.2).



Şekil 10.1 Endokrin bezlerin vücuttaki yerleşimi. Bu bezlerin çoğunu kontrol eden hipofiz bezi bu şekilde gösterilmemiştir. (Hipofiz bezi için bak. Şekil 10.2).

Kimyasal bakımdan hormonlar üç temel gruba ayrılır:

1) **Steroid hormonlar :** Kolesterolden sentez edilirler. Steroid hormonların salgılandığı dokular şunlardır:

a- Böbreküstü bezi korteksi (kortizol ve aldosteron)

b- Overler (östrojen ve progesteron)

c- Testisler (testosteron)

d- Plasenta (östrojen ve progesteron)

2) **Tirozin deriveleri:** Tiroidden salgılanan tiroksin ve triiodotironin ile böbreküstü bezi medullasından salgılanan **adrenalin** ve **noradrenalin,** bir amino asit olan tirozinden sentez edilirler.

3) **Protein ve peptidler:** Geri kalan hormonların hemen hepsi protein ya da polipeptid yapısında veya bunların türevleridir.

Farklı endokrin bezlerin farklı hormon salgılama ve depo etme yöntemleri olabilir. Genellikle, sentez edilen hormon endokrin hücrenin sitoplazmasında granüler tarzda depo edilir. Sinirsel, hormonal ya da lokal bir sinyal hücreyi uyardığında salgılanır. Bazı hormonlar ilgili bezin stimülasyonundan sonra birkaç saniye içinde salgılanır, etkinliklerini de birkaç saniye ile birkaç dakika içinde gösterirler. Bazı hormonların etkilerinin tam olarak ortaya çıkması ise aylar sonra olur. Örnek olarak böbreküstü bezi medüller hormonları olan adrenalin ve noradrenalin, sinirsel uyarıdan hemen sonra salgılanmaya başlar ve stimülasyondan bir dakika kadar sonra da maksimum aktiviteye erişirler. Bu hormonlar lokal doku enzimleriyle ya da hücre içine girerek çok çabuk yıkılır ve etkilerini yitirirler. Diğer taraftan tiroid hormonları, salgılanmadan önce uzun süre depo edilirler. Salgılandıktan sonra da aktivitelerinin başlaması için bir süre geçmesi gerekir.

Hormonların salgılanma hızları organizma tarafından denetlenir. Bu denetim çoğu kez **negatif feed-back** denilen bir mekanizma ile gerçekleşir. Endokrin bez gereğinden fazla hormon salgıladığında hedef organ üzerinde gittikçe daha çok etkili olur. Bu durumda hedef dokudan kaynaklanan bazı faktörler geriye, endokrin beze ulaşarak bezin

salgısını azaltan negatif bir etki gösterirler. Böylece bezin sekresyon hızının kontrolü sağlanır.

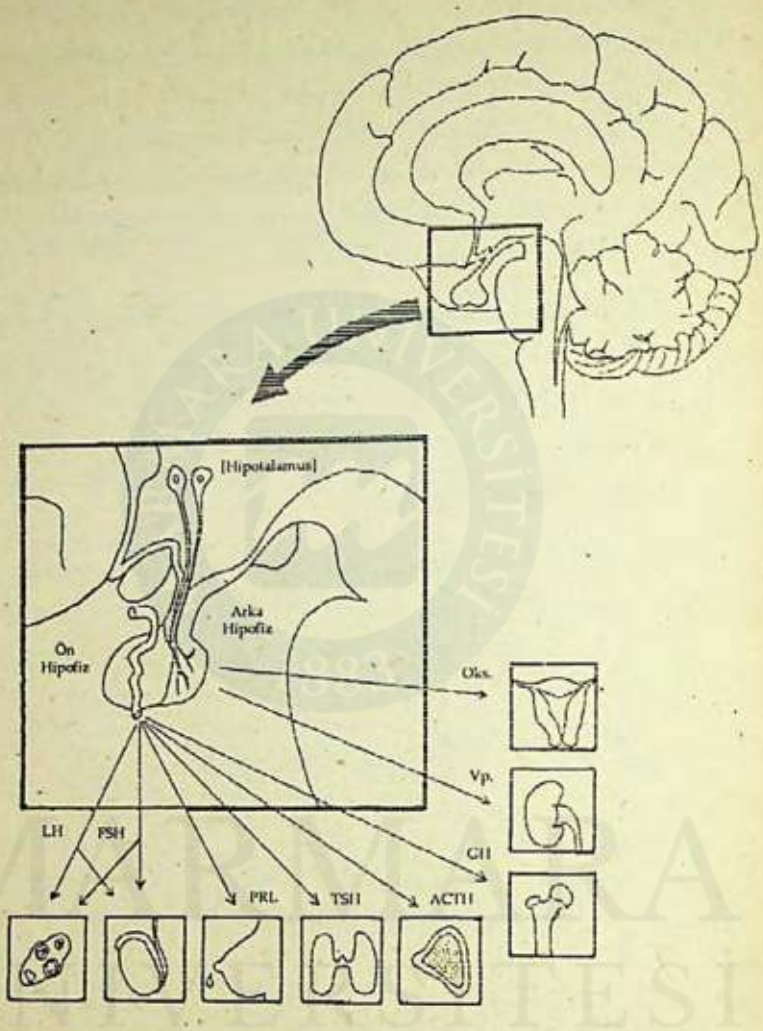
Hormonlar çeşitli hücresel, kimyasal reaksiyonları hücre yüzeyinde ya da hücre içinde bir **hormon reseptörü** ile birleşerek oluştururlar. Hormon reseptörlerinin hemen hepsi çok büyük proteinlerdir. Her reseptör genellikle tek bir hormon için özgündür. Kuşkusuz hormondan etkilenecek hedef doku ancak bu özgün reseptörleri taşıyan dokudur. Reseptöre bağlanan hormon bir dizi hücresel sistemin aktivasyonu sonucu hücrenin fonksiyonları başlatmasına neden olur.

Hormonların plazmadan temizlenmesi, dokular tarafından metabolik olarak yıkılma, dokulara bağlanma, karaciğer tarafından safra ile atılma ya da böbreklerden idrarla atılma yollarıyla gerçekleşir.

HİPOFİZ HORMONLARI:

Hipofiz beyin tabanında yer alan bir endokrin yapıdır. Bir sap ile **hipotalamusa** bağlıdır. **Ön** ve **arka hipofiz** olarak iki bölüme ayrılır. Bu iki bölüm arasında da bir ara bölüm yer alır. Hipofiz hormonları birçok vücut fonksiyonunun kontrolünde önemli rol oynarlar. Hipofiz arka lobundan hormon salgılayan hücrelerin gövdeleri hipotalamusta yerleşmiştir (bak. Şekil 10.2). Burada yapılan hormonlar nöronların aksonları boyunca aşağıya, hipofiz arka lobuna taşınır ve oradan salınırlar. Hipofiz ön lob hormonları ise hipofizdeki hücreler tarafından yapılır ve salınırlar. Ancak hipotalamus kaynaklı "salgılatıcı" ya da "inhibe edici" hormonlarla kontrol edilirler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 10.2 Hipofiz bezinin anatomik yerleşimi. Hipofiz ile hipotalamus ve kontrol ettiği organlar arasındaki ilişki. Ön ve arka hipofizden salınarak dolaşım yoluyla hedef dokularına ulaşan hormanlara : LH= Lutcinizan hormon, FSH= Folikül stimulan hormon (Bu iki hormonun hedef dokuları overler ve testislerdir.) PRL = Prolaktin (memeyi etkiler), TSH= Tiroid stimulan hormon (tiroid bezini etkiler), ACTH= Adrenokortikotrop hormon (böbreküstü bezi korteksini etkiler), GH= büyüme hormonu (kemikler başta olmak üzere bütün vücut dokularını etkiler), Vp = Vazopresin veya ADH (böbrek distal tubulus ve toplayıcı kanallarını, yüksek dozlarda sistemik arteriolleri etkiler), Oks = Oksitosin (uterusu ve meme dokusunu etkiler).

Hipotalamus, sinir sisteminde hemen her kaynaktan sinyaller alır. Ağrı, emosyonel değişiklikler, hoşa giden ya da gitmeyen kokular hatta kandaki besin, elektrolit, su ve çeşitli hormonların konsantrasyonları hipotalamusun çeşitli bölgelerini uyarır ya da inhibe eder. Böylece hipotalamus organizmanın iyilik durumu ile ilgili bilgilerin toplandığı ve değerlendirildiği bir merkez işlevi görür.

Hipotalamustan salınan salgılatıcı ve inhibe edici hormonlar şunlardır:

1) Tiroid-stimülan hormon salgılatıcı hormon (TRH): TSH'ın salgılanmasına neden olur.

2) Kortikotropin-salgılatıcı faktör (CRF): ACTH salgılanmasını sağlar.

3) Büyüme hormonu salgılatıcı hormon (GHRH): Büyüme hormonunun salgılanmasına neden olur. Ayrıca büyüme hormonu inhibe edici hormon (GHIH) un da büyüme hormonunun salgılanmasını inhibe ettiği bilinmektedir.

4) Lüteinizan hormon salgılatıcı hormon (LHRH): Hem lüteinizan hormon hem de folikül stimülan hormonun salınmasına neden olur.

5) Prolaktin inhibe edici hormon (PIF) : Prolaktin sekresyonunu inhibe eder.

Hipofiz Ön Lobu Hormonları :

1) **Büyüme Hormonu (GH):** Hemen tüm vücut hücre ve dokularının büyümesini sağlar.

2) **Adrenokortikotropik Hormon (ACTH):** Böbreküstü bezi korteks hormonlarının salınımını uyarır.

3) **Tiroid Stimülan Hormon (TSH):** Tiroid bezinden salınımı uyarır.

4) **Folikül Stimülan Hormon (FSH) :** Ovaryumlarda ovülasyondan önce foliküllerin gelişimini sağlar. Testislerde sperm oluşumunu hızlandırır.

5) **Lüteinizan Hormon (LH) :** Ovülasyonda önemli rol oynar ve ovaryumlardan dişi cinsiyet hormonlarının, testislerden testosteronun salınımını uyarır.

6) **Prolaktin :** Meme bezlerinin gelişimini ve süt salınımını hızlandırır.

Büyüme hormonu dışında, hipofiz ön lobunun tüm hormonları etkilerini hedef bezler (tiroid bezi, böbreküstü bezi korteksi, overler, testisler ve meme bezleri gibi) üzerinden gösterirler. Büyüme hormonu ise vücudun hemen tüm dokularında doğrudan etkili olur. Bu hormona **Somatotrop hormon (SH)** ya da **somatotropin** de denir ve hem hücrelerin büyümesini hem de mitozu artırarak çok sayıda hücrenin gelişmesini sağlar.

Büyüme hormonunun bu etkisinden başka metabolik etkileri de vardır:

1) Vücudun tüm hücrelerinde protein sentezini hızlandırır.

2) Yağ dokusundan yağ asitlerini mobilize ederek enerji elde edilmesi için kullanılmalarını sağlar.

3) Glikozun enerji elde edilmesi için kullanımını azaltır.

4) Glikojen depolanmasını arttırır.

Büyüme hormonunun kıkırdak ve kemik gibi iskelet elemanları üstüne olan etkisi, karaciğerde parçalandıktan sonra meydana gelen bileşikler yolu ile olur.

Uzun kemiklerin epifizlerinde bulunan kıkırdak plakları kapandıktan sonra bu kemiklerin boyları uzamaz ancak kalınlıkları artar. Bu nedenle ergenlik döneminden sonra aşırı büyüme hormonu şahsın boyunda bir uzamaya yol açmaz; uzun kemiklerde kalınlaşma ve irileşme ile orantısız bir büyüme ortaya çıkar.

Cücelik : Hipofiz ön lobu hormonlarının çocukluk çağında yetersiz olmasından kaynaklanır. Vücudun çeşitli bölümleri arasındaki oran normal olmakla birlikte gelişme hızı çok azalmıştır.

Jigantizm (Devlik) : Bazen büyüme hormonu üreten hücreler aşırı aktif duruma gelirler ve fazla miktarda büyüme hormonu salgılarlar. Kemikler de dahil olmak üzere tüm vücut dokuları aşırı büyür. Ergenlik çağı tamamlanmadan önce meydana geldiği için uzun kemiklerin epifizleri henüz kapanmamıştır ve şahsın boyu çok uzar.

Akromegali : Eğer aşırı büyüme hormonu sekresyonu ergenlik çağından sonra ortaya çıkarsa şahsın boyu daha fazla uzamaz. Bununla birlikte yumuşak dokular büyümeye devam eder ve kemiklerde kalınlaşma olur. Alt çene ileriye çıkar, alın öne doğru eğilir, dil, burun ve

ayaklar irileşir. Parmaklar kalınlaşır ve eller büyür. Omurgadaki değişmelerle kamburlaşma meydana gelir.

Hipofiz Arka Lobu Hormonları:

1) **Antidiüretik hormon (ADH):** Vücutta su tutulmasını sağlayan bir hormondur. Hücre gövdeleri hipotalamusun supraoptik nükleusunda yerleşmiş nöronlar tarafından sentezlenir. ADH yokluğunda böbreklerde toplayıcı kanallar ve distal tübülüsler hemen hemen tamamen suyu geçirmez duruma gelirler. Böylece suyun reabsorbsiyonu önemli ölçüde engellenerek idrarla atılımı artar. Vücut sıvıları içinde erimiş halde bulunan madde konsantrasyonu arttığı (**osmolarite**) zaman supra optik nükleus uyarılır, ADH salgısı artar. ADH kan yoluyla böbreğe giderek toplayıcı kanalların suya karşı geçirgenliğini artırır. Böylece daha fazla su geri emilir ve vücutta tutulmuş olur.

ADH ayrıca orta ve yüksek konsantrasyonlarda arterioller üzerinde güçlü bir kasıcı etki göstererek kan basıncını artırır. ADH sekresyonunu arttıran en güçlü uyaranlardan biri ağır kan kaybıdır. Bu durumda yüksek miktarlarda salgılanan ADH, böbreklerden su tutulmasına ve arteriollerde daralmaya yol açarak kan basıncının normal sınırlarda tutulmasını sağlar.

Travma, ağrı, anksiyete, morfin, nikotin, trankilizanlar gibi ilaçlar ve bazı anestetikler ADH salınmasına neden olurlar. Alkol ise ADH sekresyonunu inhibe eder. Bu yüzden alkol alındıktan sonra idrar miktarı artar.

Diyabetes İnsipidus : ADH salgılayan nöronların haraplanmasında görülür. Çoğunlukla hipotalamus ya da hipofiz tümörlerine bağlı olarak ortaya çıkar. Yetersiz ADH salınımı nedeniyle su böbreklerden geri emilemez ve idrar debisi çok artar. Dolaşım şoku ya da yeterli su alınmadığı durumlarda su kaybı ciddi problemler yaratabilir.

2) **Oksitosin :** Gebelikte serviksin stimülasyonu ile başlayan sinyaller hipotalamusa ulaşarak oksitosin sekresyonuna yol açar. Bu hormon uterusta, özellikle gebeliğin sonuna doğru güçlü bir kasıcı etki yapar. Plazma oksitosin içeriği, doğum sırasında özellikle son dönemde artış gösterir, bu da doğumu kolaylaştırır. Oksitosin ayrıca emzirme döneminde sütün alveollerden kanallara geçerek bebeğin sütü alabilmesini sağlar. Bunu miyoepitelyal hücrelerde kasılmaya yol açarak yapar.

TİROİD HORMONLARI

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tiroid bezi metabolizma üzerine etkili iki önemli hormon salgılar; **tiroksin ve triiodotironin.** Tiroid salgısının tamamen ortadan kalkması bazal metabolizma hızını normalin çok altına düşürürken aşırı tiroid salgısı bazal metabolizma hızını arttırır. Tiroid sekresyonu başlıca hipofiz ön lobundan salgılanan TSH tarafından kontrol edilir.

Tiroid hormonlarının vücutta iki önemli etkisi vardır:

1) Metabolizma hızının artırılması

2) Çocuklarda büyümeye etkisi

Tiroid hormonları, beyin, retina, dalak, testis ve akciğer dışında vücudun tüm dokularında metabolik aktiviteyi artırırlar. Besinlerin enerji için kullanımları büyük ölçüde artar. Gençlerde büyüme hızlanır. Mental işlevler uyarılır ve diğer birçok iç salgı bezinin aktivitesi artar. Tiroid hormonlarının etkisiyle protein sentezinin artmasına bağlı olarak birçok intrasellüler enzimin miktarı artar. Tiroid hormonları hücrelerin çoğunda mitokondrilerin irileşmesine ve sayılarının artmasına da neden olur. Böylece hücre fonksiyonları için enerji kaynağı olan ATP'nin yapımı hızlanır.

Tiroid hormonunun büyüme üzerine olan etkisi gelişme çağındaki çocuklarda görülür. Bu hormonların yetersizliği durumunda büyüme önemli ölçüde geri kalır. Aşırı salgılanmada ise, sıklıkla iskelet büyümesi, boyun anormal derecede uzamasına yol açar.

Tiroid hormonlarının diğer bir etkisi fötal yaşamda ve postnatal dönemin ilk birkaç yılında beynin büyüme ve gelişmesini sağlamaktır. Tiroid hormon eksikliği ile doğan bebekler doğumdan sonra hemen tedavi edilmezlerse bu bebeklerde kalıcı mental yetersizlik meydana gelir.

Tiroid hormonu, karbonhidrat metabolizmasının her aşamasını hızlandırır; glikozun hücreler tarafından hızla alınmasını sağlar.

Tiroid hormonları etkisi ile yağ metabolizması da artar. Bu nedenle hormon üretiminin yükselmesi vücut ağırlığının azalmasına yol açar.

Tiroid hormonu etkisiyle kalp hızı ve debisi artar. Metabolizmanın yükselmesi oksijen tüketimi ve karbon dioksit oluşumunu artırır. Bu etkiler solunumun frekans ve derinliğini artıran mekanizmaları aktive eder. İştahın ve besin alımının artmasına ek olarak tiroid hormonları

gastrointestinal sistemde hem sindirim salgılarını hem de hareketlerini artırır. Bunun sonucunda diyare görülür. Hipertiroidili şahıslarda ileri derecede sinirlilik ve endişe gibi psikonörotik bozukluklar gelişir.

Hipertiroidizm : Tiroid hormonlarının fazla salgılanması sonucu hipertiroidizm denen klinik tablo ortaya çıkar. Belirtileri şunlardır: Ekzoftalmi (göz kürelerinin dışarı itilmesi), sıcağa tahammülsüzlük, aşırı terleme, kilo kaybı, diyare, kas zayıflığı, aşırı yorulma, sinirlilik, uykusuzluk, ellerde titreme.

Hipotiroidizm : Tiroid fonksiyonlarının çeşitli nedenlerle azalması sonucu hipotiroidizm adı verilen tablo ortaya çıkar. Başlıca belirtileri yorgunluk, aşırı uyku hali, kas tembelliği, kalp atım hızında azalma, kan hacminde azalma, vücut ağırlığında artma, kabızlık, mental ve fiziksel tembellik, derinin kabuklanması ve kılların büyümesinde duraklama, ileri dönemlerde tüm vücutta yaygın ödem (**miksödem**) olarak sayılabilir.

BÖBREKÜSTÜ BEZİ HORMONLARI:

Böbreklerin üst kutuplarında yer alan böbreküstü bezleri medulla ve korteks olmak üzere iki bölümden oluşurlar.

Medulla fonksiyonel olarak sempatik sinir sistemiyle ilişkilidir. Sempatik uyarıya cevap olarak adrenalin ve noradrenalin hormonlarını salgılar.

Korteksten iki önemli grup hormon salgılanır:

1) **Mineralokortikoidler**

2) **Glikokortikoidler**

Salgılanan mineralokortikoidler içinde en önemlisi **aldosteron**, glikortikoidler içinde ise **kortizol**'dür. Bunlara ek olarak az miktarda seks hormonu, özellikle androjenik hormonlar salgılanır.

Mineralokortikoidler, böbreklere etki ederek sodyum geri emilimini ve potasyum atılımını arttırırlar. Böylece vücutta su ve tuz tutulur. Aldosteron yetersizliği tedavi edilmediği takdirde ölümle sonuçlanır. Aldosteron salınımının arttığı durumlarda ise ekstraselüler sıvı hacmi artışıyla birlikte kan hacmi ve kalp debisi de yükselir. Bunun sonucu hipertansiyon gelişir.

Kortizol ve öteki glikokortikoidlerin en belirgin metabolik etkileri kan şekerini yükseltmeleridir. Karaciğer dışındaki tüm dokularda protein ve yağ yıkımını arttıracak mekanizmalarla bu etkiyi destekler. Stres sırasında salınımı artan kortizol, metabolik etkileriyle strese karşı mücadelede etkili olur. Kortizolün diğer bir etkisi de inflamasyonu inhibe etmesidir.

Kortizol salınımı hipofiz ön lobundan salgılanan adrenokortikotropik hormon (ACTH) ile kontrol edilir. ACTH'nın kontrolü ise hipotalamustan salgılanan kortikotropin salgılatıcı faktör (CRF) ile sağlanır. CRF, ACTH ve kortizolün sekresyon hızları sabahları yüksek, akşam geç saatlerde ise düşüktür.

Böbreküstü bezi korteksinden salınan seks hormonları içinde androjenler ve dişi seks hormonu olan progesteron ile östrojenler de bulunur. Adrenal androjenler intrauterin dönem ve çocuklukta erkek seks organlarının gelişiminde rol oynarlar. Ayrıca kadında da sekonder seks karakterlerinin ortaya çıkışından sorumludurlar.

PANKREAS HORMONLARI:

Pankreas başlıca iki tip dokudan oluşur.

1) Pankreasın ekzokrin bölümü: Duodenuma sindirim sıvısı salgılayan dış salgı kanalları (**asinuslar**)

2) Pankreasın endokrin bölümü: Kana doğrudan hormon salgılayan **Langerhans adacıkları.**

Adacıklardan salgılanan iki önemli hormon insülin ve glukagondur.

İnsülin : Yemeklerden sonra absorbe olan glikoz, hızla insülin salgılanmasına yol açar. İnsülin tüm dokularda, özellikle karaciğer, kas ve yağ dokusunda glikozun hızla hücre içine alınması, depolanması ve kullanılmasını sağlar. Yemek aralarında kan glikozu azaldığında karaciğer glikojeni, glikoza parçalanarak kana geçer ve kan glikoz düzeyinin fazla düşmesi önlenir.

İnsülin yokluğunda hücre içine giremeyen glikozun kan seviyesi ani artışlar gösterir ve yağ asitleri beyin dışında tüm dokuların kullandığı temel enerji kaynağı haline gelir. Bu esnada karaciğerde aşırı miktarda asetoasetik asit oluşur. Bu maddenin metabolitleri (**keton cisimcikleri**) vücut sıvılarında artar. Buna bağlı olarak **ketoasidoz** ve koma gelişebilir.

İnsülin salınımının kontrolü başlıca kan glikoz konsantrasyonu ile sağlanır. Kan glikozu normal açlık düzeyi olan 80-90mg/100 ml iken insülin sekresyon hızı minimaldir. Eğer kan glikoz konsantrasyonu yükselir ise insülin sekresyonu artar. Böylece insülin, enerji için karbonhidrat kullanımını artırırken yağların kullanımını engeller. İnsülin yokluğunda beyin dışındaki dokularda glikoz kullanımı azalarak yağların tüketimi artar.

Glukagon : Kan glikoz konsantrasyonu azaldığı zaman salgılanan bir hormondur. En önemli etkisi, insülinin tersine kan glikoz düzeyini yükseltmesidir. Kan glikoz konsantrasyonu glukagon sekresyonunun düzenlenmesinde de en önemli faktördür. Normal açlık değerinden hipoglisemik düzeylere inildiği zaman, glukagon sekresyonu artırılır. Glukagon karaciğerden glikozu mobilize ederek hipogliseminin düzeltilmesini sağlar.

Normalde kan glikoz konsantrasyonu çok dar sınırlar içinde kontrol edilir. Bunu kontrol eden feed-back sistemler, açlık ve tokluk sırasında salınan hormonların konsantrasyonlarını düzenleyerek hassas bir denge kurarlar.

Diyabetes Mellitus (Şeker Hastalığı): Langerhans adacıklarından insülin sekresyon hızının azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan bir hastalıktır. Bu hastalıkta, glikozun insülin eksikliği nedeniyle hücreler tarafından kullanılamaması sonucu kan glikoz konsantrasyonu 300-1200 mg/100 ml gibi yüksek değerlere çıkar. Anormal yağ metabolizması sonucu damar çeperlerinde lipid depolanmasıyla ateroskleroz oluşur.

Diyabette kanda artan glikoz idrarla dışarı atılır ve bu atılma esnasında suyu da beraber sürükler. Bu yüzden idrar miktarı artar. Böylece diyabetin önemli özelliklerinden biri olan hem ekstrasellüler hem de intraselüler dehidratasyon eğilimi ortaya çıkar ve bu etki sıklıkla dolaşım şokuyla sonlanır.

PARATİROİD HORMONU VE KALSİTONİN :

Organizmadaki tüm fonksiyonların sürdürülmesinde önemli rolü olan kalsiyumun plazma düzeyi paratiroidden salgılanan **parathormon** ve tiroidden salgılanan **kalsitonin** tarafından kontrol edilir. Parathormonun en önemli etkisi kemikler üzerinedir. Bu dokuda osteoklastik ak-

tiviteyi (kemik yıkımı) arttırarak kalsiyumun mobilize olup plazmaya geçmesini sağlar. Parathormonun diğer bir etkisi böbrek tubuluslarından kalsiyumun geri emilimini azaltmasıdır. Ayrıca böbreklerde D vitaminin aktif şekle dönüşümünü hızlandırarak dolaylı olarak barsaklardan kalsiyum emilimini arttırır. Tüm bu etkiler plazma kalsiyum düzeyini arttırma yönündedir.

Kalsiyum regülasyonunda rol oynayan kalsitoninin etkisi ise parathormona tamamen ters yöndedir. Yani, kemiklerde kalsiyum depolanmasını kolaylaştırır; kalsiyumun böbrek tubuluslarından geri emilimini azaltır; ince barsaklardan kalsiyum emilimini azaltır; sonuçta plazma kalsiyum düzeyi düşer.

SEKS HORMONLARI

Overler (bak. Kadın Üreme Sistemi, Bölüm 13):

1) **Östrojen:** Kadın cinsel organlarının gelişimini uyarır, **endometrial proliferasyona** neden olur, aynı zamanda sekonder seks karakterlerinin gelişmesini hızlandırır.

2) **Progesteron: Endometrial sekresyonu** uyarır; ayrıca meme bezlerinin süt salgılayan bölümlerinin gelişmesini hızlandırır.

Testisler (bak. Erkek Üreme Sistemi, Bölüm 12):

Testosteron: Erkek cinsel organlarının gelişimini uyarır ve sekonder seks karakterlerinin gelişmesini hızlandırır.

Gebelik Sırasında Plasentadan Salgılanan Hormonlar:

1) **İnsan Korionik Gonadotropini: Korpus luteumun** gelişiminin devamını ve buradan östrojen salınmasını sağlar.

2) **Östrojen:** Annenin çeşitli organlarında değişiklikler meydana getirirken fötüste de bazı dokuların gelişimini hızlandırır.

3) **Progesteron:** Fötüsün çeşitli doku ve organlarının gelişimini hızlandırır; annenin meme bezlerinde süt salgılayan bölümlerin gelişimini sağlar.

4) **İnsan somatomammotropini:** Bazı fötal dokuların büyümesini hızlandırır; annenin meme bezlerinin gelişmesine yardım eder.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 11

DUYU ORGANLARI

Dış dünyaya ait uyaranlar, ısı, ışık ya da ses gibi farklı enerji şekillerinde bulunur. Bu uyaranları algılayıp sinirsel sinyallere çeviren özelleşmiş hücrelere **reseptör** denir. Aynı tür uyaran biçimine duyarlı bir çok reseptör bir araya gelerek, yardımcı ya da destek başka tiplerdeki bazı hücre gruplarının da katılımıyla, oldukça kompleks, dış dünyayı daha mükemmel bir şekilde algılayan duyu organlarını oluştururlar. Böylece göz, görme duyusunu; burun, koku duyusunu; kulak, işitme ve denge duyusunu; dil, tat duyusunu; deri ise dokunma duyusunu algılamak üzere özelleşmiştir. **Proprioseptör** denilen ve yaygın olarak kaslar, tendonlar, eklem bağ ve kapsüllerinde bulunan reseptörler ise vücudun çeşitli parçalarının uzay içindeki durumunu, pozisyonunu algılarlar.

GÖZ:

Orbita çukuru adı verilen anatomik yapı içinde yer alan göz üç katmandan oluşur:

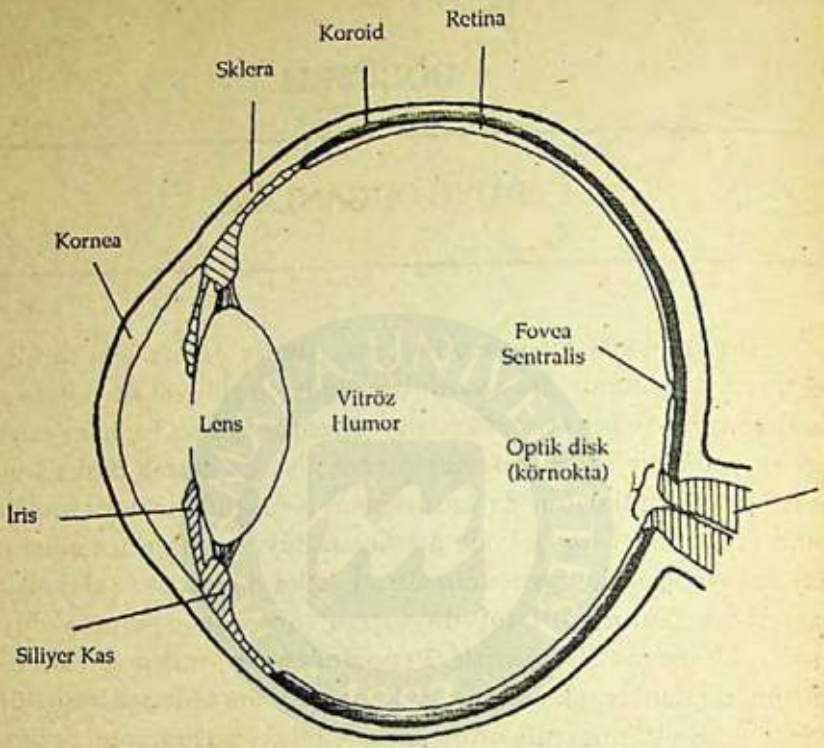
1- Dışta bağ dokusundan yapılı beyaz renkli **sklera,**

2- Ortada koyu renkte pigmentle kaplı, damardan zengin **koroid** tabakası.

3- En içteki **retina.**

Sklera'nın öndeki saydam bölümü **kornea** adını alır. Koroid'in öndeki bölümüne ise **iris** denir. İris, göze rengini verir. Ortasında ışığın göz içine geçtiği yol olan göz bebeği (**pupilla**) bulunur. İris ve pupilla'nın hemen arkasında göz merceği (**lens**) yerleşmiştir. Lens'in arkasında gözyuvarının ortasındaki geniş boşluk, **vitröz hümor** adı verilen camsı, saydam bir sıvıyla doludur.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Dışarıdan gelen ışık ışınları, kornea ve lenste kırıldıktan sonra vitröz hümor'u geçip, göz küresinin arka yarısında, retina üzerinde odaklanırlar.

Lens, **siliyer kaslar** ile kontrol edilerek şekil değiştirebilir. Siliyer kas kasıldığı zaman lens küresel bir hal alıp ışığı daha fazla kırar bir hale gelir. Bu durum sonunda **akomodasyon** adı verilen "yakına uyum" sağlanır.

İris' in görevi, karanlıkta genişleyerek göze gelen ışığı arttırmak, aydınlıkta ise daralarak ışığı azaltmaktır. Bu daralıp genişlemeler göz üzerine düşen ışığın şiddetine göre refleks olarak gerçekleşir (Pupilla Refleksi).

Retina üzerinde odaklanan ışık, burada bulunan ışığa duyarlı reseptörleri uyarır. Retinadaki reseptörler iki türlüdür. Karanlıkta görmeyi

sağlayan, siyah beyaz renkleri algılayıcı reseptörlere **rod**; kırmızı, yeşil ve maviye duyarlı, renkli görmeyi sağlayıcı reseptörlere ise **kon** adı verilir.

Göz sinirinin (nervus optikus) ve damarların göz küresine girip çıktığı bölge, rod ve konlar bulunmadığı için görme işlevine katılmaz ve **kör nokta** diye adlandırılır. Konların yoğun olarak bulunduğu **fovea sentralis** retinanın en duyarlı bölgesidir. Rodlar ise daha çok fovea sentralis'in periferinde bulunurlar. Bu reseptörler karanlıkta uyarılır. Gözün karanlığa adaptasyonunu sağlarlar.

Rodlarda **rodopsin** adı verilen bir kimyasal madde sentezlenir. Rodopsin yapımı için A vitamini gereklidir. Bu yüzden A vitamini eksikliğinde rodopsin yapılamaz ve rodların yetersiz fonksiyonu nedeniyle **gece körlüğü** meydana gelir.

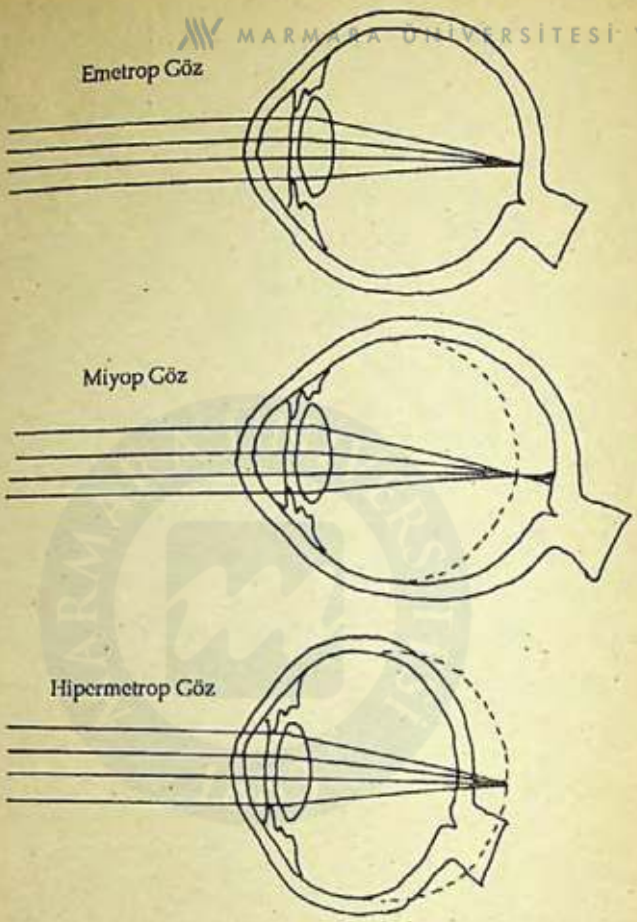
Retina üzerine düşen ışık daha sonra sinirsel sinyaller şeklinde nervus optikus ile beyin oksipital korteksinde bulunan görme merkezine taşınır. Böylece görme gerçekleşir.

Görme Kusurları:

Uzak objelerden gelen paralel ışınlar siliyer kas tamamen gevşemiş durumda iken retinada net fokus yapabiliyorsa o göz normal ya da **emetrop** kabul edilir (bak. Şekil 11.2).

Hipermetropi, yakındaki cisimleri iyi görememe kusurudur. Bu durum genellikle ya göz küresinin çok kısa olması ya da lens sisteminin yetersiz kırıcılığı nedeniyle ışınların retina üzerinde odaklaştırılamayıp retinanın arkasına düşmesi sonucu ortaya çıkar. Hipermetropi, ince kenarlı mercekler kullanılarak düzeltilebilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 11.2 Normal (emetop) gözde paralel gelen ışık ışınları kornea ve lens'de kırıldıktan sonra retina üzerinde odaklanır. Miyop gözde bu ışınlar retinanın önünde, hipermetrop gözde ise arkasında odaklanır.

Miyopi, yakındaki nesneleri görme, uzaktakileri görememe durumudur. Genellikle göz küresinin çok uzun olmasına bağlıdır. Fakat bazen lens sisteminin aşırı kırıcılığı nedeniyle de ortaya çıkabilir. Uzaktaki cisimlerden gelen ışınlar retinanın önünde odaklanır. Bu kusur paralel ışınların retina üstüne düşmesini sağlayacak kalın kenarlı mercekler ile giderilebilir.

Astigmatizm ise lensin farklı meridyenlerde farklı kırıcılık göstermesi nedeniyle ortaya çıkan, nesneleri bozuk şekilde ve düzensiz görme durumudur.

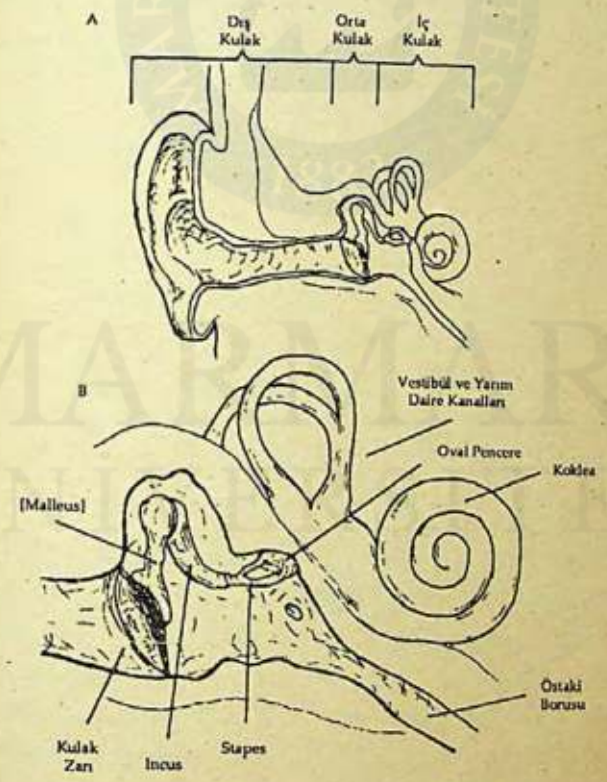
Retinada bulunan konlardan belli bir renge duyarlı olan tipinin eksikliğinde renk körlüğü ortaya çıkar. Kalıtsal olarak geçen bu hastalığın en çok görülen tipinde, kırmızı ve yeşil renkler birbirinden ayırtedilemez.

Yaşlılıkta lens, esnek özelliğini kaybederek sertleşir. Böylece küresel bir şekil alma yeteneği giderek azalır ve akomodasyon gücü zayıflar; bu nedenle yakın görme güçlükleri ortaya çıkar. Bu durumapresbiyopi denir.

KULAK

Kulak işitme ve denge duyularının oluşmasında görev alır. **Dış kulak, orta kulak** ve **iç kulak** olmak üzere üç bölümü vardır.

Dış kulak, sesi toplayarak orta kulağa aktarmak üzere özelleşmiştir. Dış kulağın bölümleri olan kulak kepçesi sesin toplanmasını, dış kulak yolu ise sesin orta kulağa aktarılmasını sağlar. Dış kulak yolunun içinde kıllar ve salgı bezlerinin açıldığı kanallar vardır. Dış kulak yolu sonunda **timpan zarı** (kulak zarı) bulunur.



Şekil 11.3 Kulak ve bölümleri. Koklea işitme, vestibül ve yarım daire kanalları ise denge fonksiyonuyla ilgilidir (açıklama için metne bakınız).

Orta kulakta **çekiç (malleus), örs (incus)** ve **üzengi (stapes)** adları verilen üç küçük kemikçik bulunur. Çekiç kemiğinin bir ucu timpan zarına, diğer ucu ise örs kemiğine yapışıktır. Örs kemiğinin boşta kalan ucu üzengiyle irtibattadır. Üzengi kemiğinin diğer ucu ise iç kulak ile orta kulağın arasında bulunan **oval pencere** ile ilişkidedir.

Orta kulak boşluğu, **Östaki borusu** adı verilen bir kanalla farinks'e bağlanır. Bu kanalın işlevi orta kulak boşluğu içindeki basıncı dış ortamla dengede tutmaktır. Üst solunum yolu enfeksiyonları sırasında gelişen ödem nedeniyle Östaki borusu tıkanabilir; basınç ayarlamasının yapılamaması nedeniyle kulakta basınç hissi duyulur.

Labirent diye de adlandırılan iç kulak, temporal kemiğin oluşturduğu karmaşık bir takım kanal ve boşlukları içerir. Kemik labirentin içinde bir de zardan yapılı labirent vardır. Kemik ve zar labirentlerin içinde sıvı bulunur. Labirentin **koklea** bölümü işitme, **vestibül** adı verilen bölümü ise denge fonksiyonuyla ilgilidir.

Koklea, salyangoza benzer şekilde kıvrımlar yapan bu boru gibidir. İçinde bulunan zarlarda yerleşen özelleşmiş işitme hücrelerinin oluşturduğu yapıya **Corti organı** adı verilir. Dışarıdan gelen seslerin orta kulak kemikçiklerinde oluşturduğu titreşimler, oval pencere yoluyla iç kulağın içindeki sıvıya aktarılır. Sıvının hareketi ise Corti organında yer alan reseptör hücrelerin tüysü uzantılarını hareket ettirerek, bu reseptörlerden kaynaklanan sinir uçlarında aksiyon potansiyelleri oluştururlar. Reseptörlerin sinir lifleri birleşerek işitme sinirini (nervus akustikus) yaparlar. Böylece sinirsel uyarımlara dönüştürülen sinyaller **n.akustikus** aracılığıyla beynin temporal lobunda bulunan **işitme merkezine** iletilir. Böylece ses işitilmiş olur.

Denge ile ilgili olan vestibülün üç bölümü vardır:

1) **Yarımdaire kanalları (canalis semicircularis)**, 2) **Utrikulus** ve 3) **Sakkulus**. Buralarda da yine kokleadaki gibi birtakım uzantıları olan, harekete duyarlı reseptör hücreler bulunur. Ancak bu hücreler yerleşimleri ve anatomik farklılıkları nedeniyle, ses dalgalarından değil, başın çeşitli düzlemlerdeki hareketlerinden etkilenerek sinirsel sinyaller üretirler. Bu reseptör hücrelerden kaynaklanan duyular denge siniri (**nervus vestibularis**) yolu ile beyne iletilir.

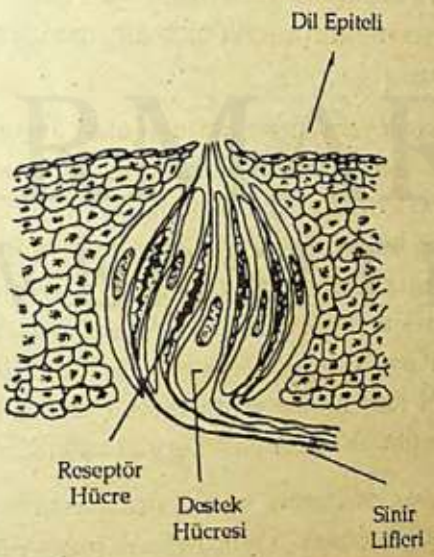
BURUN:

Burun, solunum yollarının ilk bölümünü oluşturur. Aynı zamanda koku alma organıdır. Koku algılayıcı reseptörler burun boşluğunun üst

bölümünde yerleşmiştir. Buraya koku bölgesi (**regio olfaktoria**) adı verilir. Koklama sırasında burun boşluğundan geçen hava, koku reseptörlerinin bulunduğu bu üst bölüme doğru sevkedilerek havadaki koku taneciklerinin, reseptör hücrelerin burun boşluğuna bakan yüzlerindeki ince, tüysü uzantılarla temas etmesi sağlanır. Koku reseptör hücrelerinin bazal kısmından ince sinir lifleri çıkar. Bu lifler toplanarak koku duyusunu sinir impulsu olarak taşıyan siniri (**nervus olfaktorius**; 1. kafa çifti) yaparlar. Nervus olfaktorius, alınan kokuyu sinirsel bir uyaran tarzında beyin temporal korteksinde bulunan koku merkezine götürür. Koku burada algılanır.

DİL:

Dilin üst yüzü çok katlı yassı epitel hücreleriyle kaplıdır. Bu epitel hücreleri arasında 10-20'lik kümeler halinde yerleşmiş, kimyasal maddelere hassas özel reseptör hücreler bulunur ki bunlara tat hücreleri denir. Tat hücrelerinin oluşturduğu kümelere **tat tomurcuğu** adı verilir. (bak. Şekil 11.4). Tat tomurcukları, dilin üst yüzünde ve daha az sayıda dağılmış olarak yumuşak damak ve farinksin değişik yerlerinde bulunurlar.



Şekil 11.4 Bir tat tomurcuğunun kesiti.

Ağıza alınan besin maddelerinin tükrük içinde eriyen molekülleri, tat hücrelerinin yüzeyinde bulunan tüysü uzantıları aktive eder. Daha sonra uyarı, reseptör hücrelerden kaynaklanan sinir lifleri ile beyindeki tat merkezine iletilir.

Dört çeşit ana tat duyusu vardır; acı, ekşi, tuzlu ve tatlı. Dilin uç bölgesinde tatlı, uca yakın kenar bölgelerinde tuzlu ve ekşi, arka bölümünde ise acıya hassas tat reseptörleri daha fazla oranda bulunur.

DERİ:

Deri, tüm vücut yüzeyini kaplayan bir organdır. Kalınlığı 1-4 mm arasında değişir. En ince olarak bulunduğu yer gözkapakları, en kalın olarak bulunduğu yer ise ayak tabanıdır. Başlıca işlevleri, vücudu dış etkilerden korumak, vücut ısı ve nemini ayarlamak, dokunma, ısı, ağrı ve basınç duyularını algılamaktır.

Deri, **epidermis** ve **dermis** adı verilen iki katman ile **deri ekleri** adı verilen kıllar ve tırnaklardan oluşur.

Epidermis (üstderi) çok katlı yassı epitelden oluşmuştur ve kan damarı içermez. Bu bölgenin beslenmesi alttaki dokulardan difüzyon yolu ile olur. Epidermisin yüzeyinde sürekli hücre ölümü olur; ölen epitel hücreleri zamanla dökülür ve yerlerini alttan gelen canlı hücreler alır. Deriye rengini veren **melanin** adlı pigment maddesini içeren hücreler epidermiste bulunur.

Daha kalın ve dayanıklı bir katman olan dermis, bağ dokusundan oldukça zengindir. Bol miktarda elastik ve kollagen lifler içerir. Dermis'te çok sayıda lenf damarı ve kapiller bulunur. Ayrıca düz kas hücreleri, ter ve yağ bezleri, kıl kökleri ve sinirler bulunur. Deri kapillerlerinden geçen kan akımının ve terleme faaliyetinin kontrolü vücut ısısının düzenlenmesinde çok önemlidir. Vücut ısısı düştüğünde deri kan akımı ve terleme azaltılarak ısı kaybı önlenir. Tersine vücut ısısı yükseldiğinde deri kan akımı ve terleme çok fazla artabilir. Böylece yüzeyden ısı kaybedilerek vücut ısısı normale döndürülür.

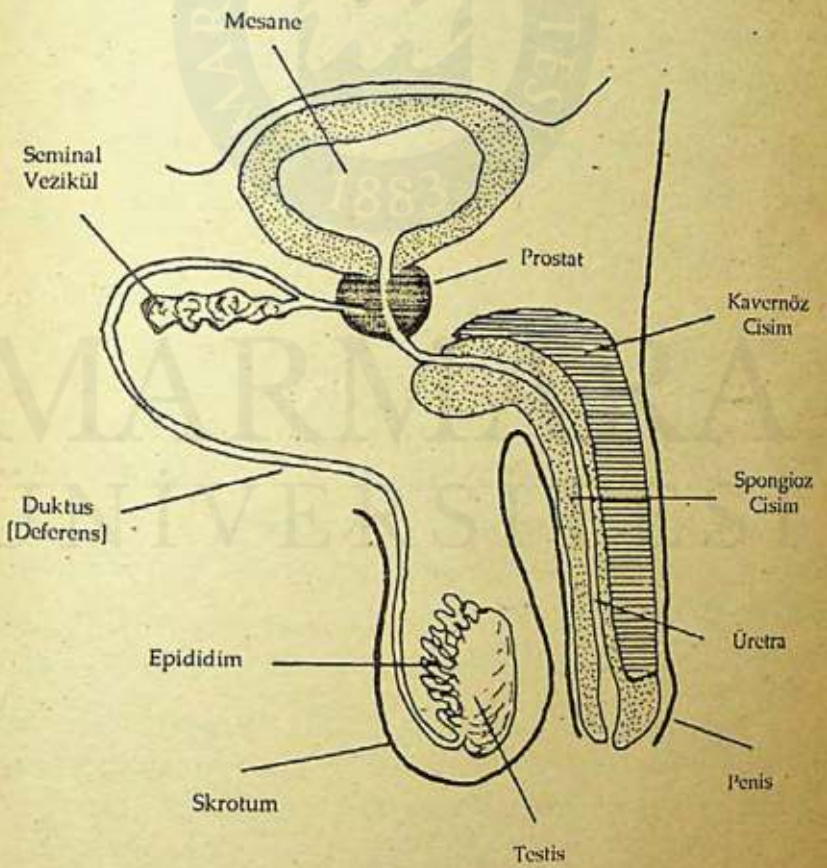
Deride ağrı, ısı, dokunma ve basınca hassas reseptörler bulunur. Bunların bir bölümü çıplak sinir uçları, bir bölümü ise özelleşmiş hücrelerdir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 12

ERKEK ÜREME SİSTEMİ

Erkek üreme organları **penis, testisler, sperma yolları** (**epididim** ve **duktus deferens**) **seminal veziküller** ve **prostat**'dan oluşur (bak. Şekil 12.1)



Şekil 12.1 Erkek üreme organlarının şematik kesiti

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Penis:

Erkek çiftleşme organıdır. İçinde **spongioz** (süngersi) ve **kavernöz** (boşluklu) cisimler bulunur. Cinsel uyarılma sırasında bunların içi kanla dolar ve penisin **ereksiyonunu** (sertleşme) sağlarlar. Spongioz cismin içinden geçen üretra, idrar yolu olduğu gibi aynı zamanda **sperma**'nın (spermleri içeren sıvı; meni) dışarıya atılmasını sağlar.

Testisler:

Kasık bölgesinde, **skrotum** adı verilen torbaların içinde yer alan organlardır. Embriyolojik dönemde testisler karın boşluğunda böbrekler hizasındayken, zamanla yavaş yavaş aşağıya iner ve kasık kanalının içinden geçerek doğumda normal yerlerini alırlar. Parankiminde 250-300 adet lobcuk ve herbir lobcukta 3-4 adet **seminifer tübül** bulunur. Bu tübüllerin arasında **Sertoli hücreleri** yer alır. Bu hücrelerin spermanın olgunlaşma evrelerinde, hücrenin beslenmesini sağlamada önemli rolleri vardır. Ayrıca bu tübüllerin arasındaki bağ dokusu içinde **Leydig hücreleri** bulunur ki bunlar da erkek üreme hormonu olan **testosteron** senteziyle görevlidirler.

Sperma yolları:

Testislerde yapılan spermayı taşıyan ve seminifer tübüllerden başlayarak üretraya kadar uzanan yollardır. Testislerde yapılan sperma, testislerin arka-üstünde yerleşmiş çok sayıda kıvrımlar yaparak üstüste yığılmış bir borudan ibaret olan **epididim**'de depolanır. Burada spermler olgunlaşır ve hareket yeteneği kazanırlar. Sperma yollarının epididimden sonraki bölümü **duktus deferens** (vas deferens) adını alır. Duktus deferens inguinal kanaldan (kasık kanalı) geçerek mesane arkasındaki **seminal veziküllere** gelir.

Seminal Veziküller:

Mesanenin alt-arkasında yerleşmiş iki adet salgı bezidir. Salgılarını üretraya boşaltırlar. Bu salgı koyu kıvamlı, spermlerin beslenmesi için gerekli bazı maddeler içeren bir sıvıdır.

Prostat:

Mesanenin altında ve üretranın başlangıcında yer alır. Spermanın beslenmesi için gerekli maddeleri içeren zengin bir salgısı yardır. Prostat bezi sinirsel uyarı ile kasılarak ejakülasyona (boşalma) ve sperm sıvısının üretraya geçmesine yardımcı olur.

Spermatogenez:

Ortalama 13 yaşında hipofiz ön lobundan salgılanan gonadotropinlerin etkisiyle başlayarak yaşam boyu sürer. Seminifer tübüllerde "spermatogonia" denilen çok sayıda germinal epitel hücresi bulunur. Spermatogenez olayı boyunca germinal hücreler bölünerek sperm hücrelerine dönüşürler. Bu hücreler mikroskop altında görülebilen, hareketli hücrelerdir.

Ejakülasyonla atılan 2-4 ml. sperma sıvısı içinde 200 milyon kadar sperm bulunur. Bir sperm hücresi baş ve kuyruktan oluşur. Baş bölgesi nükleus içerir. Kuyruk bölümü ise spermin hareketini sağlar. Hücrenin besin gereksinimini, seminal vezikül ve prostat salgıları karşılar.

Spermatogenezde şu hormonlar rol oynar:

1) Testosteron: Testislerdeki Leydig hücrelerinden salgılanan bu hormon germinal hücrelerin sperm oluşturmak üzere bölünmeleri için gereklidir. Bu hormon ayrıca **sekonder seks karakterleri** adı verilen, erkeklerde ses kalınlaşması, kıllanma v.s. özelliklerin gelişimini sağlar.

2) Lüteinizan horman (LH): hipofiz ön lobundan salgılanarak Leydig hücrelerinin testosteron salgılamalarını uyarır.

3) Folikül stimülan hormon (FSH): Hipofiz ön lobundan salgılanır ve Sertoli hücrelerini uyarır. Hücrelerin olgun sperm haline geçmelerini sağlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

BÖLÜM 13

KADIN ÜREME SİSTEMİ

Kadın üreme organları **vulva, vagina, uterus, overler, Fallop boruları** ve **memelerdir.**

Vulva :

Kadın genital organlarının herhangi bir araç kullanmadan, dıştan gözlenebilen bölümüne vulva adı verilir.

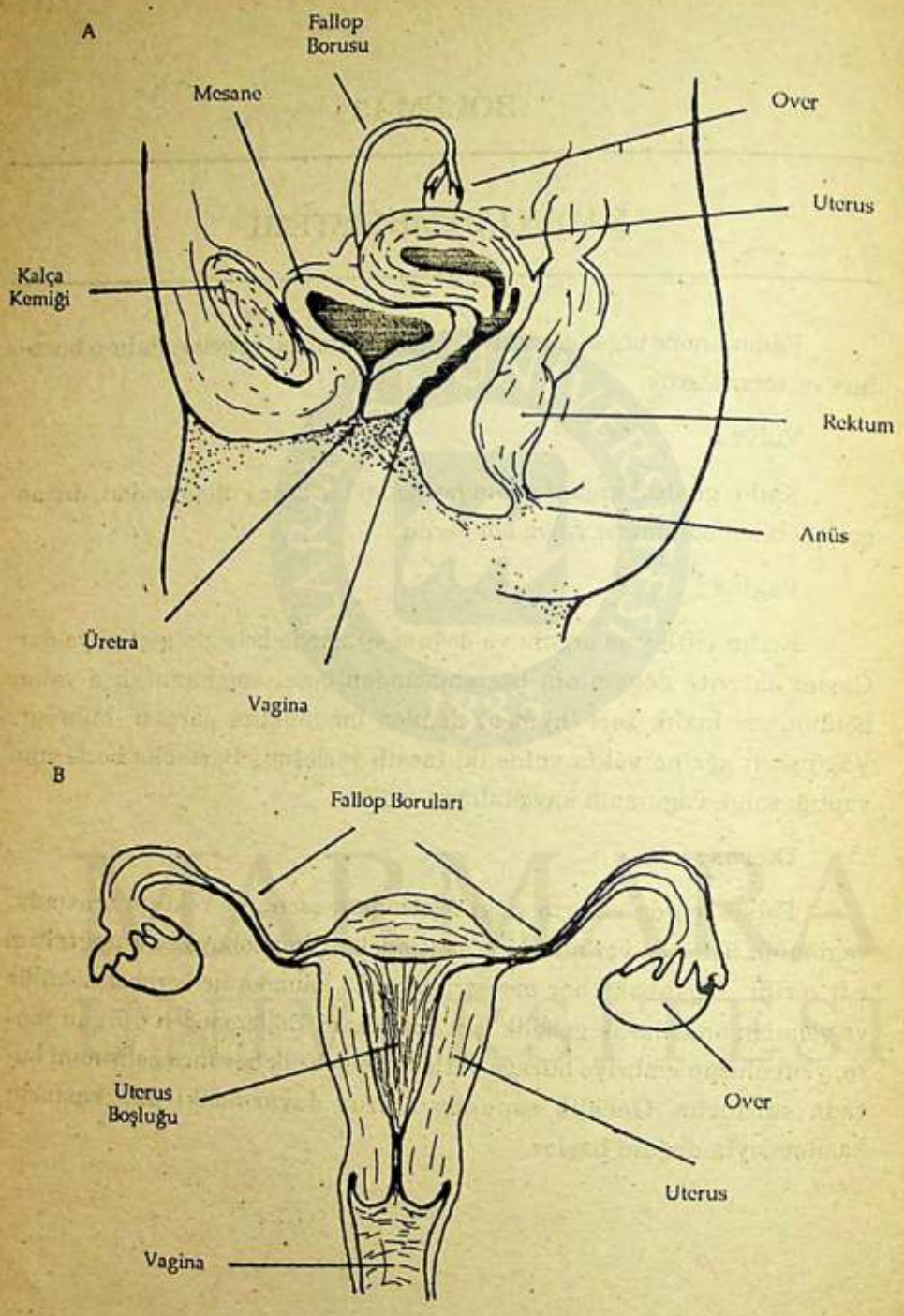
Vagina :

Kadın çiftleşme organı ve doğum sırasında bebeğin geçtiği yoldur. Cinsel aktivite döneminin başlangıcından önce, vaginanın dışa yakın bölümünde kızlık zarı (hymen) denilen bir mukoza parçası bulunur. Vaginanın ağzına yakın yerde iki taraflı yerleşmiş Bartholin bezlerinin yaptığı salgı, vaginanın kayganlığını sağlar.

Uterus :

Pelvis içinde ve orta çizgi üzerinde mesane ile rektum arasında, vaginanın üstünde yer alır. Uterus içindeki epitel dokuya **endometrium** adı verilir. Bu tabaka her menstruasyonda kanama ile beraber dökülür ve yeniden onarılarak gebelik için hazırlanır. Döllenmeden 6-7 gün sonra, yeni oluşan embriyo buraya yerleşir ve gebelik boyunca gelişimini burada sürdürür. Gebelik sonunda uterus duvarındaki düz kasların kasılmasıyla doğum başlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 13.1 Kadın üreme organları.

Overler:

Sağda ve solda olmak üzere iki adettir. Pelvis boşluğunda yan duvarlara dayalı olarak, uterusun geniş bağlarının arkasında, rektumun önünde yer alır. Yumurta (ovum) burada **folikül** adı verilen bölümlerde olgunlaşır. Gelişimini tamamlayan folikül patlar ve yumurta fallop borusuna geçer. Bu olaya **ovülasyon** denir. Overler aynı zamanda **östrojen** ve **progesteron** hormonlarını salgılayarak endokrin bir organ bir davranırlar. Östrojen, endometriyumu geliştirerek buranın, eğer gebelik olacaksa, embriyonun yerleşmesi için uygun bir hale gelmesini sağlar. Ayrıca vücuttaki diğer dokuları da etkileyerek, **sekonder seks karakterleri** denilen, kadına kadınlık görünümü veren özelliklerin gelişimine sebep olur (sesin değişmesi, meme ve kalçaların büyümesi v.s.). Progesteron endometriyumu geliştirir ve gebeliğin devamını sağlar.

Fallop boruları:

Yumurtanın overlerden uterus'a aktarılmasını sağlayan borulardır. Sağda ve solda olmak üzere iki tane olup overlerin üst uçları ile uterus arasında, uterusun iki dış yanında uzanırlar. Spermin ovumla birleşmesi, yani döllenme Fallop boruları içinde olur.

Ovaryel Siklus:

Kadında, üreme dönemi boyunca cinsel hormonların sekresyonundaki aylık ritmik değişiklikler ve cinsel organlarda buna paralel olarak oluşan değişimlerin tümüne birden **ovaryel siklus** adı verilir. Bu siklusun süresi ortalama 28 gündür (bak. Şekil 13.2). Siklus sırasında ovariumdaki değişiklikler hipofiz ön lobundan salgılanan gonadotropik hormonlara bağımlıdır. Ön hipofizden overlerin fonksiyonlarını düzenleyici iki tür gonadotropik hormon salgılanır:

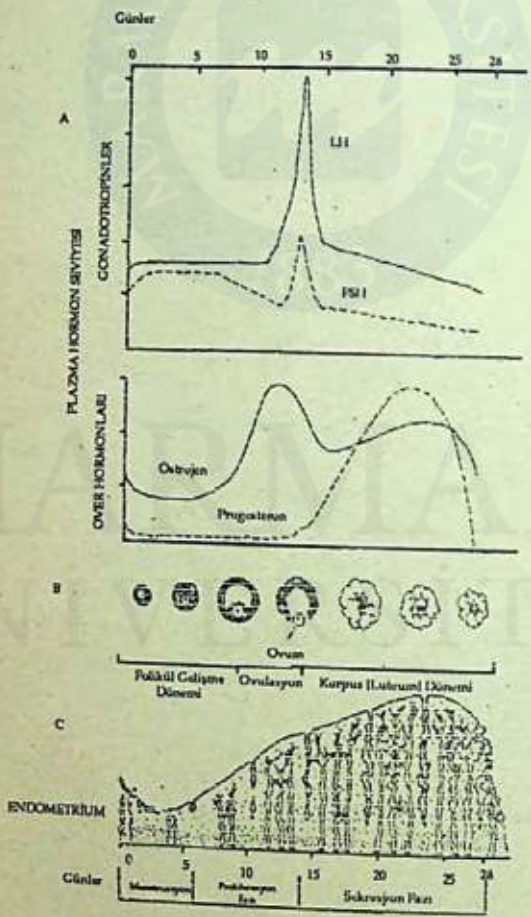
1) Follikül stimülan hormon (FSH)

2) Luteinizan hormon (LH)

FSH, folikülün büyümesi ve ovülasyonun gerçekleşmesi için gereklidir. LH, FSH'la birlikte ovülasyonu sağlar; aynı zamanda overlerden östrojen ve progesteron hormonlarının salgılanmasını uyarır. Siklusu 28 gün süren bir kadında menstruasyonun başlangıcından 14 gün sonra ovulasyon meydana gelir. Bu ilk 14 günlük dönem **proliferasyon fazı** adını alır. Bu dönemde folikül içinde ovum olgunlaşır. Salgılanan östrojenin etkisiyle endometrium kalınlaşır ve kan damarları ile zenginleşerek döllenecek ovumun yerleşmesi için ortam hazırlanır. Ovumun yeterince olgunlaşıp folikülün patlaması ile ovülasyon gerçekleşir. Ovülasyondan birkaç gün kadar önce östrojen sekresyon hızı düşmeye başlar ve az miktarda progesteron sekresyonu başlar. Ovülasyondan sonra patlayan folikül

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

korpus luteum (sarı cisim)'a dönüşür. Ovülasyondan sonra daha fazla salgılanan progesteron hormonudur. Ovum döllendiği takdirde progesteron gebeliğin devamını sağlamak üzere salgılanmaya devam eder. Döllenme olmazsa ovum haraplanır. Bu esnada östrojen ve progesteron düzeylerinin aniden azalması ile uterusta kanama başlar ve endometrium tabakası kanama ile birlikte dökülür. Ovülasyondan sonraki ikinci 14 günlük dönemde korpus luteumun işlev görebilmesi için LH gereklidir. Bu ikinci 14 günlük döneme **sekresyon fazı** denir. Korpus luteumdan yüksek miktarlarda progesteron salgılanır; bunun etkisiyle ön hipofizden FSH hormonunun salgılanması azalır. Progesteron etkisiyle ovülasyondan sonra vücut ısısı °C 0.3-0.5 °C artar. Menstruasyonun 1. günü ovaryel siklusun başlangıcı olarak kabul edilir. Kanama 3-5 gün kadar sürer.



Şekil 13.2 Menstrüel siklüs boyunca A. hormanlarda; B. overlerde ve C. endometrium'da oluşan değişiklikler.

Menstruasyon kanamaları 45-55 yaşlarında kesilir ve kadın gebe kalma yeteneğini yitirir. Buna **menapoz** denir. Başlıca nedeni ovaryumların yetersiz duruma gelmesidir. Hipofizden gonadotropik hormonların salgılanması devam ettiği halde, ovariumlar bunlara cevap veremez.

Gebelik:

Spermler, çiftleşme (**koitus**) sırasında vagina içine bırakıldıktan sonra uterusa geçerek fallop borularına doğru hareket etmeye başlarlar. Fallop borusunda ovum ile karşılaştığında spermlerden bir tanesi ovumun membranını delerek içine girer ve hücre bölünmeye başlar. Bölünmeye başlayan bu hücreye **zigot** adı verilir. Zigot fallop borusu içinde uterusa doğru yol alırken korpus luteum, progesteron yapımını hızlandırır. Progesteron endometriumu, döllenmiş olan yumurtanın yerleşmesi için hazırlar. Zigot, kalınlaşmış endometriuma gömülür ve **blastosist** adını alır. Blastosistin yerleştiği bölgedeki anneye ait kan damarlarının genişlemesi ve blastosistin dış tabakasının uzamasıyla oluşan villuslar endometrium içine doğru parmak şeklinde uzanırlar. Bu uzantılardan daha sonra, fetusu doğuma kadar besleyecek olan **plasenta** teşekkül eder. Fetus göbek bağı ile plasentaya bağlı olup içinde bir sıvı bulunan **amnion kesesi**nde büyümesine devam eder. Blastosistin gelişmiş şekline **embriyo**, insan şeklini almasından sonraki haline ise **fetüs** adı verilir.

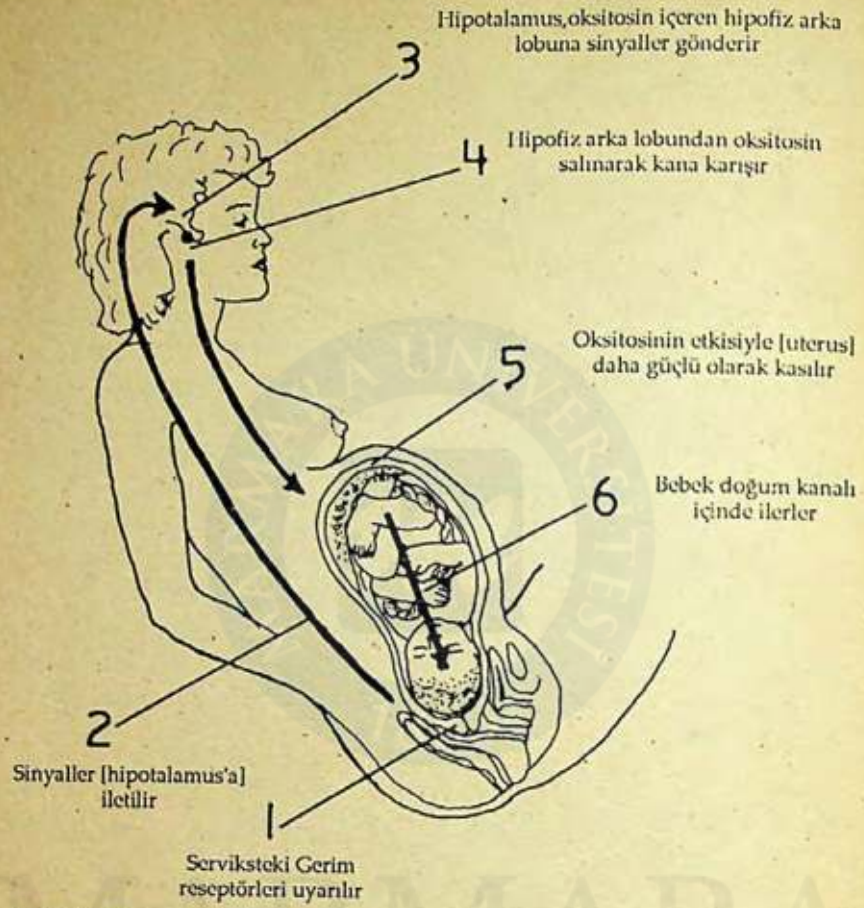
Gebeliğin normal süresi 280 gündür. Bu süre içinde annenin fetüse gıda maddeleri ve oksijen sağlaması yanısıra artık maddeleri temizlemesi de gerekir.

Embriyoda ilk gelişen organlar beyin, omurilik ve kalptir. Gebeliğin 4. haftasında embriyoda kalp atımları başlar. 2. ayın sonunda embriyo insan şeklini alır. Gebeliğin 7. ayında fetüsteki bütün organlar gelişimlerini tamamlamış olurlar. Doğumda boyu 50-55 cm. ağırlığı ise 3-4 kg.'ı bulmuş olur.

Gebelik süresince annenin beslenmesine dikkat etmesi gerekir. Özellikle fetusun kemik gelişimi için annenin yeterli miktarda kalsiyum alması şarttır. İçki, sigara, alkol ve bazı ilaçlar plasenta yoluyla geçerek fetusun gelişimini engelleyeceğinden kullanılmamalıdır. Gebeliğin ilk aylarında hormonal değişimlere bağlı bulantı ve kusmalar görülebilir.

Gebeliğin, düzenli aralıklarla doktor tarafından izlenmesi gerekir. Kontroller sırasında kan basıncının ölçülmesi, kan ve idrar tahlilleri önem taşır. Özellikle yüksek tansiyon ve idrarda albümin bulunması ile kendini gösteren **preeklampsi** ya da **gebelik toksemisi** adı verilen durum anne ve çocuk için oldukça tehlikelidir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



Şekil 13.3 Doğumu başlatan olaylar.

Doğum:

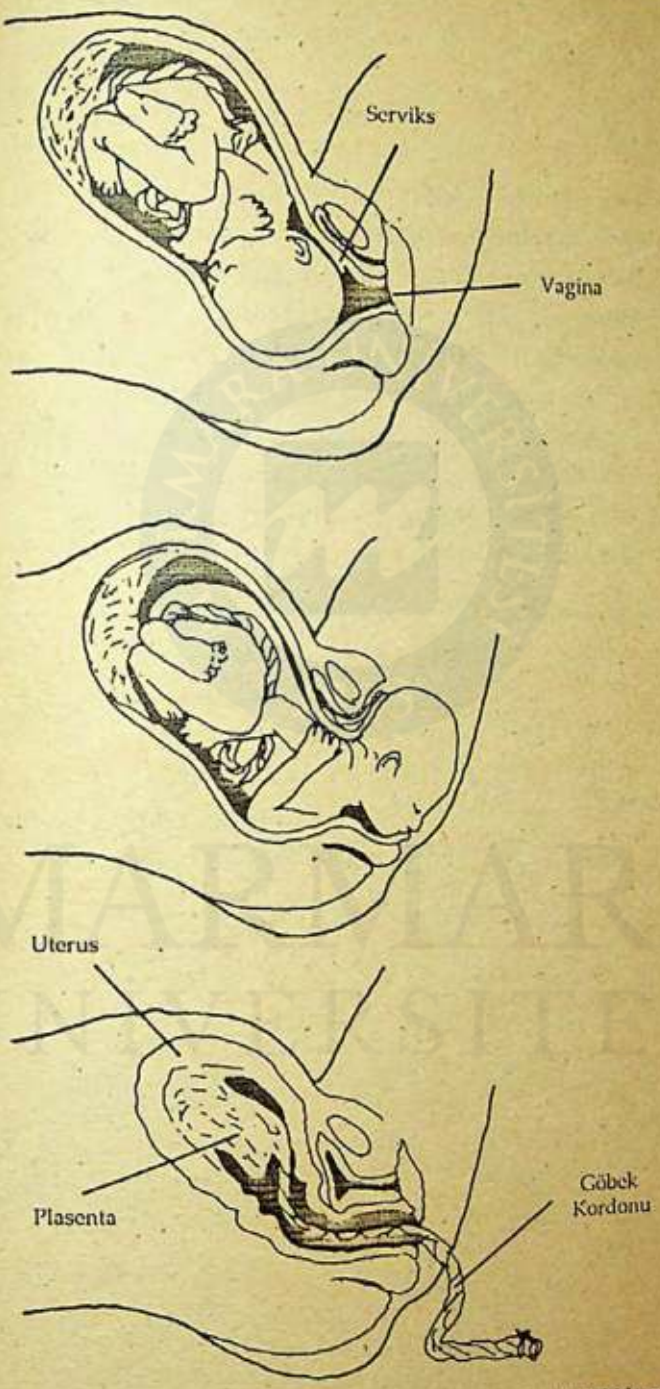
Doğum üç dönemde gerçekleşir:

1) İlk dönem uterus kasılmaları ile başlar. Kasılmaları başlatan hipofizden salgılanan oksitosin hormonudur. Oksitosin salgısı serviks ve civarındaki dokuların gerilmesiyle oluşan sinirsel sinyallerin hipofiz arka lobunu etkilemesi sonucu başlar (bak. Şekil 13.3) Amnion kesesi servikse basınç yaparak onu yavaş yavaş açar. Sonunda kese patlar.

2) Bebek pelvise doğru ilerler (bak. Şekil 13.4). Baş vaginadan dışarı çıktıktan sonra vücudun geri kalan kısımları çıkar.

3) Bebeğin doğumundan sonra, uterus kasılmaları 5-15 dakika kadar durur. Bunu plasenta ve membranların dışarı atılması izler. Pla-

sentanın atılmasıyla başlayan kanama, uterusun kasılması sonucu damarların kapanmasıyla kesilir. Doğumdan sonra uterus hızla kasılarak küçülür.



Şekil 13.4 Normal doğum sırasında bebeğin doğum kanalı içindeki hareketi.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Pelvisin tabanını kapatan duvara **perine** adı verilir. Anüs ve dış genital organlar burada yer alır. Perine doğum sırasında aşırı gerilerek yırtılabilir. Bu yırtığın önlenmesi için doğum esnasında **epizyotomi** denilen yöntemle doktor tarafından perine kesilir ve doğumdan sonra yeniden dikilir.

Memeler:

Memelerin içinde çok sayıda süt salgı bezi bulunur. Bunların salgıları birleşen küçük kanalcıklar yoluyla meme başına iletilir. Ancak bu bezler gebelik dışında inaktif durumdadırlar. Gebeliğin sonlarına doğru hipofiz bezinden salgılanmaya başlayan prolaktin hormonunun etkisiyle süt yapımı başlar. Gebeliğin 4. ve 5. aylarından sonra, meme bezlerinde sulu bir salgı oluşur. Bu salgı doğumdan sonra bir veya iki gün sürer. Buna **kolostrum** denir. Doğumdan sonra meme bezlerinde süt yapımı prolaktinin etkisiyle artarak devam eder. Emzirme sırasında, yine hipofizden salgılanan oksitosin hormonunun etkisiyle, yapılmış olan süt salınarak meme başına gelir.

Anne sütü, su, organik ve inorganik maddelerden oluşur. Esas olarak yağ, protein, süt şekeri (laktoz) ve mineraller içerir. Yeni doğan için zorunlu bir besindir. Anne sütü bebeğin tüm besin gereksinimini karşıladığı gibi içerdiği antikorlar sayesinde bebeği hastalıklardan korur, anne ile bebek arasında psikolojik bağın daha kuvvetli olmasını sağlar. İnek sütü ya da diğer sütler insan sütüne yakın olmasına karşın aynı değildir. Bu yüzden bebeğin anne sütü ile beslenmesi daha yararlıdır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

İNDEKS

A Vitamini 73. 99
ACTH 88-89, 94
Adaptasyon 99
ADH 59, 83, 91
Adrenalin 59, 86
Adrenerjik Sistem 38
Adrenokortikotropin 88-89, 94
Afferent Arteriol 81
Aglütinin 49
Aglütinojen 49
Agonist, Antagonist Kas 23, 24
Ağız 70
Akomodasyon 98, 100
Akromegali 90
Aksiyon Potansiyeli 17-21, 28, 32
Akson 17, 21, 29
Aktif Transport (Taşınım) 6, 8, 9
Aktin 24, 25
Aldosteron 89, 93
Alfa Motor Sinir, 26, 32-34, 27
Alkaloz 67-68
Alveol 44, 61-63, 13
Amilaz 70
Amnion Kesesi 113
Androjenik hormonlar 94
Anemi 45
Antidiüretik Hormon 83, 91
Antijen 47
Antikor 47
Aort 53
Aort Kapağı 53
Arter 53
Asetilkolin 29, 38
Asetilkolinesteraz 29
Asidoz 67-68
Asit-Baz Dengesi 61, 66-68
Asit Salgısı (Mide) 71-72
Astigmatizm 100
Atım Hacmi (Kalp) 54
ATP (Adenozin Trifosfat) 4, 25, 92
Atrium 53
Atrioventriküler
  Düğüm 55
  Kapakçıklar 54
Antidiüretik Hormon 91
B_{12} Vitamini 43, 44, 73
Bağışıklık 47
Bazal Gangliyonlar 37
Bazal Metabolizma 37, 92
Bazofil 42, 45, 47
Beyin 37
Beyincik 37

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Beyinsapı 33-36
Bilirübin 44
Blastosist 113
Bowman Kapsülü 81
Böbrek 14, 43, 59, 80
Böbreküstü Bezi 85, 86, 93
Broca alanı 36
Bronş 61
Bronşiol 61
Bulbus 35
Burun 102-103
Büyüme Hormonu 89
Büyüme Hormonu Salgılatıcı Hormon 89
Corti Organı 102
CRF 89, 94
Cücelik 90
Çapraz Köprüler 25
Dakika Hacmi
  Kalp Atımı 54
  Solunum 63
Defekasyon 77
Demir 44, 74
Dendrit 18, 31
Denge 102
Deri, Deri Ekleri 104
Dermis 104
Deoksiribonükleaz 73
Devlik 90
Depolarizasyon 20, 25
Dışkı 14, 75, 77
Dışkılama 77
Diafragma 63
Diastol 54
Difüzyon 49, 61, 64
  Basit 6-7,
  Kolaylaştırılmış 6-7
Dil 103-104
Distal Tübülüs 81, 83
Dişler 70
Diyabetes
  İnsipidus 91
  Mellitus 95
DNA (Deoksiribonükleik Asit) 4, 43
Doğum 114-116
Duktus Deferens 105, 106
Duodenum 74
Duyu 32, 97
Efferent Arteriol 81
Ekspirasyon 63
Ekstansiyon 24
Ekstrapiramidal Sistem 27, 37
Ekstraselüler Sıvı 10-11, 14
Elçi RNA 4
Elektroensefalogram 38
Elektrokardiografi 56, 57
Embriyo 113
Emetrop 99
Endokard 54

Emosyonel Fonksiyonlar 37
Endokrin Bezler 85-96
Endometrium 109
Endomisyum 24
Endoplazmik Retikulum
Düz 5
Tanecikli 5
Endositoz 9
Enterogastrik Refleks 72
Enterohepatik Dolaşım 75
Eozinofil 42, 45
Epidermis 104
Epididim 105, 106
Epikard 54
Epimisyum 24
Epizyotomi 116
Ereksiyon 106
Eritroblastosis Fetalis 50
Eritropoetin 43
Eritrosit 42
Eşik Şiddeti, Eşik Uyaran 21
Fagositoz 9, 45-47
Fallop Boruları 109
Farinks 70
Feçes 14, 77
Feed-back 86
Fetüs 113
Fibrin 50
Fibrinojen 50
Fibrinoliz 51
Fleksiyon 23
Folik asit 44, 45
Folikül 89, 111
Folikül Stimulan
Hormon 89, 107, 109
Fosfolipaz 73
Fovea Sentralis 99
Frontal
Lob 36
Korteks 36
FSH 89, 107, 109
Gastrin 72
Gebelik 113
Toksemisi 113
Gece Körlüğü 99
Gen 4
GH 89
GHRH 89
Glikojen 74, 90, 94
Glikojenez 74
Glikoneojenez 74
Glikokortikoidler 93
Glikoz 72, 77-78, 94, 95
Glikozüri 83
Globin 44
Glomerül 14, 80
Glomerüler Filtrasyon 81
Glomerüler Filtrasyon Hızı 81
Glomerüler Filtrat 81
Glukagon 95

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Golgi Aygıtı 5
Görme Kusurları 99-101
Göz 97-101
Granülosi 45
Hem 44
Hematokrit 42
Hemoglobin 43, 44
Hemostaz 51
Henle Kıvrımı 80-81
Hep ya da Hiç Kanunu 21
Hidroklorik asit 71, 72
Hipermetropi 99
Hiperpolarizasyon 20
Hipertansiyon 58, 93
Hipertiroidizm 93
Hipofiz 35, 86
Hipokalsemi 21
Hipotalamus 37, 86
Hipotiroidizm 93
His Demeti 55
Homeostaz 9, 11, 15
Homunkulus 27
Hormon 15, 41, 88-96
Hücre Çekirdeği 1
Hücre membranı 1, 3
İleum 74
İmmun sistem 47
İmmunoglobulinler 48
İmmunite 47
İnspirasyon 63
İnsülin 94
İnterstisyel Sıvı 10-11
İntraselüler Sıvı 10-11
İntravasküler Sıvı 10-11
İntrensek Faktör 43, 71
İris 97, 98
İşitme 102
İzomaltaz 74, 75
Jejunum 74
Jigantizm 90
Kalın Barsak 75
Kalp 12, 53
  Atım Hacmi 54
  Dakika Hacmi 54
  Debisi 54
  Elektriksel Faaliyeti 55
  Kapakçıkları 54
  Kası 54
  Sesleri 57
  Siklusu 56
Kalsitonin 95
Kalsiyum 15, 41, 82, 95, 96
Kan
  Basıncı 58
  Grupları 48-50
  Hücreleri 42-47
  Pıhtılaşma 50
Karaciğer 73
Karboksipeptidaz 73
Karbonik Anhidraz 43

Kardia 71
Kas 23-29
İğciği 27, 34
Kasılması 25-28
Sinirsel Kontrolü 29
Tonusu 27
Kas-Sinir Kavşağı 28-29
Kavernöz Cisim 106
Kemoreseptörler 66
Kemotaksis 46
Kemotripsin 73
Ketoasidoz 94
Kimus 71-73
Kiriş 23
Klirens 82
Koagülasyon 50
Koitus 113
Koklea 102
Koku 102-103
Kolesistokinin 73
Kolesterol 77
Kolesterol Esteraz 73
Kolinerjik Sistem 38
Kolon 75
Kolostrum 116
Kon 99
Koroid 97
Kornea 97
Korpus Luteum 112
Kortikotropin Salgılatıcı
Faktör 89, 94
Kortizol 81, 93, 94
Koryonik Gonadotropin 96
Kör Barsak 75
Kör Nokta 99
Kreatinin 82
Kromatin 4
Kromozom 4
Kulak 101-102
Kupffer hücresi 47
Labirent 102
Laktaz 75
Langerhans Adacıkları 94
Lenfosit 42, 47
Lens 97, 98, 99, 100
Leydig Hücreleri 106
LH 89, 107, 109, 112
LHRH 89
Limbik Sistem 37
Lipaz 75
Lizozom 5
Lökosit 42, 45
Formülü 45
Luteinizan Hormon 89, 107, 109, 112
Salgılatıcı 89
Makrofajlar 5, 47
Maltaz 75
Mast Hücreleri 47
Medulla Oblongata 35
Medulla Spialis 32-35

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Melanin 104
Membran, Hücre 1, 3
Membran Potansiyeli 16-18
Meme 109, 116
Meni 106
Menopoz 112
Menstruasyon 40, 112
Merkezi Sinir Sistemi 29-35
Mesane 37, 79
Mesane Sfinkteri 84
Messenger RNA 4
Metabolik asidoz, alkaloz 62-64
Metabolizma 39, 90, 92
Mezensefalon 35
Miçel 74, 77
Mide 71-72
Mikrofilaman ve Mikrotübüller 5
Miksiyon 84
Mineralokortikoidler 93
Mitokondriyum 4, 23, 28
Mitral Kapak 54
Miyastenia Gravis 29
Miyelin 22, 31, 32
Miyofibriller23, 24
Miyokard 54
Miyopi 99, 100
Miyozin 23, 24
Monosit 42, 44, 45, 47
Motor Korteks 26, 27
Motor Sinir 26, 27
Motor Ünite 28
Müküs 70, 72
Müsin 75
Nabız 59
Nefron 80
Negatif Feed-back 86
Noradrenalin 38, 86
Nöromusküler İleti 29
Nöron 17, 25, 27, 29, 31
Nörotransmitter 15, 31
Nötrofil 42-44, 46
Nükleus 1, 4
Nükleolus 4
Oksipital
  Lob 36
  Korteks 36
Oksitosin 91, 108, 114, 116
Omurilik 32-35
Orta Beyin 35
Otonom Sinir Sistemi 38, 60
Ovaryel Siklus 111
Overler 86, 109, 111
Oval Pencere 102
Ovülasyon 89, 111, 112
Ovum 4, 111, 112
Ozmolarite 91
Ozmoz 8
Ölü Boşluk, anatomik 61
Östaki Borusu 102
Östrojen 86, 96, 109

Özofagus 71
Pankreas 72, 85, 94
Parasempatik Sistem 38, 60
Paratiroid, Parathormon 95
Paryetal
  Lob36
  Korteks 36
Penis 105, 106
Pepsin 71
Peptidaz 75
Peptik Ülser 72
Perikard 54
Perimisyum 24
Perine 116
PIF 89
Pıhtılaşma faktörleri 50, 51, 74
Pinositoz 9
Piramid, Piramidal Sistem 26, 27, 35, 36
Plasenta 113
Plazma 10-11, 14, 41, 45
Plazmin, Plazminojen 51
Polisitemi 45
Pons 35
Preeklampsi 113
Presbiyopi 101
Presentral Motor Korteks 27
Primer Duyu Merkezleri 32
Primer Motor Alan 36
Progesteron 86, 96, 112
Proksimal Tubulus 80, 83
Prolaktin 89
Prolaktin İnhibe Edici Hormon 89
Proliferasyon 109
Proprioseptör 97
Prostat 105, 106, 107
Protrombin 51, 74
Protrombin Aktivatörü 50,
Pulmoner Arteriel Ağ 54
Pulmoner Kapak 54
Pupilla 39, 97
Purkinje lifleri 55
Ranvier Boğumları 22
Reabsorpsiyon 82
Refleks 34-35
  Geri Çekme Refleksi 34
  Spinal Refleksler 34
  Tendon Refleksi 34
  Refrakter dönem 21
Renin-Anjiotensin Sistemi 59
Renk Görme 9
Renk Körlüğü 100
Repolarizasyon 20
Reseptörler 32, 87, 97
Retiküler Formasyon 35
Retina 97, 98, 99
Rezidüel Hacim 64
Ribonükleaz 73
Ribozom 4
Rod 99

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Rodopsin 99
Rüya Görme 38
Safra 73-74
Sakkulus 102
Sakkaraz 75
Sarı Cisim 112
Sarkolemma 24
Sarkoplazma 25
Sekonder Seks Karakterleri
  Erkekte 107
  Kadında 111
Sekresyon
  Tubuler 82
  Fazı, endometrium'un 112
Sekretin 73
Semilunar Kapaklar 54
Seminal Veziküller 105, 106
Seminifer tübüller 106
Sempatik Sistem 38, 60, 93
Serebellum 27, 37
Serebral Korteks 36
Sertoli Hücreleri 106
Serum 41
Sfinkter
  Anüs 75
  Kardia 71
  Mesane 84
SH 90
Siliyer Kaslar 98, 99
Sinaps 31-34
Sinaptik Aralık 29
Sinaptik Çukur 2
Sindirim
  Karbonhidirat 76
  Protein 77
  Yağ 76
Sinoatrial Düğüm 55, 56
Sinüs Ritmi 55
Sistemik Arteriel Ağ 54
Sistol 54
Sklera 97
Skrotum 106
Soluk
  Alıp verme 63
  Hacmi 63
Solunum
  Gazları 64-66
  Kontrolü 66
  Merkezi 66
  Solunumsal Asidoz, Alkaloz 66-68
Soma 31
Somatomammotropin 96
Somatotrop Hormon, 89
Somatotropin 89
Son Plak 29
Sperm 4, 89, 106, 107
Sperma 106
Sperma Yolları 105
Spermatogenez 107
Spongioz Cisim 106

Starling Kanunu 60
Sterkobilin 44
Sterkobilinojen 44
Steroid Hormonlar 86
Süngersi Cisim 106
Sürfaktan 63
Süt Salınımı 116
Tampon Sistemler 67
Tat 103
Temporal
  Lob 36
  Korteks 36, 103
Tendon 23
Testis 96, 105
Testosteron 86, 96, 106
Tidal Hacim 63
Tiroid
  Hormonları 92
Tiroid Stimulan Hormon 89, 92
Tiroid Stimulan Hormon Salgılatıcı Hormon 89
Tiroksin 92
Toksemi 113
Tonus 26, 37
Toplayıcı Kanal 81
Total
  Akciğer Hacmi 64
  Ventilasyon 63
TRH 89
Triiodotironin 92
Triküspid Kapak 54
Tripsin 73
Trombin 50
Trombositler 42, 50
TSH 92
Tubulus 80
Tubuler Fonksiyonlar 82-84
Tükrük 70
Uterus 109
Utrikulus 102
Uyku 35, 37-38
  REM Uykusu 38
  Yavaş Dalga Uykusu 38
Üre 14, 83
Üreter 79, 84
Üretra 79, 84
Ürobilinojen 44
Vagus 60, 71
Vagal Tonus 60
Vagina 109
Vazopresin 88
Ven 53
Ventilasyon 61
Ventrikül 54
Vestibül 102
Vital Kapasite 64
Vitröz Hümor 97
Vulva 109
Vücut Isısı 112
Vücut Sıvıları 10-11

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Wernicke alanı 36
Yarımdaire kanalları 102
Yemek Borusu 71
Yutak 70
Zigot 113

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ISBN : 975 - 400 - 058 - 1

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
DÖNER SERMAYE İŞLETMESİ
MATBAA BİRİMİNDE BASILMIŞTIR.

İSTANBUL - 1991

Marmara Üniversitesi Kütüphane ve
Dokümantasyon Daire Başkanlığı
0029102