



FİZYOLOJİ

ORTAK DERS

Öğr. Gör. Dr. Muhittin Onur Yaman

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ AÇIK VE UZAKTAN EĞİTİM FAKÜLTESİ

ORTAK DERS



FİZYOLOJİ

Öğr. Gör. Dr. Muhittin Onur Yaman

Yazar Notu

Elinizdeki bu eser, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi'nde okutulmak için hazırlanmış **bir ders notu niteliğindedir.**

ÖNSÖZ

Gerek kendi içimizde gerekse etrafımızda sürekli olarak yenilenen hayatın temellerini ve işleyişini konu edinmiş bir bilim olan Fizyoloji, yalnızca bir ders olarak değil sağlık hizmetleri ile ilgilenen her insanın farkında olması gereken temel bilgileri bizlere aktaran bir süreç olarak görülmelidir.

Bu metnin hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkür ederken bilgi edinmek üzere bu metni okuyacak tüm öğrencilere başarılar dilerim.

Öğr. Gör. Dr. Muhittin Onur Yaman

ÖNSÖZ	1
1. FİZYOLOJİYE GİRİŞ.....	8
1.1. Fizyoloji Nedir?	14
1.2. Canlı Yapı	14
1.3. Yaşam İçin Uygun Koşullar.....	15
1.4. Homeostaz (Homeostasis).....	16
1.4.1. Homeostazın Devamlılığı Ve Kontrolü Nasıl Sağlanır?	17
1.4.2. Negatif ve Pozitif Geribildirim (Feedback) Mekanizmaları.....	17
2. HÜCRE FİZYOLOJİSİ VE DOKULAR	23
2.1. Hücrenin Fonksiyonel Yapısı.....	29
2.1.1 Hücre Zarı	29
2.1.2. Sitoplazma	30
2.2. Hücre Organelleri	30
2.2.1. Mitokondri.....	31
2.2.2. Endoplazmik retikulum.....	31
2.2.3. Golgi Aygıtı (Ya Da Aparatı)	31
2.2.4. Lizozom.....	31
2.2.5. Çekirdek ve Çekirdekçik (Nükleus ve Nükleolus).....	31
2.3. Hücre Zarından Madde Taşınması.....	32
2.3.1. Difüzyon.....	32
2.3.2. Aktif Taşıma.....	33
2.3.3. Endositoz ve Ekzositoz.....	33
2.4. Dokular	33
2.4.1. Epitel Doku	33
2.4.2. Kas Doku	34
2.4.3. Sinir Doku	34
2.4.4. Bağ Doku.....	35
3. AKSİYON POTANSİYELİ VE UYARILABİLEN DOKULAR.....	42
3.1. Dinlenme Membran Potansiyel.....	48
3.2. Aksiyon Potansiyeli.....	48
3.3. Kas Tiplerinde Uyarılma ve İletim.....	50
3.3.1. İskelet Kası (Çizgili Kas)	50

3.3.2. Düz Kaslar	51
3.3.3. Kalp Kası.....	51
4. SİNİR SİSTEMİ	58
4.1. Sinir Hücresi (Nöron)	64
4.2. Sinaps (Kimyasal Sinaps).....	64
4.3. Nöronal İmpulsun Özellikleri.....	65
4.4. Nöron Tipleri.....	65
4.5. Sinir Sisteminin Fonksiyonel Yapısı.....	65
4.5.1. Merkezi Sinir Sistemi (MSS).....	66
4.5.2. Periferik Sinir Sistemi (PSS).....	69
5. DUYU ORGANLARI	75
5.1. Duysal Reseptörler	81
5.2. Duyuların Sınıflandırılması.....	81
5.2.1. Genel Duyular.....	82
5.2.2. Özel Duyular	83
6. DOLAŞIM SİSTEMİ - I.....	93
6.1. Dolaşım Sistemini Oluşturan Yapılar	99
6.1.1. Kalp.....	99
6.1.2. Damarlar	99
6.2. Damarlarda Kan Dağılımı ve Dolaşım	100
6.2.1. Pulmoner Dolaşım	100
6.2.2. Sistemik Dolaşım	100
6.3. Kalp Siklusu.....	101
6.4. Kalp Sesleri	101
7. DOLAŞIM SİSTEMİ II.....	108
7.1. Kalbin Uyarı ve İleti Sistemi.....	114
7.2. Elektro Kardiyografi (EKG)	114
7.3. Kan Basıncı.....	115
7.3.1. Kan Basıncının Ölçülmesi.....	115
7.4. Nabız.....	116
8. KAN FİZYOLOJİSİ	122
8.1. Kanın Fiziksel Özellikleri.....	128
8.2. Kan Plazması.....	128
8.2.1. Plazma Proteinleri ve Görevleri.....	128

8.3. Kanın Şekli Elemanları.....	129
8.3.1. Eritrositler (Alyuvarlar)	129
8.3.2. Lökositler (Akyuvarlar)	131
8.3.3. Trombositler (Kan Pulcukları).....	132
8.4. Hemostaz.....	133
8.5. Kan Grupları.....	133
8.5.1. ABO Sistemi	133
8.5.2. Rh Sistemi	134
9. SOLUNUM SİSTEMİ.....	140
9.1. Solunum Fonksiyonu	146
9.2. Solunum Sisteminin Fonksiyonel Yapısı	146
9.2.1 Üst Solunum Yolu	146
9.2.2. Alt Solunum Yolu	146
9.2.3. Alveoller ve Sürfaktan	147
9.3. Solunum Mekaniği.....	147
9.3.1. Solunum Kasları	148
9.4. Hacim ve Kapasiteler	148
9.5. Alveollerde Gaz Değişimi	149
9.5.1. Solunum Membranı.....	149
9.5.2. Kan Gazlarının Parsiyel Basınçları ve Difüzyon	150
9.5.3. Ventilasyon Perfüzyon Oranı.....	150
9.6. Kanda Solunum Gazlarının Taşınması.....	151
9.6.1. Oksijen Taşınması	151
9.6.2. Karbondioksit Taşınması.....	151
10. BOŞALTIM SİSTEMİ	159
10.1. Böbrekler	165
10.1.1. Nefron.....	165
10.1.2. İdrar Oluşumu.....	166
10.2. Üreter	168
10.3. Mesane	168
10.4. Üretra	168
10.5. Böbreklerin Düzenleyici Rolü.....	169
10.5.1. pH Düzenlenmesi.....	169
10.5.2. Na+ Atılımının ve Sıvı Miktarının Düzenlenmesi	169

10.5.3. Eritropoez Düzenlenmesi	169
10.5.4. Kan Basıncının Düzenlenmesi.....	169
11. SİNDİRİM SİSTEMİ - I.....	176
11.1. Sindirim Fonksiyonu	182
11.2. Sindirim Sisteminin Fonksiyonel Yapısı	183
11.2.1. Ağız	183
11.2.2. Farenks (Yutak).....	184
11.2.3. Özofagus (Yemek Borusu)	185
12. SİNDİRİM SİSTEMİ - II.....	191
12.1. Mide	197
12.2. İnce Bağırsak.....	198
12.3. Kalın Bağırsak.....	199
13. ENDOKRİN SİSTEM - I.....	206
13.1. Hormonların Sınıflandırılması.....	212
13.2. Hipotalamus ve Hipofiz Bezi İle İlişkisi.....	212
13.3. Hipofiz Bezi	213
13.3.1. Adenohipofizden (Ön Hipofiz) Salgılanan Hormonlar	213
13.3.2. Intermediate lob (ara lob) dan salgılanan hormonlar	215
13.3.3. Nörohipofizden (Arka Hipofiz) Salgılanan Hormonlar	215
13.4. Tiroid Bezi	215
14. ENDOKRİN SİSTEM - II.....	222
14.1. Kalsiyum Düzenleyen Hormonlar	228
14.2. Kan Şekerini Düzenleyen Hormonlar (Pankreas).....	228
14.2.1. Şeker Hastalığı (Diabetes Mellitus).....	229
14.3. Böbrek Üstü Bezi (Adrenal Bez) Hormonları	229
14.3.1. Adrenal Medulla Hormonları (Katekolaminler).....	230
14.4. Gonad (Üreme Sistemi Organları) Hormonları.....	230
14.4.1. Erkek Üreme Sistemi Hormonları	230
14.4.2. Dişi Üreme Sistemi Hormonları	231

KISALTMALAR

YAZAR NOTU

Sevgili Öğrenciler,

Çok farklı eğitim seviyelerinden geçerek bu programa kayıt olan sizlerin, fizyolojiyi daha kolay benimseyebilmeniz amacı ile olabildiğince kısa, anlaşılabilir bir ders notu hazırlamaya çalıştım. Ancak sadece bu not fizyolojiyi kavramanıza yeterli olmayacaktır. Dersleri takip ederek ya da farklı kaynakları tarayarak kendinizi geliştirmenizi tavsiye ederim.

Hepinize başarılar dilerim.

1. FIZYOLOJİYE GİRİŞ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 1.1.** Fizyoloji nedir?
- 1.2.** Canlı yapı
- 1.3.** Yaşam için uygun koşullar
- 1.4.** Homeostasis

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Fizyolojinin tanımını yapabilmek	
	Canlılık ve canlı yapı kavramlarını tanımlayabilmek	
	Homeostazinin tanımını yapabilmek	
	İnsan vücudunda yaşamın devamabilmesi için gerçekleşen homeostatik süreçleri tanımlayabilmek	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Fizyoloji, merkezine yaşıyan organizmayı almış bir bilim dalıdır. Her gün farkında olmadan gerçekleştirdiğimiz birçok aktivite vücudumuzdaki trilyonlarca hücrenin katkısı ile gerçekleşmektedir. Vücudumuzda gerçekleşen birçok fonksiyonun oluşumunu ve mantığını kavradıkça fizyoloji daha da zevkli bir bilim olarak karşımıza çıkacaktır. Gelin fizyolojiyi yakından tanıyalım.

1.1. Fizyoloji Nedir?

Fizyoloji kelime anlamı olarak yaşam bilimi anlamına gelir. *Physus*; yaşam; *logos*; bilim, mantık anlamında kullanılan sözcüklerden köken alır. Fizyoloji, canlıyı (organizma) ve organizmanın tüm yaşamsal işlevlerini inceleyen bir bilim dalıdır. Bu işlevleri incelerken canlılığın temel özelliklerini; organizmanın oluşumunu, içinde bulunduğu çevre ile etkileşimini ve canlılığın devam edebilmesi için ihtiyaç duyulan tüm fonksiyonel işlevleri inceler. Fizyoloji, yaşamı incelemeyi hedef alan bir bilim olduğundan oldukça geniş bir kapsama sahiptir. Fizyoloji, incelenen organizma grubuna göre; **Bitki Fizyolojisi**, **Hayvan Fizyolojisi** ve **İnsan Fizyolojisi** olarak farklı dallara ayrılır. Sağlık bilimleri alanında insan fizyolojisi önemli bir yer tutmaktadır.

Dersimizin konusu da **insan fizyolojisidir**. Ancak unutulmamalıdır ki bu konuda elde edilen bilgilerin birçoğu deney hayvanlarında yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilere dayanmaktadır. İncelenen fonksiyonlara veya organizasyon düzeylerine göre de fizyoloji; **Sistem Fizyolojisi** (solunum Fizyolojisi, dolaşım, boşaltım fizyoloji gibi) ve **Hücre Fizyolojisi** veya **Moleküler Fizyoloji** gibi alt dallarına ayrılır.

1.2. Canlı Yapı

İlk olarak fizyolojinin temel ögesi olan “canlı” nedir ve “canlı yapı ile cansız yapıyı ayıran özellikler nelerdir?” sorularına cevap arayalım.

Bu sorunun kısa bir cevabı yoktur. Bu nedenle canlılığı bir dizi özellik ile tanımlamak gerekir. Bunlar; **Organizasyon, uyarılabilme ve iletebilme, hareket, metabolizma, büyüme ve farklılaşma** ve **üreme** kavramlarıdır. Canlı yapının temeli, atomların ve moleküllerin yapısal ve fonksiyonel olarak belirli bir düzen içindeki organizasyonu ile başlar. Her yeni organizasyonda, bir önceki yapının işlevleri tamamıyla farklı bir özellik kazandırır. Organellerin meydana gelişi, daha sonra organellerin organizasyonu ile hücrelerin, hücrelerin bir araya gelişi ile dokuların, dokuların bir araya gelişi ile organların oluşumu, organların sistemleri ve sistemlerinde organizmanın kendisini oluşturması bir organizasyon sonucudur.

Organizma yaşamını sürdürebilmek için iç ve dış ortamdaki değişiklikleri algılayabilmeli ve yanıtlayabilmelidir. Örneğin besinlere doğru yönelebilmeli ya da tehditlerden uzaklaşabilmelidir. **Uyarılabilme ve iletebilme**, özellikle kas ve sinir hücrelerinde oldukça iyi gelişmiş bir yetenektir. Bu hücrelerin temelini oluşturduğu sinir-kas sistemi aracılığı ile organizma **hareket** yeteneği kazanır. Hareket yalnızca yer değiştirme olarak algılanmamalıdır. Organizma ihtiyaçları doğrultusunda sindirim, solunum, dolaşım, boşaltım fonksiyonları geliştirmiş ve bu sistemler aracılığı ile gereksinim duyduğu enerji ve yapıtaşlarını elde ederken iç ortamında süreklilik gösteren bir hareket mevcuttur. Enerji ve diğer ihtiyaçlar oldukça karmaşık kimyasal reaksiyonlar sonucu elde edilir ve bu biyokimyasal reaksiyonların tümüne birden **metabolizma** ismi verilir.

Organizmanın yaşam sürecinin başlangıcından sonuna kadar geçirdiği gelişim ve değişim evreleri düşünüldüğünde hücrelerinin sayısının arttığını ve boyutlarının arttığını ve

organizmanın **büyüdüğü** hayal etmek hiçte zor olmaz. Aynı zamanda birçok hücre farklı görevleri yerine getirebilmek için özelleşme ve **farklılaşma** yolunu seçer. Örneğin kas hücresi hareketi sağlayabilmek için boyunu uzatıp kısaltabilir. Büyüme ve gelişmesini tamamlayan her canlı **üreme** (çoğalma) yeteneğine sahip olur. Bir canlının neslini devam ettirebilmesinin tek yoludur üremektir. Üreme aynı zamanda yaşam süresini doldurmuş hücrelerin yerine yeni hücrelerin oluşumu için gerekli olan hücre bölünmesi işlevini de kapsamaktadır.

Tüm bu özellikler birer yaşam belirtisidir. Bu özelliklerin bir arda bulunduğu yaşayan organizma da yaşamın devam edebilmesi için belli koşulların sağlanması zorunludur. İsterseniz gelin yaşamın devam edebilmesi için gerekli ve uygun koşulları inceleyelim.

1.3. Yaşam İçin Uygun Koşullar

Yaşamın devam edebilmesi, organizmanın, nihayetinde dersimizin konusu olan insanın canlılığını devam ettirebilmesi için, içinde bulunduğu koşullara uyum sağlaması gerekir. Bu koşulların sağlanamaması yaşamın sona ermesi anlamına gelir. Peki, bu koşullar nelerdir?

Su: Yaşamın devam edebilmesi için vazgeçilmez olan kokusuz ve tatsız bir birleşiktir. Yetişkin bir insanın vücut ağırlığının %60-70'i sudur. Bu oran yaşa, cinsiyete, kiloya bağlı olarak farklılık gösterir. Yeni doğan bir bebekte su oranı daha fazla iken yaş ilerledikçe su oranı azalır. Su; metabolik birçok kimyasal olayın gerçekleşmesi için gereklidir. Besin maddeleri gibi birçok maddenin çözülmesi, emilimi veya taşınması, metabolik artıkların vücuttan uzaklaştırılması, vücut sıcaklığının düzenlenmesi, kan hacminin dengelenmesi gibi önemli işlevlerde rol oynar. Vücudumuzdaki su oranı birçok temel fizyolojik mekanizma ile kontrol edilir.

Besin: Yaşamın devam edebilmesi için ihtiyaç duyulan organik ve inorganik maddeler dışarıdan besin olarak alınır. Hücrel yapıların oluşumu ve enerji gereksiniminin giderilmesi beslenme ile sağlanmaktadır. Dışarıdan aldığımız besinler sindirim sisteminde emilebilecek düzeye kadar yani yapıtaşlarına kadar sindirilir ve daha sonra hücrel ihtiyaçların karşılanabilmesi için emilerek kana verilir.

Oksijen: Organizmadaki hemen hemen tüm ana moleküllerin yapısında bulunan oksijen (O₂), atmosfer havasının yaklaşık % 20 sini oluşturan bir gazdır. Tüm gelişmiş organizmalar besin maddelerinde enerji elde edebilmek için oksijen kullanır. Solunum sistemi aracılığı ile alınan O₂ gazının azlığı (hipoksi) veya yokluğu (anoksi) hücrelerde ve vücutta ciddi fizyolojik etkiler oluşturur ve hatta ölüme yol açar.

Çevre ısı ve çevre basıncı: Gezegenimizde yaşayan birçok organizma farklı çevre ısı ve çevre basınçlarına adapte olmuştur. Antarktika buzullarının derinlerinde güneş görmeyen bölgelerde ya da çok sıcak ve asidik zorlu koşullarda yaşayabilen mikroorganizmalar bazı uç örnekler olarak verilebilir. Ancak insan yaşamının devam edebilmesi için belirli sıcaklık ve basınç koşullarının sağlanması zorunludur. İnsan sıcakkanlı bir canlıdır ve vücut sıcaklığı 37 C° civarındadır. İçinde bulunduğumuz çevre koşulları ne olursa olsun bu sıcaklık değeri fizyolojik mekanizmalarla, ± 1 C° lik dar bir sınır içerisinde sabit tutulmaya çalışılır. Aynı

şekilde insan vücudu yeryüzünde, üzerinde bulunan atmosfer tabakasının oluşturduğu bir basınç ile yaşamaktadır. Bu basınç atmosfer basıncı olarak tanımlanır ve deniz seviyesinde 760 mmHg (1 atm.) olarak ölçülür. Bu basınç solunum işlevinin yerine getirilmesi ve oksijen ihtiyacının giderilebilmesi için temel öneme sahip bir faktördür. Yükseklere seyahat edildiğinde, örneğin yüksek rakımlı bir tatil beldesinde atmosfer basıncı daha düşük, dolayısı ile atmosfer havasındaki O₂ miktarı daha az olacaktır. Özellikle, hızlıca 3.000 metrenin üzerine çıkılması; baş dönmesi, bulantı, kusma, görme ve işitme bozuklukları, huysuzluk, uykusuzluk ve halsizlik ile belirgin dağ hastalığına neden olabilir.

Bu koşulun tam tersi olarak bir dalgıcın deniz dibine ilerledikçe maruz kaldığı basınç artışı dalgıcın vücudunda ciddi etkiler ortaya çıkaracaktır. Derinlere doğru gidildikçe yaklaşık her 10 metrede 1 atmosfer basınç artışı oluşur. Yüksek basınç kan ve dokularda çözülmüş halde bulunan gaz miktarını (azot ve O₂) artırır. Bunun sonucunda azot sarhoşluğu ve oksijen zehirlenmesi gibi ciddi durumlar ortaya çıkabilir. Halk arasında vurgun ismi ile bilinen dekompresyon hastalığı ise hızla yüksek basınçtan düşük basınca yani deniz yüzeyine doğru çıkılması sırasında, dokularda çözünen gazın, adeta kaynayan sudan çıkan hava baloncukları gibi baloncuk oluşturarak damarları tıkaması, sinirlere basınç yapması ve zarları yırtması ile karakterize bir hastalıktır.

1.4. Homeostaz (Homeostasis)

Hücrelerin yaşamını devam ettirebilmesi, metabolik ihtiyaçlarını karşılayabilmesine bağlıdır. Bu anlamda hücre dışı çevresine bağımlıdır. Tek hücreli canlılar tüm gereksinimlerini direkt olarak buldukları ortamdan sağlarlar ancak insan gibi trilyonlarca hücreden oluşan gelişmiş bir organizmada hücrelerin ihtiyaçlarının giderilmesi farklı organ sistemlerinin birlikte çalışması ile gerçekleşir. Bu organ sistemleri, dersimizin de konusunu oluşturan sindirim sistemi, solunum sistemi, dolaşım sistemi, boşaltım sistemi, kas-iskelet sistemi, sinir sistemi ve endokrin sistem başlıkları altında incelenir.

Peki, bu sistemler hücrelerimizin ihtiyaçlarını nasıl karşılar, homeostazın devamlılığındaki rolleri nelerdir? Bu soruya cevap verebilmek için ilk olarak **iç ortam** olgusunu kavramak gereklidir. İnsan vücudundaki hücrelerin dışı çevresi içinde buldukları sıvı çevredir. Hücreler arası (interstisyel) sıvı olarak adlandırılan sıvı ortam, hücreleri çevreleyen ve hücrelerin tüm metabolik ihtiyaçlarının sağlandığı ortamdır. İşte bu sıvı ortam Fransız fizyolog Claude Bernard tarafından **iç ortam** olarak adlandırılmıştır. Canlılığın devam edebilmesi için vücudumuzdaki tüm sistemler (üreme sistemi hariç) bir uyum içerisinde, iç ortamın koşullarını belirli bir denge halinde tutmaya çalışırlar. Bu denge hali ise Amerikalı fizyolog Walter B. Cannon tarafından **homeostatis** olarak adlandırılmıştır. Homeostasis sabit bir dengeden daha çok belirli sınırlar arasında değişebilen dinamik bir dengeyi tarif eder. Bu durumu daha iyi anlatabilecek bir örnek vücut sıcaklığımızdır. Vücut sıcaklığımız her an aynı derecede ölçülmez, günün farklı saatlerinde ya da aktivitelerimize göre 35,6 ile 37,4 C° arasında değişiklik gösterebilir.

1.4.1. Homeostazın Devamlılığı Ve Kontrolü Nasıl Sağlanır?

Vücut sıcaklığımız birçok fizyolojik kontrol mekanizmasının birlikte çalışması ile belirli bir aralıkta dengede tutulmaya çalışılır. Bu kontrol mekanizmalarından biri **sinir sistemi**, bir diğeri ise **endokrin sistemdir**. Sinir sistemi, hızla yayılan sinir impulsları yoluyla hızlı, kısa ve bölgesel bir kontrolü sağlarken; endokrin sistem, salgıladığı hormonlarla hedef organlar üzerinden daha yavaş fakat daha uzun süreli ve yaygın bir düzenlemeye neden olmaktadır. Organizma, meydana gelen değişikliğin çeşidine göre bu iki sistemden uygun olanını faaliyete geçirerek homeostazı korur. Tüm sistemlerin homeostaz devamlılığındaki rolleri haftalar ilerledikçe daha iyi anlaşılacaktır.

1.4.2. Negatif ve Pozitif Geribildirim (Feedback) Mekanizmaları

Homeostazın kontrolünde rol alan iki temel mekanizma Negatif ve Pozitif geri bildirim mekanizmalarıdır. Geri bildirim terimi bir değişimin bir önceki aşamayı kontrol ettiği, neden-sonuç ilişkisi içerisinde gerçekleşen bir döngüyü tarif eder. Gerek sinirsel gerekse hormonal yollar ile etki ederler.

Negatif geri bildirim başlangıçta oluşan değişimi azaltan, baskılayan veya durduran bir etki ortaya çıkartır. Bu mekanizma her zaman homeostaza geri dönüşü sağlayan bir mekanizmadır. Negatif geri bildirim ile sağlanan düzenlemeye verilebilecek örneklerden bir tanesi, kan glikoz düzeyinin düzenlenmesidir. Vücudumuzdaki tüm hücrelerin enerji kaynağı olarak kullandığı glikoz yaşamın devam edebilmesi için gerekli temel ihtiyaçlardan biridir. Dolayısı ile kan glikoz düzeyi organizma tarafından sürekli belirli bir düzeyde tutulmalıdır (70 - 100 mg/dl). Beslenmenin hemen ardından kanda glikoz düzeyi yükselmeye başlar. Bu yükseliş pankreasın beta hücrelerinden salgılanan insülin hormonunun salınımını tetikler. İnsülin, başta kas hücreleri olmak üzere birçok hücreye glikoz girişinde kritik rol oynar. Ayrıca glikozun karaciğer ve kasta glikojen şeklinde depolanmasını sağlar. Görüldüğü gibi İnsülin hormonu kan glikoz düzeyi azaltarak normal değerine döndürme yönünde etki eder. Kan glikoz değeri normal haline döndüğünde insülin salgısı da normal düzeyine döner ve homeostaz korunmuş olur. Vücut ısısının düzenlenmesi, kan basıncının (tansiyon) düzenlenmesi, solunumun düzenlenmesi, kanda oksijen ve karbondioksit düzeylerinin düzenlenmesi gibi birçok düzenleme negatif geribildirim mekanizması ile kontrol edilmektedir.

Pozitif geribildirim mekanizması ise temelde başlangıçta oluşan değişimi güçlendiren ve homeostazdan uzaklaştırabilecek bir mekanizmadır ve organizma tarafından daha seyrek olarak kullanılır. Pozitif geribildirim mekanizmasının organizmada kullanıldığı 2 önemli olaydan ilki doğum sırasında oksitosin hormonunun giderek artan salınımı ve uterus kaslarının kasılması ile bebeğin doğumunun kolaylaşmasıdır. Oksitosin hormonu arka hipofizden salınan, serviks ve uterus'un gerilmesi ile salınımı artan bir hormondur. Bu hormonun artışı uterus kasılmalarını (doğum kasılmalarını) daha da güçlendirerek hem bebeğin doğum kanalına itilmesini hem de daha çok oksitosin salınmasını sağlar. Artarak devam eden bu döngüsel olay bebeğin doğumu ile son bulur. İkinci olay ise kanamanın durdurulmasıdır (hemostaz). Kanamanın durdurulmasında önemli basamaklardan biri olan kanın pıhtılaşması aşamasında

pozitif feedback regülasyon gerçekleşir. Damar bütünlüğü bozulup kanama gerçekleştiğinde kan pulcuklarının (trombosit) aktive olması sonucu başlayan döngü çok hızlı bir şekilde daha da fazla trombositin aktive olması ve pıhtılaşmanın gerçekleşmesi ile sonlanır. Belirtilen iki olay organizmada pozitif geribildirim mekanizmasının kullanıldığı olaylardır ve kontrollü olarak gerçekleşir. Ancak yaşlanma ya da bazı patolojik durumlarda homeostazdan uzaklaştırıcı pozitif geribildirim mekanizmalarının hâkimiyeti ortaya ölüm ile sonuçlanabilecek durumlar çıkartabilir.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Fizyolojinin tanımı, canlı yapıya nasıl yaklaştığını, homeostazın ne olduğunu ve nasıl düzenlendiğini öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Fizyoloji bilim dalının incelediği konu düşünüldüğünde aşağıdaki önermelerden hangisi doğrudur?
 - A. Fizyoloji yalnızca bitkileri inceler.
 - B. Fizyoloji yalnızca hayvanları inceler.
 - C. Fizyoloji yalnızca canlıları inceler.
 - D. Fizyoloji tüm canlıları inceler ancak çevre ile ilgilenmez.
 - E. Fizyoloji tüm canlıları inceler ancak çevre ile de ilgilenir.
2. İncelenen fonksiyonlara veya organizasyon düzeylerine göre değerlendirildiğinde, aşağıdakilerden hangisi fizyolojinin bir dalı değildir?
 - A. Sistem Fizyolojisi
 - B. Dolaşım Fizyolojisi
 - C. Eşlem Fizyolojisi
 - D. Hücre Fizyolojisi
 - E. Moleküler Fizyoloji
3. Aşağıdakilerden hangisi canlı yapının özelliklerinden biri değildir?
 - A. Organik madde
 - B. Hareket
 - C. Metabolizma
 - D. Büyüme
 - E. Üreme
4. Aşağıdaki terimlerden hangisi “Organizmanın ihtiyaçları doğrultusunda karmaşık kimyasal reaksiyonlar sonucu enerji ve diğer ihtiyaçlarını elde etmesi” anlamında kullanılmaktadır?
 - A. Büyüme
 - B. Üreme
 - C. Hareket
 - D. Metabolizma
 - E. Isınma
5. Aşağıdaki terimlerden hangisi “Organizmayı oluşturan hücrelerinin sayısının ve boyutlarının artması” anlamında kullanılmaktadır?
 - A. Üreme
 - B. Büyüme
 - C. Hareket
 - D. Metabolizma
 - E. Isınma
6. Yaşamın devam edebilmesi için vazgeçilmez bir kimyasal madde olan “su” ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden hangisi doğrudur?
 - A. Yetişkin bir insanın vücut ağırlığının %30-40'i sudur.
 - B. Yeni doğan bir bebekte su oranı yetişkine göre daha azdır.
 - C. Yaş ilerledikçe insan vücudundaki su oranı artar.
 - D. Vücudumuzdaki su oranı yaşa, cinsiyete, kiloya bağlı olarak farklılık gösterir.
 - E. Vücudumuzdaki su oranı sabittir.

7. Aşağıdakilerden hangisi canlılığın devam edebilmesi için gerekli koşullardan biri değildir?
- Uygun çevre ısısı.
 - Tüketilebilir su.
 - Uygun çevre basıncı.
 - Tüketilebilir besin kaynağı.
 - Uygun çekim kuvveti.
8. Aşağıdaki önermelerden hangisi “iç ortam” olgusunu en iyi biçimde tanımlar?
- Vücudun iç kısmıdır.
 - İç dengedir.
 - Hücrelerin içinde bulunan sıvıdır.
 - Hücreleri çevreleyen sıvı ortamdır.
 - Hücreleri sabitleyen bir denge aracıdır.
9. Aşağıdakilerden hangisi homeostazın devamlılığının sağlanmasında rol oynamaz?
- Üreme sistemi.
 - Endokrin sistem.
 - Sinir sistemi.
 - Dolaşım sistemi.
 - Solunum sistemi.

Cevaplar: D/C/A/D/B/D/E/D/A

2. HÜCRE FİZYOLOJİSİ VE DOKULAR

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

2.1. Hücrenin fonksiyonel yapısı

2.1.1. Hücre zarı

2.1.2. Sitoplazma

2.2. Hücre organelleri

2.2.1. Mitokondri

2.2.2. Endoplazmik retikulum

2.2.3. Golgi aygıtı (ya da aparatı)

2.2.4. Lizozom

2.2.5. Çekirdek ve çekirdekçik (nükleus ve nükleolus)

2.3. Hücre zarından madde taşınması

2.3.1. Difüzyon

2.3.2. Aktif taşıma

2.3.3. Endositoz ve ekzositoz

2.4. Dokular

2.4.1. Epitel doku

2.4.2. Kas doku

2.4.3. Sinir doku

2.4.4. Bağ doku

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Hücre zarı ve organellerini tanımlayabilmeli	
	Hücre zarından madde taşınma yollarını sayabilmeli	
	Dokuların yapı ve işlevlerini sıralayabilmeli	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Organizmayı oluşturan sistem ve organların, bunları oluşturan çeşitli dokuların nasıl oluştuklarını ve nasıl fonksiyon gösterdiklerini daha iyi anlayabilmek için ilk olarak hücre fizyolojisini incelemek gerekir. Hücreler organizmanın yapısal ve fonksiyonel yapıtaşlarıdır ve yaşamın tüm karakteristik özelliklerini sergilerler. Vücudumuzu oluşturan hücreler farklı fonksiyonları yerine getirmek için zelleşmişlerdir ancak genel anlamda birçok hücre benzer temel fonksiyonel yapılarla sahiptir.

2.1. Hücrenin Fonksiyonel Yapısı

Hücreyi oluşturan başlıca maddeler su, protein, lipit, karbonhidrat ve elektrolitlerdir. Ancak bu bileşenler hücreyi oluşturmak üzere bir organizasyon sonucu bir araya gelerek hücre zarı, hücre iskeleti, sitoplazma, organeller ve genetik materyali oluşturmuştur. Hücrenin fizyolojisini daha iyi anlayabilmek için tüm bu fonksiyonel yapılar ayrı ayrı incelenmelidir.

2.1.1 Hücre Zarı

Hücre membranı ya da plazma membranı olarak da adlandırılır. Hücre zarı, hücre içi ortam ile hücre dışı ortamı birbirinden ayıran, iç ve dış ortam arasında madde geçişi ve iletişimi sağlayan, hücrenin şeklini kazanmasında önemli rol oynayan ve kas ve sinir hücreleri gibi özelleşmiş hücrelerde elektriksel potansiyeller oluşturarak komşu hücrelere iletmek gibi çok özel fonksiyonları yerine getirebilen bir yapıdır. Yapısını incelediğimizde akışkan mozaik model olarak tanımlanan, çift katlı fosfolipit bariyer arasında yerleşmiş integral ve periferik proteinleri bulunduran ve dış yüzeyinde yoğunlaşan karbonhidratlardan oluşan bir yapıdır. İnce ve elastik bir yapı olan hücre zarını oluşturan maddelerin yaklaşık %55'i protein, % 25'i fosfolipit, % 13'ü kolesterol, %4' ü diğer lipitler ve %3'ü karbonhidratlardır.

2.1.1.1. Hücre Zarını Oluşturan Yapılar

Lipid çift katlı bariyer

Hücrenin etrafını kaplayan küresel bir tabakadır. Çift katlı lipid tabakanın çoğunluğu fosfolipit (fosfat içeren yağ molekülleri) yapıdadır. Fosfolipid moleküllerin baş kısımları yani fosfat kısımları hidrofilik (suda çözünmeye müsait) kuyruk kısımları yani yağ asidi kısımları ise hidrofobik (sudan kaçınan) dir. Çift katmanlı bu yapının hücre içi ve hücre dışındaki sıvı ortama bakan yüzleri hidrofilik kısımlardan, iki katmanın arasında bulunan ve sudan fakir olan kısma bakan yüzleri ise hidrofobik kısımlardan oluşmuştur. Lipit tabaka Glikoz, üre, çeşitli iyonlar gibi suda eriyebilen maddelere geçirgen değildir. Ancak oksijen, karbondioksit ve alkol gibi yağda eriyebilen maddeler lipid tabakayı kolaylıkla geçebilirler. Bu özellik zarın seçici geçirgenliğini oluşturan temel özelliklerden biridir. Kolesterol molekülleri de lipid tabaka içerisinde erimiş olarak bulunurlar. Kolesterolün görevleri zarın akışkanlığını ve suda çözünen maddelere olan geçirgenliği belirlemektir.

Zar proteinleri

Hücre zarının yapısına katılan proteinler genellikle glikoprotein (karbonhidrat içeren protein) yapıdadır. Zarın içerisine gömülü olarak bulunan proteinler integral proteinler ve periferik proteinler olarak 2 ayrı grupta incelenir. İntegral proteinler zarı boydan boya geçerler ve hücrenin içi ile dışı arasında bir kanal oluştururlar. Lipid tabakadan geçemeyen maddeler genellikle bu kanalları kullanarak taşınırlar. Bazı integral proteinler ise glikoz ya da iyonlar gibi birçok maddeye özgü taşıyıcılık görevi üstlenebilir. Taşınacak maddenin büyüklüğü ve elektriksel yükü gibi etkenler maddenin geçişini etkileneceğinden bu protein kanal ve taşıyıcılar seçici geçirgenliğin oluşumunda önemli rol oynamaktadır.

Madde taşınmasının yanı sıra hücre dışından kaynaklanabilecek düzenleyici maddeler (hormon vs...) için reseptör görevi üstlenebilirler. Ayrıca antijenik yapılar olarak vücudun savunma sisteminin (immün sistem) oluşumunda önemli rol oynarlar. Periferik proteinler ise integral proteinlere tutunmuş olarak ya da lipit bariyer içerisinde genel olarak enzim görevi üstlenmişlerdir.

Zar karbonhidratları

Hücre zarında bulunan karbonhidratlar büyük çoğunlukla lipit ve proteinlerle birleşik olarak bulunur (glikolipid ve glikoprotein). Hücrenin dış yüzeyine doğru uzanan karbonhidrat molekülleri dış yüzeyi kaplayan glikokaliks tabakasını oluştururlar. Bu yapı hücreler arası bağlanma ve etkileşimde önemli görevler üstlenirken, proteinlerle birlikte reseptör ve antijenik yapının oluşumuna katkıda bulunurlar. Ayrıca bu karbonhidrat moleküllerinin uçları negatif yüklü olduğundan hücre yüzeyinin polarize olmasını (negatif) sağlarlar.

Hücre iskeleti

Hücre iskeleti bir seri protein yapı tarafından oluşturulur. Temelde mikrofilament ve mikrotübüller olarak adlandırılan bu yapıların görevleri; hücrenin şeklinin oluşumunda hücre zarına destek olmak, hücrenin hareketini sağlamak ve hücre içerisinde taşıyıcı veziküller için bir yolak oluşturmaktır. Mikrofilamentler ya da aktin filamentler hücre iskeletini oluşturan en ince yapılarıdır. G-aktin den oluşurlar ve ileride göreceğimiz gibi kas hücrelerinde kasılma işinin gerçekleşmesinde rol oynayan temel yapılarıdır. Hücre iskeletini oluşturan filament yapılarından bir başkası da ara filamentler olarak isimlendirilir. Mikrofilamentlere göre daha kalın ve dayanıklı olan bu ara filamentler, organellere ve özellikle hücrenin çekirdeğine yapısal destek olmanın yanı sıra hücre bölünmesi ve DNA replikasyonu gibi çok önemli konularda da rol alır. Ara filamentler pek çok hücrede farklı yapıda bulunabilir. Epitel hücrelerde keratin, kas hücrelerinde desmin proteininden oluşan ara filamentler örnek olarak verilebilir. Mikrotübüller ise hücrenin hareketini sağlayan siliyer ve flagellar yapıların oluşumunu, sentriyollerin ve hücre bölünmesi sırasında gözlenen mitotik iğciklerin oluşumunu ve hücre içi transportta (taşınma) yolakların oluşumunu sağlayan yapılarıdır. Tubulin proteininde oluşurlar.

2.1.2. Sitoplazma

Sitoplazma hücre zarının iç kısmı ile zarı ile çekirdek zarı arasında kalan kompartmanı dolduran yarı sıvı bir matrikstir. İçerisinde hücre organellerini bulduran sitoplazmanın sıvı kısmına sitozol adı verilir. Sitozolü oluşturan bileşenler incelendiğinde yaklaşık %70 oranında sudan oluştuğu görülür. %20-30 oranında ise protein, karbonhidrat ve lipit yapıdaki makromoleküller ve potasyum, sodyum, kalsiyum gibi birçok iyondan oluştuğu görülür.

2.2. Hücre Organelleri

Hücre içerisinde bulunan ve her biri kendine özgü görevler üstlenmiş yapılardır. Organel çeşitliliği ve sayısı hücrenin tipine ve fonksiyonuna göre değişiklik gösterebilir. Bu

nedenle membranöz organeller olarak da adlandırılan temel organellerden bahsedeceğiz. Bunlar mitokondri, endoplazmik retikulum, golgi aparatı, lizozom ve hücre çekirdeğidir.

2.2.1. Mitokondri

Çift katlı bir zar ile çevrili olan mitokondriler hücrenin enerji santrali olarak kabul edilirler. Vücudumuzda yaygın olarak kullanılan kimyasal enerji bileşiği adenozintrifosfat (ATP) dir. Yüksek enerjili bir fosfat bileşiği olan ATP, mitokondrinin zar katmanları arasında bulunan oksidatif enzimler tarafından sentezlenir. Farklı canlılar ve hücreler ATP biyosentezini farklı şekillerde gerçekleştirebilir. Glikozun oksijen ile tepkimeye girmesi sonucu H₂O ve CO₂ gibi inorganik maddelere kadar parçalandığı oksijenli solunum yüksek verimli bir ATP üretim sürecidir. Enerji üretimi dışında mitokondriler, hücre içerisinde haberleşme, hücre değişimi ve programlanmış hücre ölümü (apoptozis) ile ilgili önemli görevler üstlenmektedir.

2.2.2. Endoplazmik retikulum

Endoplazmik retikulum çekirdek zarının dış kısmının bir uzantısı şeklinde görülür ve yassılaştırmış formda bir kanalcıklar sistemidir. İki tip endoplazmik retikulum bulunur. Kaba (granüllü) ve düz (granülsüz) endoplazmik retikulum. Kaba endoplazmik retikulum, dış zar katmanına yerleşmiş ribozomların varlığı dolayısıyla granüllü bir görüntü sergiler. Ribozomlar protein sentezinin gerçekleştiği yapılardır. Büyük ve küçük üniteler olmak üzere iki alt üniteden oluşan ribozomlar protein sentezi sırasında taşıyıcı RNA (tRNA) ve haberci RNA lar (mRNA) ile birlikte çalışarak protein translasyonunu gerçekleştirirler. Granülsüz endoplazmik retikulum ise lipid ve karbonhidrat metabolizması ile ilgili görevler üstlenir.

2.2.3. Golgi Aygıtı (Ya Da Aparatı)

Endoplazmik retikulumda üretilen proteinlerin veziküller halinde paketlenmesi, lizozomların ve çeşitli organellerin oluşumunda rol oynayan golgi aparatı, salgı hücrelerinde oldukça gelişmiştir. Golgi aygıtında oluşan salgı vezikülleri mikrotubuller aracılığı ile hücre içerisinde taşınır. Eğer vezikül içeriği (hormon, enzim gibi) hücre dışına salgılanacaksa, hücre zarı ile birleşerek ekzositoz ile dışarıya bırakılır.

2.2.4. Lizozom

Hücrede sindirim görevini üstlenmiş yapılar olarak da bilinirler. Bunun nedeni fazla miktarda hidrolitik (eritici) enzim içermeleridir. Golgi aparatı tarafından oluşturulan bu organeller sadece besin partiküllerinin değil, hücre içerisindeki ömrünü tamamlamış organellerin veya hücreye dışarıdan giren virüs ya da bakteri gibi patojenlerin de yok edilmesinde önemli rol oynar.

2.2.5. Çekirdek ve Çekirdekçik (Nükleus ve Nükleolus)

Çift katlı zar yapısına sahip çekirdek hücrenin tüm fonksiyonlarının yönetildiği bir kontrol merkezi olarak işlev görür. Çekirdeği çevreleyen çekirdek zarı, çekirdek içerisinde

bulunan genetik materyali koruyan ve hücrenin sitoplazmasından ayrı tutan yapıdır. Çekirdek içerisinde buluna genetik materyal kromozomlar halinde bulunur. Kromozomlar DNA molekülünün paketlenmiş ve organize edilmiş halde bulunduğu yapılardır. İskelet kası hücrelerinde (miyosit) olduğu gibi, bir hücrede birden fazla çekirdek bulunabilir. Ancak çekirdeğini kaybetmiş bir hücre; örn. alyuvar (eritrosit) bölünemez ve ölmeye mahkûmdur. Çekirdekçik ise çekirdek içerisinde bulunan ve asıl görevi rRNA (ribozomal RNA) sentezidir. Etrafında kendisini çekirdeğin diğer bölümlerinden ayıran bir zar yoktur. Çekirdekçiğin büyüklüğü ile hücrenin sentez etkinlikleri arasında doğru orantı vardır.

2.3. Hücre Zarından Madde Taşınması

Hücre zarı ve hücrenin fonksiyonel yapısı hakkında bilgi edindik. Hücrenin yaşamını devam ettirebilmesi için dış ortamla arasındaki madde alışverişi nasıl gerçekleşir? Hücre zarından madde taşınması pasif ya da aktif olarak gerçekleşmektedir. Ancak taşınma yollarından bahsetmeden hemen önce difüzyon teriminin bilinmesi faydalı olacaktır.

2.3.1. Difüzyon

Maddeleri oluşturan moleküllerin, kendi kinetik enerjilerinden kaynaklanan rastgele hareketleri ile çok yoğun oldukları bir ortamdan daha az yoğun oldukları ortama doğru yayılmaları olarak açıklanabilir.

Pasif Difüzyon:

Maddelerin enerji harcanmadan hücre zarından geçişine pasif difüzyon denir. Pasif difüzyon farklı şekillerde gerçekleşebilir. Daha önce belirtildiği gibi hücre zarı seçici geçirgen bir yapıya sahiptir. Suda çözünen maddeler lipit tabakadan geçemez ancak kanal proteinleri ya da taşıyıcı proteinler aracılığı ile geçebilirler. Alkol, O₂ ve CO₂ gibi maddeler ise lipit tabakadan kolaylıkla geçebilir. Dolayısı ile alkol ya da suda çözünen ve kanal proteinlerinden rahatça geçebilen bir iyon daha çok yoğun olduğu taraftan daha az yoğun olduğu tarafa doğru kolaylıkla hareket edebilir. Yani hücre dışında yoğun ise hücre içine doğru difüze olabilir. Bu geçiş için enerji harcanmaz ve bu tip taşınmaya **basit difüzyon** denir. Eğer taşınacak madde hücre zarından geçmek için bir taşıyıcı (spesifik) proteine ihtiyaç duyuyor ise ve yine yoğun olduğu taraftan az yoğun olduğu tarafa taşınacak ise bu taşıma için de enerji harcanmaz. Bu tip taşınmaya **kolaylaştırılmış difüzyon** denir. Bu tip taşınmanın basit difüzyondan farkı difüzyonun taşıyıcı molekül miktarı ile sınırlı olmasıdır. Su hücre zarında bulunan ve aquaporin adı verilen kanal proteinleri ile hücre içine veya dışına difüze olabilir. Suyun çok yoğun olduğu ortamdan az yoğun olduğu ortama geçişine bir başka deyişle suyun net difüzyonuna **ozmoz** adı verilir. Ozmoz basit difüzyondan farklı olarak seçici geçirgen bir zardan geçişi zorunlu kılar. Ozmoz sadece sıvı ortamlarda gerçekleşir ve sıvıda çözülmüş diğer partiküllerin konsantrasyonundan etkilenir.

Peki, hâlihazırda hücre içinde yoğunluğu daha fazla olan bir madde hücre dışından içeriye alınmak isterse nasıl bir taşıma yapılmalıdır?

2.3.2. Aktif Taşıma

Bir madde hücre zarından az yoğun olduğu taraftan çok yoğun olduğu tarafa taşınmak isteniyorsa enerji harcanarak taşınır ve bu taşıma tipi **aktif taşıma** olarak adlandırılır. Enerji direkt olarak maddenin kendisinin taşınmasında kullanılıyorsa **primer (birincil) aktif taşıma** olarak adlandırılır. Sodyum, potasyum, kalsiyum gibi iyonlar bu şekilde taşınır. Bir maddenin aktif taşınması sırasında harcanan enerji bir başka maddenin de taşınmasını sağlıyorsa bu taşıma tipine **sekonder (ikincil) aktif taşıma** denir. Sodyumla aminoasit veya sodyum ile glikoz taşınması sekonder aktif taşıma ile olur.

2.3.3. Endositoz ve Ekzositoz

Hücre zarında bulunan kanallardan geçemeyecek kadar büyük olan moleküllerin hücre içine alınması **endositoz**, hücre dışına taşınması ise **ekzositoz** olarak adlandırılır. Her iki taşınma sırasında da enerji harcanır. Hücreye endositoz yolu ile alınacak madde katı ise taşınma **fagositoz** olarak adlandırılır. Vücudumuzda bulunan savunma hücrelerden (lökosit veya akyuvar) nötrofil, fagositoz yeteneği yüksek bir lökositir. Karşılaştığı patojeni fagositoz yolu ile hücre içerisine alır ve parçalayarak ortadan kaldırır. Hücre içerisine alınacak madde sıvıda çözülmüş olarak bulunuyorsa **pinositoz** yolu ile alınır.

2.4. Dokular

Kökenleri farklı olsa bile benzer fonksiyonları olan hücrelerin organizasyonu sonucu dokular oluşur. Dokular 4 temel grup altında incelenir. Bunlar; epitel dokusu, kas dokusu, sinir dokusu ve bağ dokulardır. Dokuları kısaca değerlendirelim.

2.4.1. Epitel Doku

Vücut yüzeyini ve içi boşluklu organların iç yüzeyini kaplayan devamlı bir tabaka niteliğindedir. Epitel doku 3 başlık altında incelenir. Bunlar: örtü epiteli, salgı epiteli ve duyu epitelidir.

Örtü epiteli; yapı ve fonksiyon bakımından çok farklı tiplere sahiptir. Örn; tükürük bezi kanallarının içi çok katlı silindirik epitel doku ile örtülüyken, dolaşım sisteminin önemli bir yapısı olan kılcal damarlarda tek katlı yassı epitel (endotel) örtü bulunur. Fonksiyonel olarak örtü epiteli dokuları zararlı dış etkenlerden koruma görevi üstlenir.

Salgı epiteli; temel görevi salgı yapmak olan salgı bezleri epitel dokunun içe kıvrılması ile oluşur. Salgı bezleri endokrin ve ekzokrin salgı bezleri olmak üzere iki temel grupta incelenir. Endokrin bezler salgılarını doğrudan dolaşım sistemine salgırlar ve bu salgılar hormon olarak adlandırılır. Ekzokrin bezler ise salgılarını bir kanal aracılığı ile başka bir organın boşluğuna ya da epitelyum yüzeyine salgırlar. Bu bezlere verilebilecek en iyi örnek hem endokrin hem de ekzokrin salgı yapan pankreas organıdır. Pankreasın insülin, glukagon gibi salgıları kana verilirken, sindirim ile ilgili enzim salgıları ince bağırsağın ilk kısmı olan duodenuma salınır.

Duyu epiteli: Bir kısım epitel doku kapladıkları yüzeyin dış kısmında silia denen yapılar bulundurulur. Silialar daha önce bahsedilen mikrotübüler yapılardır. Bu epitel silialar aracılığı ile dış ortamdan gelen uyarıları algılayabilir ve hareket ederek yabancı materyallerin uzaklaştırılmasında yardımcı olurlar. Trakea'nın (soluk borusu) iç yüzeyini kaplayan “yalancı çok katlı silialı epitel” hem salgı hem de duyu epiteline örnek olarak verilebilir. Soluk alırken havadaki zararlı küçük parçacıkların tutulması ve uzaklaştırılmasında önemli rol oynar.

2.4.2. Kas Doku

Kas dokuyu oluşturan hücreler (miyositler) boylarını kısaltabilen (kasılabilen) özelleşmiş hücrelerdir. Üç tip kas doku bulunur. Bunlar; **çizgili kas** (iskelet kası), **düz kas** ve **kalp kasıdır**.

İskelet kası (Çizgili kas): Mikroskopik incelemede çizgili bir görünüm sergilediği için çizgili kas adını alır. Kasılmayı sağlayan proteinlerin (aktin ve miyozin) sıralı dizilimleri ve ışığı yansıtma özellikleri bu çizgili görünümü oluşturur. Çizgili kas iskelet sisteminin hareketini sağlar. Tendonlar aracılığı ile kemiklerdeki bağlanma bölgelerine tutunurlar. Boyları kısıncı (kas kasılınca) iskelet sistem hareket eder. Temel fonksiyonel özeliği organizma tarafından sinir sistemi aracılığı ile istemli olarak kontrol edilebilmesidir. İskelet kasının yapısı incelendiğinde lif demetleri (miyofibril) halinde yerleştikleri görülür. Demetleri oluşturan lifler birbirinden bağımsız bir şekilde kontrol edilerek kasılma kuvveti ayarlanabilir.

Kalp kası: Mikroskopik görünümü çizgili olmasına karşın iskelet kasından farklı bir yapıya sahiptir. Kalp kası hücreleri (miyositler) dallanmış ve birbirleri ile daha sıkı bağlantılı bir hücreler topluluğudur. İki miyosit arasındaki sıkı bağlantı bölgelerinde düşük direnç alanları olarak adlandırılan interkale diskler bulunur. Bu bağlantı bölgeleri kalp kasının elektriksel uyarıların iletiminde avantajlı olmasını sağlar. Kalp kası istemli olarak kontrol edilemez ancak otonom sinir sistemi aracılığı ile fonksiyonu düzenlenmektedir.

Düz kas: Çizgilenme göstermeyen düz kas hücreleri, sindirim sistemi organları, damarlar gibi içi boşluklu organların duvarlarında ve gözde iris tabakası gibi özel yapılarda bulunur. Düz kas dokusu istemli olarak kontrol edilemez.

2.4.3. Sinir Doku

Sinir hücreleri (nöronlar) ve destek hücreler (glia hücreleri) tarafından oluşturulan doku, elektriksel impulsların iletimi için özelleşmiş bir dokudur. Bu dokunun işlevini daha iyi anlayabilmek için bir nöronun yapısı incelenmelidir. Bir nöronun yapısı; dendrit, hücre gövdesi (soma) ve aksondan oluşur. Dendritler hücre gövdesinin çevresinde yer alan uzantılardır ve diğer nöronlardan gelen uyarıları algırlar. Hücre gövdesi hücrenin yaşaması ve fonksiyonunu yerine getirebilmesi için gerekli organellerin bulunduğu bölümdür. Akson ise elektriksel impulsun komşu hücrelere taşınmasını sağlayan ana uzantıya verilen isimdir. Akson çapı ve uzunluğu sinir hücresinin tipine göre değişiklik gösterir. Konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgi sinir sistemi fizyolojisi bölümünde ele alınacaktır.

2.4.4. Bağ Doku

Bağ doku vücudumuzda diğer tüm dokulara destek olarak bulunan bir doku tipidir. Genel bağ doku, kıkırdak doku, kemik doku, kan doku ve lenf doku başlıkları altında incelenir. Kan ve lenf doku haricindeki tüm dokular kollajen ve elastik lifler içerir. Bunların yanı sıra gel benzeri bir sıvı matrix ve doku hücrelerini bulundurur.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Hücre zarının fonksiyonları, hücre zarından madde alış verişi ve organellerin görevlerini öğrendik. Ayrıca hücrelerin organizasyonu sonucu oluşan dokuları ve fonksiyonlarını öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdakilerden hangisi hücreyi oluşturan başlıca maddeler arasında bulunmaz?
 - A. Su
 - B. Karbonhidratlar
 - C. Proteinler
 - D. Elektrolitler
 - E. Gazlar
2. Hücrenin fonksiyonel yapısı düşünüldüğünde aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - A. Her hücre, hücre zarına sahiptir.
 - B. Her hücre, organellere sahiptir.
 - C. Her hücre, bir çekirdeğe sahiptir.
 - D. Her hücre, sitoplazmaya sahiptir.
 - E. Her hücre, canlılık özelliği gösteren temel birimdir.
3. Hücrenin zarının yapısı düşünüldüğünde aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - A. Hücre zarı çift katlı lipid tabakadan oluşur.
 - B. Hücre zarının yapısına katılan proteinler bulunur.
 - C. Hücre zarının yapısına katılan karbonhidratlar yalnızca hücre içinde bulunur.
 - D. Hücre zarının yapısına katılan proteinler taşıyıcılık görevi üstlenebilir.
 - E. Hücre zarının yapısına katılan lipid tabaka suda eriyebilen maddelere geçirgen değildir.
4. “Çekirdek zarının dış kısmının bir uzantısı olarak devam eden bir kanalcıklar sistemi” tanımlaması aşağıda belirtilen yapılardan hangisini işaret etmektedir?
 - A. Mitokondri
 - B. Lizozom

C. Endoplazmik retikulum

D. Nükleus

E. Nükleolus

5. Aşağıda belirtilen yapılardan hangisinin “zar katmanları arasında bulunan oksidatif enzimler tarafından ATP sentezlenir”?

A. Mitokondri

B. Lizozom

C. Endoplazmik retikulum

D. Nükleus

E. Nükleolus

6. Hücre zarından madde taşınması sırasında, “enerji direkt olarak maddenin kendisinin taşınmasında kullanılıyorsa olarak adlandırılır” Cümlesindeki boşluğu doğru şıkkı seçerek doldurunuz.

A. Primer aktif taşıma

B. Sekonder aktif taşıma

C. Endositoz

D. Ozmoz

E. Kolaylaştırılmış difüzyon

7. Aşağıdaki yapılardan hangisinin temel fonksiyonel görevi “dokuları zararlı dış etkenlerden korumaktır”?

A. Duyu epitelidir

B. Kas doku

C. Örtü epiteli

- D. Lenf Doku
- E. Salgı epiteli

8. Kas doku ile ilgili aşağıdaki önermelerden doğru olanı işaretleyiniz.

- A. Kas dokuyu oluşturan hücreler miyozin olarak adlandırılır.
- B. Kas dokuyu oluşturan hücreler boylarını kısaltabilen özelleşmiş hücrelerdir.
- C. İki tip kas doku bulunur.
- D. İskelet kasın iç organlarımızda bulunur.
- E. Düz kas dokusu çizgili bir görünüm sergiler.

9. Sinir hücreleri ile ilgili aşağıdaki önermelerden doğru olanı işaretleyiniz.

- A. Hücre gövdesinin çevresinde yer alan uzantılar dendrit olarak isimlendirilir.
- B. Elektriksel impulsun komşu hücrelere taşınmasını sağlayan ana uzantı soma olarak adlandırılır.
- C. Akson, sinir hücresinin gövde kısmıdır.
- D. Dendritler hücrenin organellerinin bulunduğu bölümdür.
- E. Akson çapı ve uzunluğu her sinir hücresinde aynıdır.

10. Bağ doku vücudumuzda diğer tüm dokulara destek olarak bulunan bir doku tipidir. Aşağıdaki doku tiplerinden hangisi bağ dokuya dahil edilemez?

- A. Kıkırdak doku
- B. Kemik doku
- C. Kas doku
- D. Kan doku
- E. Lenf doku

Cevaplar: E/C/C/C/A/A/C/B/A/C

3. AKSİYON POTANSİYELİ VE UYARILABİLEN DOKULAR

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

3.1. Dinlenme Membran Potansiyel

3.2. Aksiyon Potansiyeli

3.3. Kas Tiplerinde Uyarılma ve İletim

3.3.1. İskelet kası (çizgili kas)

3.3.2. Düz kaslar

3.3.3. Kalp Kası

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Hücrelerde dinlenme membran potansiyelinin gelişimini açıklayabilir.	
	Uyarılabilen dokuları ve sinirde aksiyon potansiyelinin oluşumunu tanımlayabilir.	
	Kasların kasılma mekanizması ve kas tipi farklılıklarını sayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Fizyolojiye giriş konusunda uyarılabilme ve iletebilmenin canlılığın temel özelliklerinden bir tanesi olduğunu belirtmiştik. İletebilme özelliğini kazanmış olan sinir ve kas hücresi gibi hücreler organizmanın gerek iç gerekse dış çevresi ile iletişimde olmasını ve aldığı uyarılara yanıt verebilmesini sağlar. Peki, hücre zarlarında bir uyarı oluşturabilmek ve bu uyarıyı iletebilmek üzere özelleşmiş olan bu hücreler, bu fonksiyonu nasıl yerine getirmektedir?

Bu soruyu yanıtlayabilmek için ilk olarak hücre içi sıvı ve hücre dışı sıvı ortamlarda bulunan yüklü iyonların dağılımını ve bu dağılımın nasıl gerçekleştiğine bakmalıyız. Hücrelerin iç ve dış ortamları arasında farklılık tatbikî sadece iyonlar bazında değildir ancak konumuz gereği iyonların bir kısmını göz önünde bulunduracağız.

3.1. Dinlenim Membran Potansiyel

Dinlenim durumunda yani herhangi bir uyarana ile aktive olmamış haldeyken hücrelerin iç ve dış ortamları arasında sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), klor (Cl^-) gibi yüklü iyonlar açısından farklılıklar bulunur. Örneğin Na^+ hücre dışında daha yoğun halde bulunurken, K^+ hücre içerisinde daha yoğun olarak bulunur. Aynı zamanda hücrenin sitoplazması negatif yüklü iyonlardan ve proteinlerden zengin bir sıvı ortamdır. Hücre içinde sentezlenen ve hücre zarından dışarıya çıkamayan bu anyonlar hücre içinin dışarıya oranla negatif kalmasında önemli rol oynarlar. Ayrıca hücre zarında Na^+ ve K^+ a geçirgen olan kanallar vardır. Bu kanallar **sızma kanalları** olarak bilinir ve daima iyon geçişine açıktır. Hücre dışında fazla olan Na^+ iyonu basit difüzyon ile hücre içerisine geçerken, hücre içinde yoğun olan K^+ iyonu ise hücre dışına diffüze olur. Ancak kritik nokta bu sızma kanallarının iyonlara olan geçirgenliklerindeki farklılıktır. Pozitif yüklü bir iyon olan K^+ un hücre dışına sızması, yine pozitif yüklü bir iyon olan Na^+ un hücre içine sızmasına göre 100 kat daha kolaydır. Yani pozitif yüklerin hücre dışına kaçışı daha kolaydır. Dolayısıyla ile bu geçirgenlik farkı hücre içinin negatif kalmasına neden olan başka bir etkidir. Gerek iyonların dağılımında gerekse dinlenim zar potansiyelinin oluşumunda aktif rol oynayan etkenlerden biri de **Na^+/K^+ pompası** olarak adlandırılan bir enzimdir. Bu pompa aktif olarak 3 Na^+ iyonunu hücre dışına taşıırken 2 K^+ iyonunu hücre içine alır. Net iş olarak bakıldığında 1 pozitif yüklü iyonu fazladan dışarı atmış olur ve hücre içinin negatif kalmasını sağlar.

Hücre dinlenim durumundayken hücre içi ile hücre dışı arasındaki potansiyel farkını ölçmek için, gümüş elektrotlu bir voltaj ölçer kullanılabilir (mili volt değerinde). Elektrotlardan bir tanesi hemen hücre zarının dış kısmına, bir diğeri ise iç kısmına yerleştirildiğinde, hücre zarının hemen iç kısmının dış tarafa göre daha elektronegatif olduğu ölçülebilir. Dinlenim membran potansiyeli hücreden hücreye farklılık gösterebilir. Ancak her zaman negatiftir. Örneğin bir motor nöronun dinlenim membran potansiyeli -70 mV civarındayken, iskelet kas hücrelerinin dinlenim membran potansiyeli -95 mV kadardır. Düz kas hücrelerinin ise -60 mV dur.

Peki, dinlenim durumunda hücre zarının iç tarafı ile dış tarafı arasındaki bu potansiyel farklılığı, nasıl ilerleyebilen bir akıma yani **aksiyon potansiyeline** dönüşmektedir?

3.2. Aksiyon Potansiyeli

Dinlenim durumundaki bu denge, uyarılabilir hücrelerin özelleşmiş membranlarında meydana gelebilecek değişiklikler sonucunda kısa bir süre içinde değişikliğe uğrayabilir ve membranın iç ve dış tarafındaki polarite değişebilir. Bu değişiklikleri olanaklı hale getiren yapılar hücre membranlarında bulunan voltaja duyarlı kanallardır. Bu kanallar hücre membranında meydana gelebilecek voltaj değişikliklerinden etkilenerek açık duruma geçer ve hücre zarından iyon akışlarına olanak sağlarlar. Bir nöron örneği üzerinden devam edersek, nöronun hücre zarında voltaja duyarlı Na^+ kanalları bulunur. Bu kanallar aktive olduğunda (aktivasyon kapıları açıldığında) hücre dışında bol miktarda bulunan Na^+ iyonu hücre içerisine diffüze olur. Ve hücre zarının o kısmında iç ve dış arasındaki polarite bir an için tersine döner.

Bu olaya **depolarizasyon** denir. Çok kısa bir süre sonra voltaj duyarlı Na⁺ kapılarının kapanır (inaktivasyon kapıları kapanır) ve hücre içine Na⁺ akışı son bulur. Depolarizasyon sona erer. Depolarizasyonun sonunda membranın o kısmında bir ölçüm yapılacak olursa iç kısma giren pozitif yüklü Na⁺ lardan dolayı içerisinin dışarıya oranla daha pozitif olduğu saptanır. Bir nöron için bu değer ortalama +35 mV dur. Ardından voltaj duyarlı K⁺ kanalları aktive olur. Bu kanallar sayesinde hücre içerisinden K⁺ iyonu dışarıya diffüze olmaya başlar. Pozitif yüklü K⁺ iyonu kaybedildikçe membran tekrar dinlenme durumuna doğru döner ve bu olay **repolarizasyon** olarak adlandırılır. Bir nöron için aksiyon potansiyelinin oluşum zamanı yaklaşık 2-3 milisaniyedir. Ancak kalp kasında (ventrikül miyokardında) bu süre 300 milisaniyeye kadar ulaşabilir.

Daha sonra bu potansiyel hücre membranında yan yana bulunan Na⁺ ve K⁺ kanallarını tetikleyerek membran boyunca ilerler. Nöronlarda bu iletim aksonun boyun kısmında başlar ve akson boyunca ilerler, aksiyon potansiyelinin akson boyunca iletilmesi **impuls** olarak adlandırılır. İletin hızı aksonun miyelinli ya da miyelinsiz oluşuna göre farklılık gösterir. Akson miyelinsiz ise akım devamlıdır ve **devamlı ileti** olarak adlandırılır. Ancak ileti hızı düşüktür. Akson **miyelinli** ise **sıçrayarak ileti** olarak adlandırılan bir ileti türü oluşur. **Shwann** hücreleri tarafından oluşturulan miyelin kılıf belirli aralıklarla kesilen bir yalıtkan kılıf oluşturur. Kılıfın kesintiye uğradığı bölgeler **Ranvier** boğumları olarak adlandırılır ve ileti burada bulunan Na⁺ kanallarının aktivasyonu ile sıçrayarak gerçekleşir. Bu özellik sinirlerde iletinin çok daha hızlı iletilmesini sağlar.

Peki, aksiyon potansiyeli nasıl tetiklenir ya da membranda değişiklik oluşturacak her uyarı aksiyon potansiyelini başlatabilir mi?

Aslında her uyarılabilen hücrenin zarının uyarılabilme eşiği farklılık gösterir. Yani voltaj duyarlı Na⁺ kanallarının aktivasyonunun sağlayacak uyarı farklı büyüklüktedir. Bu değer **uyarılma eşiği** ya da **eşik değer** olarak adlandırılır ve kural olarak uyarılan membranda dinlenme potansiyelinde 15 mV luk bir değişiklik meydana getiren uyarının aksiyon potansiyelini tetiklediği kabul edilir. Örneğimizden devam edersek -70 mV luk dinlenme potansiyelini -55 mV değere (15 mV fark, sıfıra doğru) çekebilirsek voltaj duyarlı Na⁺ kanallarını aktive ederiz ve aksiyon potansiyelini tetikleriz. Bu duruma **hep ya da hiç cevabı (yasası)** denir. Eğer uyarı eşik değeri üzerinde ise sinirde bir iletiye dönüşür ve hep aynı cevap oluşur. Eşik altında ise cevap oluşmaz. Aksiyon potansiyelinin tetiklenmesini sağlayan olay yaşamımız boyunca sayısız defa olduğu gibi reseptörlerimizde ya da sinirlerin birbirlerine yaklaştığı ve temas kurdukları sinapslarda oluşan **lokal potansiyellerdir**. Lokal potansiyeller bir uyarı sonucu gelişirler ancak ilerlemezler. Oluştukları bölgede temasta oldukları nöronu eşik değere ulaştırabilirlerse aksiyon potansiyelini tetiklerler. Aksi takdirde sadece bir **eksitabilite** (uyarılabilirlik) değişikliği oluştururlar. Eksitabilite değişiklikleri bağlantıda oldukları nöronlarda uyarılmayı kolaylaştırıcı (**hipopolarize edici**) ya da uyarılmayı zorlaştırıcı (**hiperpolarize edici**) etki gösterebilirler. Hipopolarizasyon hücrenin polaritesinin daha az olması yani dinlenme membran potansiyelinin uyarılma eşiğine daha yakın olması (daha az negatif), hiperpolarizasyon ise dinlenme membran potansiyelinin uyarılma eşiğine daha uzak olması (daha negatif) dir.

3.3. Kas Tiplerinde Uyarılma ve İletim

Kas hücreleri de nöronlar gibi özelleşmiş hücrelerdir. Kas hücreleri membranlarında aksiyon potansiyeli oluşturabilme ve iletebilmenin yanı sıra boylarını kısaltabilme özelliğine sahiptirler. Bir kasın boyunun **kısalması** o kasın **kasıldığı** anlamına gelir. Kasın boyunu kısaltabilen en küçük fonksiyonel birimi **sarkomer** olarak adlandırılır. Sarkomer kasılabilir üniteler olarak da adlandırılan protein yapılı filamentlerden oluşur. Bu filamentler kalın filament ve ince filament olmak üzere iki tiptir. Kalın filament **miyozin** filamenti, ince filament ise **aktin, troponin ve tropomiyozin** proteinlerinden oluşur. Sarkomerin boyunun kısalması bu iki filament arasındaki etkileşim ile gerçekleşir. Kas kasılması ile ilgili temel fizyolojik özellikler genelde tüm kas hücreleri için ortak yönler içerir. Üç farklı kas doku tipi bulunur bunlar;

3.3.1. İskelet Kası (Çizgili Kas)

Çizgili kaslar vücudumuzda hareketi sağlayan, iskelet sistemini bir arada tutan kaslardır. Işık mikroskobu ile incelendiklerinde çizgili bir görüntü verdiklerinden dolayı bu kaslar çizgili kaslar olarak adlandırılmışlardır. Bu durum fiziksel bir özelliktir ancak çizgili görünümün sağlanmasında çizgili kası oluşturan yapıların düzenli yerleşmiş olması büyük önem taşır. Birbirine seri olarak bağlanmış sarkomerlerden oluşan miyofibriller yapıların bir araya gelmesi ile oluşan bir çizgili kas hücresi, yüksek enerji ihtiyacından dolayı bol miktarda mitokondri bulundurur. Çok çekirdekli hücreler olan çizgili kas hücreleri gelişmiş bir endoplazmik retikulum ağına sahiptir. Kas hücrelerine (**miyosit**) özel olarak endoplazmik retikulum yapısı "**sarkoplazmik retikulum**" olarak, hücre membranı ise "**sarkolemma**" olarak isimlendirilir. Çizgili kaslar somatik sinir sistemi ile direkt bağlantıdadır. Motor sinirler her bir kas lifi ile lifin orta kısımlarında kavuşarak istemli olarak kontrol etmemize olanak tanır.

3.3.1.1. İskelet Kasında Uyarılma ve Kasılma

Her çizgili kas hücresine (kas lifi) ulaşan somatik motor sinir aksonunun kas hücresiyle yaptığı kavuşuma, **nöromuskuler keşişim** ya da **terminal plak** isimleri verilir. Aslında bu kavuşum kimyasal bir sinapstır. Bu sinapsı oluşturan ilk kısım motor nöronun akson sonlanması (presinaptik membran) ikinci kısım ise kas hücresinin sarkolemması (postsinaptik membran) dır. İki membran arasındaki sinaptik aralıkta sıvı bulunur. İskelet kasına ulaşmak üzere motor nöron boyunca ilerleyen impuls, akson sonlanmasına ulaştığında presinaptik membrandaki voltaj duyarlı Ca^{+2} kanalları aktive olur. Bu kanalların açılması ile Ca^{+2} sinaptik aralıktaki sıvıdan akson sonlanmasına giriş yapar. Ca^{+2} burada içerisinde **asetilkolin** depolanmış veziküllerin presinaptik membran ile birleşmesini (füzyon) ve asetilkolinin ekzositoz ile sinaptik aralığa salınmasını sağlar. Sinaptik aralığa salınan asetilkolin, postsinaptik membrandaki ligand kapılı (nikotinik) asetilkolin reseptörlerine bağlanır ve Na^{+} a geçirgen olan bu kanallar aktive olur. Na^{+} kas hücresine doğru akmaya başlar ve burada **terminal plak potansiyelinin** oluşumu sağlanır. Oluşan terminal plak potansiyeli lokal bir potansiyeldir ve kas sarkolemmasında aksiyon potansiyelini tetikler. Postsinaptik membrandaki aktif bölgelerde

bulunan voltaj duyarlı Na⁺ kapıları aktive olur ve aksiyon potansiyeli kas membranı boyunca yayılır. Böylece motor nörondan gelen impuls çizgili kasa aktarılmış olur.

Sarkolemmada ilerleyen potansiyel, **T tubulleri** aracılığı ile kas hücresinin içine, miyofibrillerin aralarına kadar ilerler. T tubulleri sarkolemmanın içe kıvrım yaparak oluşturduğu tübül yapılardır. T tubulleri sarkoplazmik retikulum ile yakın temastadırlar. İlerleyen potansiyel sarkoplazmik retikulumda bulunan kanalların aktivasyonunu sağlar ve sarkoplazmik retikulumda depolanmış Ca⁺² iyonları miyofibrillerin üzerine salınır. Ca⁺² aktin ve miyozin filamentler arasındaki etkileşimi başlatır. Aktin filament üzerinde bulunan tropomiyozin ve troponin, kas dinlenme durumundayken kasılmayı önlerler. Ancak motor sinirle gelen impuls Ca⁺² salınımını tetikleyince, troponin Ca⁺² iyonunu bağlar ve tropomiyozinin kasılmayı önleyici etkisini sonlandırır. Ardından kalın filament olan miyozin üzerindeki miyozin başçıkları harekete geçer ve adeta kürek çekme hareketine benzer şekilde aktin üzerindeki bağlanma bölgelerine bağlanarak bir vuruş hareketi gerçekleştirirler. Bu hareketler sonucunda aktin filamentler orta hatta doğru toplanırlar ve sarkomerin boyu kısalmış olur ve sonuç olarak kas kasılır. Bu olayı açıklayan hipotez **kayan filament modeli** olarak adlandırılır. Miyozin başçıkları aktin filamentte bağlanmayı ve aktin filamentten ayrılmayı gerçekleştirebilmeleri için ATP ye ihtiyaç duyarlar.

Motor sinirlerden ileti geldikçe kas hücresinde Ca⁺² miktarı yüksek kalır ve kasılma devam eder. Bu durum **fizyolojik tetanus** olarak adlandırılır. Kasın gevşeyebilmesi için Ca⁺² iyonlarının sarkoplazmik retikuluma geri alınması gerekir.

3.3.2. Düz Kaslar

Vücudumuzda damarlar ya da sindirim sistemi organları gibi içi boşluklu organların duvar yapılarına katılan ya da gözlerin ön kısmında bulunan ve göze rengini veren iris bölgesini oluşturan düz kas hücreleri ince uzun mekik şeklinde hücrelerdir. Çizgili kaslardan farklı olarak istemli olarak kontrol edilemezler. Aktiviteleri otonom sinir sistemi aracılığı ile düzenlenmektedir ancak çizgili kaslarda görülen sinir kas kavuşumu mevcut değildir. Daha çok, otonom sinir sistemi nöronları kas hücrelerinin yakınından geçerken salgıladıkları maddeler ile etki gösterirler. Hücreler yavaş kasılma gösteren ancak uzun süre yorulmadan kasılabilen hücrelerdir. İskelet kasından farklı olarak düz kaslarda troponin molekülü bulunmaz. Aktin ile miyozin arasındaki etkileşimin Ca⁺² tarafından tetiklenmesi için **kalmodulin** molekülü kalsiyum bağlayıcı rol üstlenir. Ayrıca düz kaslarda gelişmiş bir sarkoplazmik retikulum yapısı bulunmaz. Her ne kadar sarkoplazmik retikulumlarında bir miktar kalsiyum bulunsun da kasılabilmek için **hücre dışı sıvıdaki kalsiyumu** kullanırlar.

3.3.3. Kalp Kası

Kalp kası yapı olarak çizgili kasa benzese de istemli olarak kontrol edilemez. Otonom sinir sisteminin kontrolü altında, kendi önder odağından (pacemaker) kaynaklanan uyarılara bağlı olarak çalışır. Çizgili kas hücrelerinden farklı olarak dallanma gösterirler ve hücreler arasında sıkı bağlantılar bulunur. Hücreler arasında bulunan **interkale diskleri** oluşturan bu

bağlantılar sayesinde hücreler arasında sıkı bir işbirliği oluşur, aksiyon potansiyelleri hücreden hücreye yayılır ve tüm kas kütlesi bir bütün olarak hareket eder. Bu oluşum **foksiyonel sinsityal yapı** olarak adlandırılır. Kalp kası, düz kaslarda olduğu gibi kasılmak için hücre dışı kalsiyuma ihtiyaç duyar.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Dinlenim durumundaki bir hücredeki iyon hareketlerini, vücudumuzdaki elektropotansiyel değişimleri, sinir ve kas sisteminin fonksiyonel temelini oluşturan aksiyon potansiyelini öğrendik. Bu potansiyellerin nasıl ilerleyebilen bir potansiyel haline dönüştüğünü ve kas kasılması ile hareketin temellerinin oluşumunu öğrendik.

Bölüm Soruları

- Aşağıdaki tanımlamalardan hangisi dinlenme membran potansiyelini en iyi biçimde açıklar?
 - Hücre içindeki sıvı ortamdır.
 - Hücre dinlenme halindeyken gerçekleşen olaylardır.
 - Hücre membranının protein oranıdır.
 - Hücre uyarılmamış durumdayken hücre zarının içi ve dışı arasındaki potansiyel farkıdır.
 - Hücre dinlenme halindeyken hücrenin içine K^+ iyonlarının girmesi ile oluşan potansiyeldir.
- Dinlenme membran potansiyelinin oluşumunu sağlayan faktörler düşünüldüğünde aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - Na^+ hücre dışında daha yoğun halde bulunur.
 - Hücre zarında Na^+ ve K^+ a geçirgen olan kanallar vardır.
 - Oluşumunda aktif rol oynayan etkenlerden biri Na^+/K^+ pompasıdır.
 - K^+ hücre dışında daha yoğun halde bulunur.
 - Na^+/K^+ pompası aktif taşıma yapar.
- Na^+/K^+ pompasının fonksiyonu ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - Na^+/K^+ pompası aktif taşıma yapar.
 - 3 Na^+ iyonunu hücre dışına taşır.
 - 2 K^+ iyonunu hücre içine alır.
 - Hücre içinin pozitif kalmasını sağlar.
 - 1 pozitif yüklü iyonu fazladan dışarı atar.
- Aksiyon potansiyelinin oluşumu ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - Her hücrede oluşabilir.
 - Membranın iç ve dış tarafındaki polarite değişimidir.
 - Voltaj duyarlı kanallar aracılığı ile oluşur.
 - Na^+ iyonu hücre içerisine diffüze olur.
 - K^+ iyonu hücre dışına diffüze olur.
- Aşağıdaki önermelerden yanlış eşleştirilene işaretleyiniz.
 - Repolarizasyon - Voltaj bağımlı K^+ kanalları.
 - Depolarizasyon - Na^+ iyonunun hücre içerisine geçişi.
 - Repolarizasyon - Voltaj bağımlı Na^+ kanalları.
 - Depolarizasyon - Voltaj bağımlı Na^+ kanalları.
 - Repolarizasyon - K^+ iyonunun hücre dışına geçişi.
- Aşağıdaki önermelerden doğru eşleştirilene işaretleyiniz.
 - İletinin hızı aksonun miyelinli ya da miyelinsiz oluşundan etkilenmez.
 - Akson miyelinsiz ise akım sıçrayarak ileti olarak adlandırılır.
 - Akson miyelinli ise akım devamlı ileti olarak adlandırılır.
 - Shwann hücreleri miyelin kılıfı oluşturur.
 - Kılıfın kesintiye uğradığı bölgeler shwann boğumları olarak adlandırılır.

7. “Hücrenin zarının uyarılabilme eşiği farklılık gösterir” cümlesindeki eşik fonksiyonel olarak hangi anlamda kullanılmıştır?
- A. Voltaj duyarlı Na^+ kanallarının aktivasyonunun sağlayacak büyüklükteki uyarı büyüklüğü.
 - B. Voltaj duyarlı K^+ kanallarının deaktivasyonunun sağlayacak büyüklükteki uyarı büyüklüğü.
 - C. Voltaj duyarlı Na^+ kanallarının deaktivasyonunun sağlayacak büyüklükteki uyarı büyüklüğü.
 - D. Voltaj duyarlı Cl^- kanallarının deaktivasyonunun sağlayacak büyüklükteki uyarı büyüklüğü.
 - E. Voltaj duyarlı Cl^- kanallarının aktivasyonunun sağlayacak büyüklükteki uyarı büyüklüğü.
8. Aşağıdaki tanımlardan hangisi “hep ya da hiç cevabını” en doğru biçimde açıklar.
- A. Hep ya da hiç cevabı sınırlarda oluşan lokal cevaplardır.
 - B. Eğer uyarı eşik değer üzerinde ise sinirde bir iletiye dönüşür.
 - C. Eğer uyarı eşik değer üzerinde ise cevap oluşur ancak eşik altında ise cevap oluşmaz.
 - D. Hep ya da hiç cevabı aksiyon potansiyelini tetikler.
 - E. Eğer uyarı eşik değer çok üzerinde ise aksiyon potansiyeli oluşmaz.
9. Aşağıdaki önermelerden doğru olanı işaretleyiniz.
- A. Nöronlarda uyarılmayı zorlaştırıcı etki hipopolarize edici etki olarak isimlendirilir.
 - B. Lokal potansiyeller bir uyarı sonucu gelişirler ve ilerlerler.
 - C. Aksiyon potansiyelleri bir uyarı sonucu gelişirler ve ilerlerler.
 - D. Lokal potansiyeller yalnızca eksitabilite değişikliği oluştururlar.
 - E. Nöronlarda uyarılmayı kolaylaştırıcı etki hiperpolarize edici etki olarak isimlendirilir.
10. Aşağıdaki önermelerden yanlış olanı işaretleyiniz.
- A. Fizyolojik tetanus kas hücresinde hücre içi Ca^{+2} miktarının yüksek kalması sonucu oluşur.
 - B. Düz kaslarda kalmodulin molekülü kalsiyum bağlayıcı rol üstlenir.
 - C. Kalp kası kasılmak için hücre dışı kalsiyuma ihtiyaç duyar.
 - D. Nöromusküler kavşakta oluşan terminal plak potansiyeli lilerleyen bir potansiyeldir.
 - E. Terminal plak potansiyelinin oluşumunda Asetilkolin önemli rol oynar.

Cevaplar: D/D/D/A/C/D/A/C/C/D

4. SİNİR SİSTEMİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 4.1. Sinir Hücresi (Nöron)**
- 4.2. Sinaps (Kimyasal sinaps)**
- 4.3. Nöronal İmpulsun Özellikleri**
- 4.4. Nöron tipleri**
- 4.5. Sinir sisteminin fonksiyonel yapısı**
 - 4.5.1. Merkezi Sinir Sistemi (MSS)**
 - 4.5.2. Periferik Sinir Sistemi (PSS)**

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Bir nöronu oluşturan yapıları sayabilir.	
	Sinpsları tanımlayabilir.	
	Nöron tipleri ve sinir sistemi bölümlerini açıklayabilir.	
	Sinir sisteminin genel sınıflandırmasını yapabilir ve fonksiyonlarını sayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Homeostazın korunmasında organizmanın sinir sisteminden faydalandığından daha önceki konularımızda bahsetmiştik. Uyarılabilen ve iletebilen hücreler olarak özelleşmiş olan sinir hücreleri(nöron) bu sistemin temelini oluşturmaktadır. İsterseniz sinir sisteminin genel fonksiyonel fizyolojisinden bahsetmeden önce bir nöronun yapısına göz atalım.

4.1. Sinir Hücresi (Nöron)

Sinir sisteminin fonksiyonel yapı taşı olan nöronlar hücre zarlarında aksiyon potansiyeli oluşturabilme ve iletebilme özelliğine sahiptirler. İnsan sinir sistemi yaklaşık 100 milyar nöron ile trilyonlarca glia (destek hücresi)hücrelerinden oluşmaktadır. Bir nöronun yapısına bakıldığında temelde 3 ana bölümden oluştuğu görülecektir. Bunlar; dendrit, soma, akson ve akson sonlanmalarıdır.

Dendritler; nöronun ağaç dallarına benzeyen uzantılarıdır. Hücre gövdesinden yani somasından köken alan bu uzantılar, diğer nöronlardan gelen elektrokimyasal uyarıların alınmasını yani hücre gövdesine aktarılmasını sağlar. Nöronlar arası bağlantıların yani sinapsların kurulduğu bölgedir. Sinapslar gerek kimyasal gerekse elektiriksel bağlantılardır. Ancak biz daha çok kimyasal sinapslardan bahsedeceğiz.

Soma (hücre gövdesi); hücrenin çekirdeğini, mitokondriler ve diğer hücre organellerinin bulunduğu kısımdır. Nöronun somasında bulunan ve granüllü endoplazmik retikulum yapısındaki Nissl cisimcileri protein sentezinde görev alırlar. Üretilen proteinlerin bir kısmı hücre içi işlevlerde kullanılırken bir kısmında akson sonlanmalarına kadar taşınır.

Akson (sinir lifi) ve akson sonlanmaları; Aksonlar, nöronda oluşan impulsun (uyartı) diğer nöronlara, kas ve bezler gibi diğer hücre ve dokulara bağlantısını sağlayan yani impulsu uzak yapıya taşıyan kısımdır. Aksonlar oldukça farklı uzunluklara erişebilirler, örneğin bir motor nöronun akson boyu 1 metrenin üzerindedir. Aksonların sona yakın bölgelerinde tipik bir dallanma görülür. Bu kısımlara akson sonlanmaları denir ve akson sonlanması nöronun bir diğer yapı ile iletişime geçtiği bölgedir. Örneğin başka bir nöronun dendriti ile sinaps oluşturduğu bölgedir. Akson sonlanmaları; içlerinde nörotransmitter (Asetilkolin, noradrenalin, serotonin gibi) olarak adlandırılan kimyasal ileticileri içeren sinaptik veziküller barındırır. Veziküllerde bulunan bu kimyasallar sinaptik iletinin temel kimyasallarıdır. İsterseniz yeri gelmişken sinapsların özelliklerinden biraz daha ayrıntılı şekilde bahsedelim.

4.2. Sinaps (Kimyasal Sinaps)

Bir nörondan başka bir nörona ya da kas vs... yapılara impuls aktarımı işte bu sinapslarda gerçekleşir. Dikkat ettiyseniz buradaki aktarım elektriksel değil kimyasal bir iletidir. Aslında sinaps öncesi akson boyunca aksiyon potansiyeli olarak ilerleyen sinirsel ileti sinapsa ulaştığında kimyasal iletiye dönüşür ve sinaps sonrası tekrar aksiyon potansiyeli halinde iletilir. İki yapının sinaps yaptığı alandaki aralığa sinaptik aralık denir ve kimyasal ileti bu aralıkta gerçekleşir. Aslında sinapslar nöronal impulsların birinci değerlendirme merkezi gibi görev yaparlar. Bunun anlamı nedir? Şimdi düşünelim; sinaps öncesi bir nöronun sinapsa ulaşan bir impuls sinaptik aralığa bir kimyasalın (nörotransmitter) serbestlenmesini sağladı. Bu kimyasal, sinaps sonrası nörona ya da kas veya salgı bezi tarafında bir değişiklik oluşturacak, bu değişikliği de muhtemelen bir reseptöre bağlanarak gerçekleştirecek. Peki, bu kimyasallar hep aynı işlevimi görür? 100 den fazla nörotransmitter keşfedilmiştir ve bunların farklı etkiler ortaya çıkarması gayet doğaldır. Anlatılmaya çalışılan şey aslında sinapslara ulaşan iletinin, salgılanan kimyasala bağlı olarak değişebileceğidir. İmpuls karşı tarafa iletilebilir,

iletilemeyebilir (durdurulabilir) ya da kolaylaştırıcı etki gösterebilir. Sonuç olarak sinaptik yapılar aslında bir değerlendirme merkezi gibi görev yaparlar ve impulslar hedeflerine yönlendirilirler.

4.3. Nöronal İmpulsun Özellikleri

Bir nöronun bir impuls oluşturabilmesi için ona ulaşan uyarıların o nöron için spesifik olan eşik değere ulaşması gerekir. Eşik değer ya da eşik şiddet terimi, uyarılma için gerekli en düşük uyarın şiddetini belirtir. Sinir hücresi eşik değere ulaşmayan uyarılara yanıt vermez. Ancak eşik değerde veya eşik değerden daha şiddetli uyarılar verilse bile hep aynı yanıtı verir. Bu durum 'hep ya da hiç yasaı' olarak adlandırılır. Dolayısı ile uyarının şiddeti ya da frekansı ya da uygulanma süresi nörondaki impulsun hızını etkilemez. Frekansını yani birim zaman içerisindeki ateşleme hızını değiştirir. Bir nörondaki ileti hızını değiştirecek faktörler ise o nöronun fiziksel özelliğidir. Örnek vermek gerekirse miyelinli nöronlar miyelinsiz nöronlara göre daha hızlı impuls iletim hızına sahiptir. Ya da daha geniş akson çapı olan nöronlar daha hızlı impuls iletir. Ayrıca belirtilmesi gereken bir durumda sinapslardaki iletimin bir nöronun aksonundaki iletime göre çok daha yavaş olduğudur. Dolayısı ile sinir sistemi aracılığı ile alınan bir uyarıya verilecek olan cevap ne kadar nöron ve dolayısı ile ne kadar sinaps atlanıyorsa o oranda gecikecektir.

4.4. Nöron Tipleri

Duyu nöronları (afferent sinirler): Duyu organlarından aldıkları impulsları merkezi sinir sistemine ulaştıran yapılardır. Miyelinsiz liflerdir. Yavaş ileti hızına sahiptirler.

Ara nöronlar: Merkezi sinir sistemi ve omurilikte bulunan sinir hücreleridir.

Motor ya da otonom sinirler (efferent sinirler): Merkezi sinir sisteminden alınan uyarıları icra organlarına götürecektir sinirlerdir. Motor sinirler miyelinlidir ve ileti hızları yüksektir.

4.5. Sinir Sisteminin Fonksiyonel Yapısı

İnsanda sinir sistemi iki temel bölümde incelenir. Bunlar;

- 1) Merkezi (santral) sinir sistemi (MSS).
- 2) Periferik (çevresel) sinir sistemi (PSS).

Bizler sinir sistemini bilgiyi işleyen bir bilgisayar sistemi olarak düşünebiliriz. Bu anlamda değerlendirildiğinde işlenecek bir bilginin sisteme giriş yapması gerekir. Daha sonra işlenen bilgi bir yanıtı dönüştürülür. İşte bu bilgi giriş ve yanıtı dönüşüm olayları çevresel sinir sistemi ile bilginin alınarak işlenmesi ve yorumlanması ise merkezi sinir sistemi aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bu benzetmenin ardından isterseniz sinir sistemini oluşturan yapıları daha yakından inceleyelim.

4.5.1. Merkezi Sinir Sistemi (MSS)

Merkezi sinir sistemini oluşturan yapılar beyin ve omuriliklidir. Bu yapılar birçok ara nöronun birbiri ile sinaps yaptığı, nöronal impulsların (bilgi) değerlendirildiği ve yönlendirildiği alanlardır. Merkezi sinir sisteminin aktivitesi genellikle duysal yollar ile periferden ulaşan impulslar ile başlar. Beyin kendisine ulaşan impulsları değerlendirdikten sonra bir kısmına yanıt oluşturmak üzere farklı alanlara yönlendirir. Bir kısmını ise belirli bölgelerde saklar. Bellek dediğimiz depolama fonksiyonu aslında sinaptik bir işlemdir. Bu sinaptik bağlantılar ne kadar çok aktive olursa o kadar kalıcı olacak ve oluşturulacak yanıt daha hızlı ortaya çıkacaktır. İsterseniz gelin şimdi merkezi sinir sistemini oluşturan yapıların fonksiyonel fizyolojilerini inceleyelim.

Beyin ve omurilik beyin zarı (menings) ve bu zarın katmanları arasında bulunan beyin omurilik sıvısı (BOS) ile çevrili yapılardır. Bu yapıların korunması ve metabolik ihtiyaçlarının sağlanmasında önemli rol oynarlar.

İnsan beyni; anatomik olarak ön beyin, orta beyin ve arka beyin olarak üç ayrı kısımda incelenmektedir. Ancak biz fizyolojik bir bakış açısı ile inceleyeceğimizden, bölgeler halinde fonksiyonları hakkında bilgi edineceğiz.

4.5.1.1. Beyin ve Beyin Korteksi (Serebral Korteksi)

Beyin simetrik iki ana yarıküre (hemisfer) den oluşur. Hemisferlerden her biri vücudun zıt taraflarını kontrol eder. Yani sol hemisfer vücudun sağ tarafını, sağ hemisfer ise sol tarafını kontrol eder. İnsanlarda sol hemisfer baskındır. Sol hemisfer, dil yeteneği, düşünme ve mantık, sayısal yetenek özelliklerinde baskınken sağ hemisfer müzik ve sanat yeteneği, hayal etme, üç boyutlu şekillerin tanımlanması gibi özelliklere sahiptir. Ön beyinin bir kısmı olan korteks beynin dış kısımlarını örter ve kalınlığı 2.0-5.0 mm arasındadır. İnsan beyninin en gelişmiş kısmıdır. Beyin korteksi motor ve duysal alanlar barındırır ve başlıca fonksiyonları düşünme, istemli hareket dil yeteneği ve algılama olarak sayılabilir. Beyin korteksi her bir hemisferinde frontal, pariyetal, oksipital ve temporal olmak üzere 4 ana loba ayrılmıştır.

Lobların her birinin ana fonksiyonları kısaca aşağıda belirtilmiştir.

Frontal lob: istemli hareketlerin planlanması, davranışlar ve algılamanın kontrolü.

Pariyetal lob: Duysal algılama

Oksipital lob: Görme

Temporal lob: Koku, işitme ve tat duyuları.

Görüldüğü gibi korteksin farklı kısımları farklı fonksiyonların tanımlanması ve yerine getirilmesi için özelleşmiştir.

4.5.1.2. Talamus

Ön beyin kısımlarındaki yapılardan biri olan talamus, koku duyusu hariç bütün duysal bilginin toplandığı ve yüksek beyin 8876 (korteks) gönderildiği, korteksten gelen bilgilerinde yine alt beyin bölgelerine taşındığı bir ‘ön bilgi işlem merkezi’ olarak işlev görür.

4.5.1.3. Hipotalamus

Ön beyin kısımlarındaki yapılardan biri olan hipotalamus homeostasisin devamlılığında önemli rol üstlenir. Vücudumuzdaki tüm salgı ve kontrol sistemlerinin kontrol merkezi görevini üstlenir. Temel görevleri arasında, vücut sıcaklığının, sıvı dengesinin, açlık-tokluk hislerinin, tüm hormon sistemlerinin ve kan basıncı ve solunum fonksiyonunun düzenlenmesi gibi birçok yaşamsal fonksiyonun kontrolü bulunur.

4.5.1.4. Limbik Sistem

Ön beyin ve orta beyin kısımlarındaki yapılardan birkaçının fonksiyonel olarak bir araya gelmesi ile oluşan limbik sistem; Korku, öfke, sevinç gibi duyguların ve duygusal tepkilerin oluşturulduğu alanlardır. Amigdala, hipokampus, forniks gibi yapılardan oluşur.

4.5.1.5. Serebellum (Beyincik)

Arka beyin kısımlarındaki yapılardan biri olan serebellum serebral korteks gibi hemisferlere ayrılır ve bir korteks ile kaplıdır. Serebellum motor kontrolde (hareketlerin kontrolü) önemli rol oynar. Serebral korteks tarafından başlatılan bir hareketin planlanması ve kontrolü serebellum tarafından yapılır. Dolayısı ile hareket ile ilgili tüm yapılardan bilgi alır. Örneğin denge organının bulunduğu iç kulaktan ve iskelet kaslarındaki reseptörlerden sürekli olarak bilgi alır.

4.5.1.6. Beyin Sapı

Omurilik ile korteks ve serebellum arasındaki sinyal bağlantısını kuran alt beyin bölgesidir. Bulbus (medulla oblongata) ve Pons gibi bölümleri barındırır. Kan basıncının ve solunumun sinirsel düzenlenmesi, dikkat kontrolü ve uyku-uyanıklık döngüsünün kontrolü gibi önemli işlevleri yerine getirir.

4.5.1.7. Omurilik (Medulla Spinalis)

Beyin gibi omurilik de bir zar ve beyin omurilik sıvısı ile çevrilidir. Omurların (vertebra) oluşturduğu omurga kanalı içerisinde bulunan omurilik merkezi sinir sisteminin bir parçasıdır ve üst merkezlere (beyin) bilgi götüren çıkıcı (çıkan) nöronal yollar ile üst merkezlerden bilgi getiren inici (inen) nöronal yollar oluşturur. Omuriliğin enine kesiti alındığında akmatte içinde kanatlarını açmış gri kelebek benzeri bir yapı ile karşılaşılır. Akmatte miyelinli sinir liflerinden, gri matde ise aslında sinir hücrelerinin gövde kısımlarından ve miyelinsiz sinirlerden oluşmaktadır. Gri matde birçok ara nöronun gövde kısımlarını içerir.

Kelebeğin kanat şekline benzeyen gri maddenin ventral (ön) kısmındaki çıkıntı, periferik sinir sisteminden gelen duysal nöronların omuriliğe bağlandıkları köklerdir. Dorsal (arka) kısmındaki çıkıntı ise periferik taşıyan motor bilginin çıkışı yaptığı köklerdir. Ventral ve dorsal köklerin orta kısmında bulunan çıkıntıda (yan çıkıntı) ise ilerleyen başlıklarda karşılaşacağımız otonom sinir sistemine ait nöronlarla bağlantı yapılır.

Kısaca özetlemek gerekirse; periferden (çevreden) gelen uyarıları taşıyan duysal sinirler arka kökten omuriliğe giriş yapar, bunların birçoğu beyne giden çıkıcı yollara ulaşmadan önce omurilik içerisindeki ara nöronlar aracılığı ile çaprazlaşır. Yani vücudun sol tarafından gelen bir impuls sağ hemisfere taşınır. Üst merkezlere ulaşan impuls burada değerlendirilir ve bir yanıt oluşturulur. Bu yanıt omuriliğin inici yolları ile ön kökteki motor nöronlara ulaşır ve periferik taşıyarak bir aksiyon oluşturulur.

Aslında omurilik bir refleks merkezidir. Periferden gelen her uyarı üst merkezlerin değerlendirilmesine tabi tutulmayabilir. Her ne kadar üst merkezler gelişen durumdan haber edilecekse de omurilik kendisi bir merkez gibi davranarak gelen uyarıyı yanıtlar ve bir aksiyon başlatabilir.

4.5.1.8. Refleks Nedir?

Refleksin doğru tanımı, alınan bir uyarı karşısında verilen istemsiz yanıttır. Yani isteyerek, planlayarak verilmiş bir yanıt değildir. Koruyucu bir mekanizma olan refleks mekanizma bir refleks yay (ark) üzerinde gerçekleşir.

Bir örnek üzerinden açıklayalım; elimize bir iğne battığında elimizi ani bir refleks hareket ile çekeriz. Şimdi bu kısacık zamanda oluşan aksiyonu düşünelim. İlk olarak elimize batan iğnenin derimizdeki reseptörler tarafından algılanması gerekir. Daha sonra bu zararlı uyarı duysal yollar (PSS) ile omuriliğe taşınır ve arka kökten giriş yapar. Omurilik gri madde içerisindeki ara nöronlar (MSS) aracılığı ile ön kökteki motor nöron gövdelerine ulaşır. Ve elimizi çekmemiz için hareket ettirmemiz gereken kol kaslarına giden motor sinirleri (PSS) uyarır. Motor sinirlerle taşıyan impuls kasları tetikler ve elimizi zararlı uyarıdan uzaklaştırır. Dikkatli okunursa bu örnekte bir refleks yayı oluşturan 5 ayrı bölüm ayırt edilebilir. Ancak isterseniz biz aşağıdaki gibi tek tek sıralayalım;

- 1) Reseptör ya da duyu organı (zararlı uyarıyı algılayan)
- 2) Afferent yolak (Getiren, Duysal nöronlar)
- 3) Merkez (omurilik)
- 4) Efferent yolak (Götüren, Motor nöronlar)
- 5) İcra organı (El, kol kasları)

Bazı refleksler kalıtsal olarak ebeveynlerimizden aktarılır. Göz kapağı veya göz bebeği (pupilla) refleksleri, çocukların emme, yakalama refleksleri gibi refleksler doğuştan reflekslere

örnek verilebilir. Bazı refleksler ise öğrenme ve eğitime ile kazanılabilir. Biz bu tür reflekslere kazanılmış refleks ya da daha bilinen adı ile şartlı refleks diyoruz. Şartlı refleks denildiğinde akla ilk gelen Rus fizyolog Ivan Pavlov ve onun şartlı refleks ile ilgili çalışmalarıdır. Bilindiği gibi Pavlov, köpeklerin her beslenme seansı sırasında bir zil çalarak, köpeklerin beslenme ile zil sesi arasında bir ilişki kurmasını sağlamış ve bu eğitim tamamlandıktan sonra her zil çalışında köpeğin beslenmeye hazırlandığını işaret eden salya salınımının arttığını gözlemlemiştir.

Öğrenilmiş bazı davranışlarında sürekli olarak tekrarlanması omurilik düzeyinde kazanılmış reflekslerin oluşmasına neden olur. Araba kullanmak, dans etmek ya da örgü örmek bir süre sonra refleks olarak gerçekleştirdiğimiz aktivitelere dönüşecektir.

4.5.2. Periferik Sinir Sistemi (PSS)

Çevremizde olup biten olayları, değişiklikleri fark etmemizi sağlayan, ihtiyaçlarımızı gidermemize olanak sağlayan sinir sistemimizin, gelen uyarıları alıp merkezi sinir sistemi kısmına taşıyan, merkezde oluşturulan yanıtı ise aktiviteyi oluşturacak organlara ulaştıran kısmına periferik sinir sistemi denir. Periferik sinir sistemi otonom sinir sistemi ve somatik sinir sistemi olmak üzere iki temel sistemden meydana gelir.

4.5.2.1. Somatik Sinir Sistemi

İskelet kaslarını ve duyu organlarını merkezi sinir sistemine bağlayan sinir sistemi olarak tarif edilebilir. Yani hem duysal nöronları hem de motor nöronları barındırır. İstemli hareketlerin ve/veya faaliyetlerin oluşumu somatik sinirler tarafından sağlanır.

4.5.2.2. Otonom Sinir Sistemi

İstemsiz olarak gerçekleşen faaliyetlerin düzenlenmesinde görev alan sinir sistemidir. Özellikle iç organların çalışmasında görev üstlenir. Otonom sinir sistemi birbiri ile sinerjik olarak çalışan iki kısımdan meydana gelir. Parasempatik ve sempatik sinir sistemleri.

Sempatik sinir sistemi; vücudumuzu ‘savaş ya da kaç’ reaksiyonuna hazırlayan sinir sistemidir. Korku, öfke, heyecan gibi durumlarda aktive olur. Sempatik aktivite, kan basıncını artıran, kalbi hızlandıran ve sindirim sistemini yavaşlatan bir etki açığa çıkarır.

Parasempatik sinir sistemi; Sempatik sinir sisteminin aksine sindirim sistemini hızlandıran ancak metabolik aktiviteyi yavaşlatan bir etki gösterir. Kalbi yavaşlatır, kan basıncını düşürür.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Sinir sistemini oluşturan yapıları, fonksiyonel sınıflandırmasını ve görevlerini öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Nöronlar ile ilgili aşağıdaki önermelerden doğru olanı işaretleyiniz.
 - A. Hücre gövdesinin çevresinde yer alan uzantılar dendrit olarak isimlendirilir.
 - B. Elektriksel impulsun komşu hücrelere taşınmasını sağlayan ana uzantı soma olarak adlandırılır.
 - C. Akson, sinir hücresinin gövde kısmıdır.
 - D. Dendritler hücrenin organellerinin bulunduğu bölümdür.
 - E. Akson çapı ve uzunluğu her sinir hücresinde aynıdır.
2. Dendritler ile ilgili yanlış önermeyi işaretleyiniz.
 - A. Hücre gövdesinden yani somasından köken alırlar.
 - B. Diğer nöronlardan gelen elektrokimyasal uyarıların alınmasını sağlarlar.
 - C. Nöron aksonlarının sonlanma kısmında bulunurlar.
 - D. Nöronlar arası bağlantıların yani sinapsların kurulduğu bölgedir.
 - E. Ağaç dallarına benzeyen uzantılardır.
3. Kimyasal sinapslar ile ilgili aşağıdaki önermelerden doğru olanı işaretleyiniz.
 - A. Yalnızca bir nöron ile kas hücresi arasında bulunur.
 - B. Elektriksel bir ileti aktarımı sağlar.
 - C. Sinaps öncesi nöron "presinaptik" olarak tanımlanır.
 - D. Nörotransmitter maddeler yalnızca post sinaptik uçtan salgılanır.
 - E. Sinapsların imuls iletiminde rolü yoktur.
4. Nöron tipleri ile ilgili aşağıdaki önermelerden yanlış olanı işaretleyiniz.
 - A. Duyu nöronları duyu organlarından aldıkları impulsları merkezi sinir sistemine ulaştırır.
 - B. Motor nöronlar merkezi sinir sisteminden alınan uyarıları icra organlarına ulaştırır.
 - C. Duyu nöronları miyelinsiz liflerdir ve yavaş ileti hızına sahiptirler.
 - D. Ara nöronlar merkezi sinir sisteminde bulunan sinir hücreleridir.
 - E. Motor nöronlar miyelinsizdir ve ileti hızları düşüktür.
5. Merkezi Sinir Sistemi (MSS) ile ilgili aşağıdaki önermelerden yanlış olanı işaretleyiniz.
 - A. Beyin ve omurilikten oluşur.
 - B. Birçok ara nöronun birbiri ile sinaps yaptığı alandır.
 - C. Bellek olarak adlandırılan bilgi depolama işlevi bu alandan bağımsızdır.
 - D. Nöronal impulsların (bilgi) değerlendirildiği ve yönlendirildiği alanlardır.
 - E. Merkezi sinir sisteminin aktivitesi genellikle duysal yollar ile ulaşan impulslar ile başlar.
6. Aşağıdaki yapılardan hangisi serebral korteksin bir kısmı değildir?
 - A. Frontal lob
 - B. Pariyetal lob
 - C. Medial lob
 - D. Oksipital lob
 - E. Temporal lob

7. Aşağıdaki yapılardan hangisi merkezi sinir sisteminin “açlık-tokluk kontrolü” ile ilgilenen yapısıdır?
- A. Talamus
 - B. Hipotalamus
 - C. Serebellum
 - D. Medulla Spinalis
 - E. Pons
8. Aşağıdaki yapılardan hangisi merkezi sinir sisteminin “vücut sıcaklığının kontrolü” ile ilgilenen yapısıdır?
- A. Talamus
 - B. Hipotalamus
 - C. Serebellum
 - D. Medulla Spinalis
 - E. Pons
9. Aşağıdaki yapılardan hangisi merkezi sinir sisteminin “dikkat kontrolü” ile ilgilenen yapısıdır?
- A. Talamus
 - B. Hipotalamus
 - C. Serebellum
 - D. Medulla Spinalis
 - E. Pons
10. Refleks yayın bölümleri ve fonksiyonları düşünüldüğünde aşağıdaki eşleştirmelerden hangisi yanlıştır?
- A. Reseptör ya da duyu organı - Uyarıyı algılayan yapı
 - B. Afferent yolak - Duyusal nöronlar
 - C. Merkez - Omurilik
 - D. Efferent yolak - Motor nöronlar
 - E. İcra organı - Beyin

Cevaplar: A/C/C/E/C/C/B/B/E/E

5. DUYU ORGANLARI

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

5.1. Duysal Reseptörler

5.2. Duyuların Sınıflandırılması

5.2.1. Genel Duyular

5.2.2. Özel Duyular

5.2.2.1. Görme Duyusu

5.2.2.2. Görme bozuklukları

5.2.2.3. İşitme

5.2.2.4. Denge

5.2.2.5. Tat

5.2.2.6. Koku

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Duyu reseptörlerini tanıyabilir ve sıralayabilir.	.
	Genel duyu ve özel duyuların ayırımını yapabilir	
	Görme, işitme, denge, tat ve koku duyularını açıklayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Uyarılabilme ve iletebilme canlılığın karakteristik bir özelliğidir. İçinde bulunduğumuz çevre koşullarına adapte olabilmek ve yaşamımızı devam ettirebilmek için etrafımızda gelişen değişikliklerin farkında olmamız gerekir. Bu amaçla gelişmiş olan duyularımız sayesinde varlığımızı devam ettirebiliriz. Duyularımız yalnızca dış ortamdan kaynaklanan değişiklikleri algılamamıza değil, vücudumuzda gelişmekte olan değişimler hakkında da bilgi verirler. Tüm bu duyular, duysal reseptörler aracılığı ile algılanan ve daha sonra sinir sistemi tarafından oluşturulan yorumlardır.

5.1. Duysal Reseptörler

Birer duyu organı olan reseptörler duyar oldukları uyarana göre sınıflandırılırlar. Her reseptör temelde kendine has uyarılar ile uyarılır. Bu spesifik uyarı **adequat** (yeterli, uygun) uyarı olarak isimlendirilir. Örneğin gözün yapısında bulunan reseptörler ışığa duyarlıdır. Bu reseptörler uyarıldığında ışık algısı oluşur. Ancak bazen kendine has olmayan yani **inadequat** uyarı ile uyarılması da mümkün olabilir. Mesela sabahları kalktığımızda gözlerimizi ovuşturursak parlayan yıldızlar görürüz. Ovuşturma ile gözlerimize uyguladığımız basınç gözlerdeki reseptörleri az da olsa aktive ederek ışık algısı oluşturur.

Kemoreseptörler: Kimyasal maddelere ve bunların yoğunluklarındaki değişime duyarlı reseptörlerdir. Burnumuzdaki koku reseptörleri ile dilimizdeki tat reseptörleri bu gruba girerler. Bunlar dışında, kandaki oksijen, karbondioksit, hidrojen vs... değişimlerine duyarlı kimoreseptörlerde bulunmaktadır.

Fotoreseptörler: Gözün retina tabakasında bulunan reseptörlerdir ve ışığın en küçük partikülü olan fotona duyarlıdır.

Mekanoreseptörler: Basınç, gerim gibi fiziksel etkilere duyarlı reseptörlerdir. Vücudumuzun pozisyonunun belirlenmesinde görev alan, kaslarda ve kasların kemiklere tutunduğu tendon bölgelerinde bulunan propriyoseptif reseptörler, kan basıncının sürekli olarak izlenmesini sağlayan baroreseptörler gibi reseptörlerdir.

Termoreseptörler: Sıcaklık değişimine duyarlı olan reseptörlerdir.

Ağrı reseptörleri: Genelde çıplak sinir uçları yapısındadırlar. Şiddetli kimyasal, mekanik, ısı değişiklikleri gibi impulslara yanıt verirler ve ağrı duyumunu oluştururlar.

5.2. Duyuların Sınıflandırılması

Bahsedilen reseptörler farklı duyuların algılanması için alıcı olarak görev yaparlar. Uyarıldıklarında aldıkları bilgiyi ilgili merkezlere iletmekle görevlidirler. Duysal uyarılar duysal nöronlar tarafından merkezi sinir sisteminin spesifik alanlarına ulaştırılır ve bu alanlarda duysal uyarılar anlamlandırılır. Daha önceki konuda duysal yolların koku duyusunu taşıyanlar hariç talamus'a taşındığı ve buradan duysal kortekste ilgili bölgeye iletiildiği bilgisini hatırlayalım. Duysal korteksimizde reseptörlerden gelen bilgiler adeta bir harita oluştururlar. Duysal girdilerin ifadesi olan bu harita duysal homonculus olarak tanımlanır. Özellikle dudak, dil, el, parmaklar ve ayakların bu haritada fazla yer kaplaması dikkat çekicidir. Bunun temel nedeni bahsedilen bölgedeki reseptör yoğunluğunun fazla olmasıdır.

Duyularımız reseptörlerinin vücudumuzdaki yaygınlığına göre iki temel sınıfa ayrılır. Bunlar genel duyular ve özel duyulardır. Genel duyular, reseptörleri tüm vücuda yayılmış olan duyulardır. Dokunma, sıcak-soğuk algısı gibi duyular örnek olarak verilebilir. Özel duyular ise reseptörleri belirli organlarda yoğunlaşmış duyulardır. İşitme ve görme gibi. İsterseniz duyuları inceleyelim.

5.2.1. Genel Duyular

Vücudumuzda yaygın olarak bulunan reseptörlerden alınan uyarılar ile oluşan duyumlardır. Deride, iç organlarda, kas ve eklemlerde bulunan bu reseptörlerden alınan bilgiler genel duyuların oluşumunu sağlarlar.

Deride bulunan reseptörler ve algılanan duyumlar:

Deri sahip olduğu farklı reseptör tipleri ile birçok duyunun algılanmasını sağlar. Bunlar:

Paccini cisimciği: Vibrasyon ve basınç duyumunu

Ruffini cisimciği: Sürekli basınç duyumunu, sıcaklık duyumunu

Krause cisimciği: Soğuk duyumunu

Meissner korpuskulu: Hafif fiziksel temas, dokunma duyumunu

Merkel diskleri: Derin dokunma ve vibrasyon duyumunu

Kıl dibi folikülleri: Dokunma duyumunu

Serbest sinir uçları: Ağrı ve sıcaklık duyumları

Derimizin farklı bölgelerinde yerleşmiş olan bu reseptörler farklı duyumların algılanmasını sağlarlar. Paccini cisimcikleri deri altı ve derin dokularda yerleşmiştir ve basınç değişikliklerini algılamamızı sağlarlar. Parmak uçlarında yoğunlaşmış meissner korpuskülleri ise en hafif fiziksel teması bile algılamamızı sağlarlar.

İç organlarda bulunan reseptörler ve algılanan duyumlar:

İç organlarda ağrı gibi duyuların algılanmasını sağlayan serbest sinir uçlarının yanı sıra, homeostatik düzenlemede rol oynayan birçok reseptör bulunmaktadır. Bunlar genellikle basınca duyarlı mekanoreseptör tipinde ve kimyasal duyarlılıkları bulunan kemoreseptör tipinde reseptörlerdir. Bu reseptörlerden kalkan uyarılar genelde algılanma seviyesine ulaşmadan medulla spinalis düzeyinde gerekli düzenlemelerin yapılmasını sağlarlar. Bu reseptörlerden kaynaklanan refleks düzenlemeler homeostazinin korunmasında çok önemli görevler üstlenirler.

Kas ve eklemlerde bulunan reseptörler ve algılanan duyumlar:

İskelet kaslarının merkezinde (orta kısmında), kas liflerine paralel olarak yerleşmiş, mekik ya da iğ şeklinde duysal reseptörler bulunur. Bu yapılar kas iğciği olarak adlandırılır ve kas boyundaki değişim hızını ve gerilmeyi algırlar. Ayrıca kasların tendon kısımlarında; “golgi tendon organı” olarak isimlendirilen yapılar bulunmaktadır. Kas liflerine dik şekilde yerleşmiş olan bu yapılar kasın gerimi ve gerimindeki değişimin hızı hakkında bilgi toplarlar. Temel görevleri kasın aşırı kasılmasını önlemektir. Bu duysal yapıların dışında eklemlerde

basınca duyarlı, vücudun duruşuna göre pozisyonu belirleyen duysal yapılar bulunmaktadır. Tüm bu yapılardan kaynaklanan bilgiler ile Vücutun pozisyonu ayarlanmaktadır. Pozisyon duyusu “propriyosepsiyon” olarak adlandırılır.

5.2.2. Özel Duyular

Görme, işitme, denge, tat ve koku duyuları özel duyular olarak değerlendirilir.

5.2.2.1. Görme Duyusu

Gözlerimiz, dış dünyamızdaki varlıkların şekillerini, renklerini ve hatta bize uzaklıklarını algılamamızı sağlayan organlarımızdır. Göz de bulunan reseptörler fotoreseptörlerdir ve ışığa ya da fotonlara duyarlıdır. Gözün yapısındaki retina tabakasında yerleşmiş olan bu reseptörler sayesinde görme işlevi gerçekleşir. Görme işlevi varlıkların yüzeyinden yansıyan ışığın gözümüze ulaşması ile gerçekleşir. Işık olmazsa görme gerçekleşemez.

Görme işlevini daha iyi anlayabilmek için ilk olarak görme optiğinden bahsetmek yerinde olacaktır. Göz yuvarlağını dıştan saran bir tabaka olan sert tabaka (sklera) gözün ön tarafında saydam bir yapı haline dönüşür ve saydam tabaka (kornea) ismin alır. Kornea ışığın göze giriş yaptığı kısımdır. Işık korneadan geçerken kırılır. Bunun nedeni hava ile korneanın yoğunluklarının farklı oluşudur. Korneadaki kırıcılık gözün toplam kırıcılığının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Işık korneadan geçtikten sonra, göz bebeğinden (pupilla) gözün içine doğru hareketini sürdürür. Pupilla aslında gözün renkli kısmı olan “iris”in ortasındaki açıklıktır. İrise rengini veren, pigmentli epitel ve fibrovasküler yapısıdır. İrisin düz kas bağlantıları pupillanın genişleyip daralmasını sağlayarak, göz içerisine giren ışığın miktarının belirlenmesini sağlar. Bu hareketler ışık refleksi ile kontrol edilmektedir. Göze gelen ışık miktarı arttıkça pupilla daralırken, azaldıkça genişleyerek daha fazla ışığın toplanmasını sağlar. İrisin hemen arkasında mercekle (lens) bulunur. Lens gözün kırıcılığının değiştirilebildiği bir yapıdır. Kornea sabit bir kırıcılık sağlar ancak yine kaslar aracılığı ile lensin öne-arkaya çapı arttırılıp azaltılarak gözün toplam kırıcılığı ayarlanabilir. Bu olaylar gözün uyumu ya da **akomodasyon** olarak adlandırılır. Temel amaç dış ortamdan gelen ışık ışınlarını, ışığa duyarlı olan fotoreseptörleri içeren retina üzerine odaklayabilmektir.

Gözü oluşturan doku tabakalarının en iç kısmında bulunan ve fotoreseptörlerin yanı sıra bu reseptörlerden kaynaklanan uyarıları görme korteksine taşıyacak olan sinir ağını barındıran retina tabakasıdır. Retina da iki tip fotoreseptör bulunur. Bunlar şekil benzerliği ile adlandırılan “koni” ve “basil ya da çubuk” tipindeki reseptörlerdir. Basiller retinada dağılmış olarak bulunurlar ve düşük ışık yoğunluklarında dahi uyarılabilecek duyarlılıktadırlar. Düşük ışıklı ortamlarda varlıkların şekillerinin belirlenmesi gibi kaba görsel algılardan sorumludurlar. Retina da “fovea centralis ya da sarı benek” olarak adlandırılan bölgede yoğunlaşmış olan koniler ise daha yüksek ışık yoğunluğunda, keskin (ayrıntılı) ve renkli görmeyi sağlarlar. Fovea, göz içerisine giren ışığın odaklandığı noktadır. Bu alanda görme keskinliğimiz en yüksek seviyededir.

Koniler 3 farklı alt gruba ayrılırlar. Sınıflandırılmalarındaki temel etken ışığın farklı dalga boylarına karşı gösterdikleri duyarlılıktır. Bu anlamda değerlendirildiğinde gözümüzün duyar olduğu üç temel renk; kırmızı, yeşil ve mavi renklerdir. Diğer renkler ise bu reseptörlerden görme korteksine ulaşan uyarıların yorumlanması sonucu algılanır. Örneğin beyaz renk tüm reseptörlerin tam doygunluğu ile algılanan renktir. Bir cisimden hiç ışık yansımıyor ise o cisim göremeyiz. Yani karanlık, boşluk algısı oluşur. Konilerin farklı dalga boylarına duyarlı olmasının temelinde fotoreseptörlerin uyarılma mekanizmasında önemli yer tutan foto pigmentlerin bulunmasıdır. Bu pigmentler fotonlar ile yıkılarak reseptörlerden nörotransmitter salınımını sağlarlar ve retinadaki sinir ağında sinirsel impulsu tetiklerler. Retinadaki duysal nöronların göze giriş ve çıkış yaptıkları yer “kör nokta” olarak adlandırılır. Bu alanın kör nokta olarak adlandırılmasının nedeni foto reseptör içermemesidir. Ayrıca göz içerisindeki damarlar da sinirler ile birlikte giriş-çıkış yaparlar.

5.2.2.2. Görme Bozuklukları

Sağlıklı bir gözde, gelen ışınlar fovea centralise düşecek şekilde odaklanır. Dolayısı ile net bir görüntü oluşur. Ancak kırıcılık kusurları olan gözde görüntü net değildir.

Miyopi: Gözün ön-arka çapının normalden uzun oluşu ya da göz küresinin şeklinin basık olduğu durumlarda, kırılan ışınlar fovea da odaklanamaz. Foveadan daha önde odaklanacağından görüntü netleştirilemez. Özellikle sonsuzdan yani uzaktan gelen paralel ışınlar odaklanamayacağından, miyopisi olan insanlar uzağı iyi göremez. Kalın kenarlı bir mercek kullanılarak paralel ışınların daha geride odaklanması ve görüntünün netleştirilmesi sağlanır.

Hipermetropi: Gözün ön-arka çapının kısa olması ya da lensin kırıcılık gücünün az olması gibi durumlarda gerçekleşen kırıcılık bozukluğudur. Özellikle yakından gelen ışınlar odaklandığında foveanın gerisine odaklanacağından, görüntü netleştirilemez, yani yakındaki cisimler net görülemez. Ancak uzak cisimlerden yansıyan ışınlar gözün akomodasyon yeteneği ile bir miktar odaklanabilir. Kısa kenarlı mercek kullanılarak düzeltilir.

Astigmatizm: Işınların göze girerken ilk olarak kırılma yaşadıkları olan kornea yüzeyindeki şekil bozuklukları, kavislenmeler sonucu, ışınların odaklanmasında meydana gelen değişimlerdir. Cisimler bulanık şekilde görülür. Özel silindirik tipteki mercekler kullanılarak düzeltilir.

Bu kırıcılık bozuklukları dışında **renk körlüğü**, bir ya da birden fazla rengi ayırt edememe durumudur. Genetik olarak aktarılan bu bozukluk x kromozomu ile taşınan çekinik bir gen ile ortaya çıkar. Bu gen daha önce bahsedilen koni reseptörlerdeki pigmentlerin üretiminden sorumludur.

5.2.2.3. İşitme

Dış ortamdan gelen ses dalgaları kulağımızda bulunan reseptörler aracılığı ile algılanır. Ses dalgası hava veya su gibi ortamlar içerisinde moleküllerin titreşimi ile yayılan basınç

dalgaları olarak tarif edilebilir. Kulağımız yapısal olarak 3 ana bölümde incelenir. Kulak kepçesi, dış kulak yolu ve kulak zarını içeren bölüm dış kulak olarak adlandırılır.

Kulak kepçesi ses dalgalarının toplayarak dış kulak yolu ile kulak zarına iletir. Ses dalgaları kulak zarına ulaştığında zarı titreştirerek orta kulakta bulunan kemikçikler aracılığı ile iç kulağa iletilir. Çekiç, örs ve üzengi adı verilen bu kemikçikler birbirlerine bağlıdır. Çekiç kulak zarına, üzengi ise orta kulağın son kısmı olan oval pencereye bağlıdır. Hem kemik yapının bir fonksiyonu olarak, hem de kulak zarının yüzey alanı ile oval pencerenin yüzey alanı arasındaki farklılıktan dolayı, ses iç kulağa iletilirken güçlendirilmiş olur. İletinin yanı sıra kemikçikler iş kulağa iletilecek sesin daha doğrusu titreşimin şiddetini de ayarlarlar. Çok şiddetli bir ses varlığında kaslar aracılığı ile bu kemikçikler çekilip gerdirilerek sesin şiddeti ayarlanabilir. Orta kulak **östaki borusu** ile yutağa bağlıdır. Bu sayede kulak zarının ön ve arka tarafındaki basınçlar dengelenmektedir.

İşitmeyi sağlayacak olan reseptörleri ve daha sonra göreceğimiz “denge”yi sağlamamıza olanak sağlayan reseptörleri içeren yapılar iç kulakta bulunan yapılardır. İç kulak yapısının işitme ile ilgili olan kısmına “kohlea” ya da şekilsel benzerliğinden dolayı “salyangoz” ismi verilir. Kohlea; birbirinden zar yapılar ile ayrılmış üç kanaldan oluşmuştur. Oval pencerenin bağlı olduğu üst kısımdaki kanal vestibüler kanal olarak adlandırılır. Vestibüler kanal daha sonra alt taraftaki kanala bağlanır. Bu kanalın adı timpanik kanaldır ve bu kanalların içerisinde perilenfa sıvısı bulunur. Timpanik kanal yuvarlak pencere ile orta kulağa açılır. Bu iki kanal arasında (ortada) ise işitmede görev alan reseptörleri içeren kohlear kanal yerleşmiştir. Kohlear kanal endolenfa sıvısı ile doludur. Kohlear kanalda bulunan reseptörler **korti organı** olarak isimlendirilir. Korti organı, tüy hücreleri olarak bilinen mekanoreseptörlerden oluşmuşlardır. Korti organı timpanik kanalın baziller membranı üzerine yerleşmiştir. Ancak tüy hücrelerinin uç kısımları (stereosilia) tektoral membran olarak adlandırılan bir yapıya gömülmüş olarak bulunurlar. Peki, ses dalgası bu mekanik reseptörleri nasıl uyarmaktadır?

Kulak kepçesi tarafından yakalanan ses dalgaları kulak zarını titreştirerek, ortakulakta bulunan kemikler aracılığı ile oval pencereye aktarılır. Oval pencereden giren titreşimler perilenfa sıvısını dalgalandırır. Bu dalgalanmalar yuvarlak pencereden orta kulaktaki havaya dağılarak sönümlenir ancak aynı zamanda endolenfa sıvısına aktarılır. Korti organının bulunduğu baziller membranın titreşmesi ile tektoriyal zar a bağlı olan silier yapılar (mekanoreseptörler) hareket ederek (eğilip bükülerek) uyarılmış olurlar. Buradan kalkan sinirler kohlear siniri oluşturarak ilk önce talamusa daha sonra da beynin her iki tarafındaki temporal loblara (işitme korteksi) ulaşarak işitmenin gerçekleşmesi sağlanır. Peki, tiz veya bas ses nasıl ayırt edilmektedir? Bir insan kulağı 20kHz ile 20Hz frekanslar arasındaki ses dalgalarını duyabilir. 20kHz gibi yüksek frekans (tiz) kohleanın giriş bölgesindeki baziller membranı titreştirirken, 20 Hz gibi çok daha düşük frekans (bas) kohleanın uç bölgesindeki membranı titreştirecektir.

5.2.2.4. Denge

İç kulakta, dengenin sağlanmasını düzenleyen kısım vestibüler aparat olarak isimlendirilir. Vestibüler aparat, yarım daire kanalları, utrikül ve sakkül adı verilen kısımlardan oluşmuştur. Utrikül ve sakkül, vücut ve baş sabit durumdayken vücudun pozisyonunun korunmasında rol oynar. Bu yapıların duvarlarında tüy hücreleri (silier hücreler, reseptörler) bulunur. Makula olarak adlandırılan bu bölgeler utrikulusta dikey olarak yerleşmiştir. Sakkulus makulası ile yatay pozisyonundadır. Tüy hücrelerinin uzantıları otolit denilen taşları (kulak taşı, kalsiyum karbonat kristalleri) içeren jelatinöz bir tabakaya temas ederler. Vücudun duruşu değiştiğinde otolitler hareket eder ve tüy hücrelerine basınç yaparlar. Tüy hücrelerinin (reseptör) eğilip bükülmesi ile oluşan uyarılar, bağlı oldukları sinirler ile önce beyin sapına ardından da beyne iletilerek iskelet kaslarının yardımı ile vücudun konumu korunur.

Utrikül ve Sakkül yerçekimine karşı yapılan konum değişiklikleri algırlar. Yarım daire kanallarında bulunan reseptörler ise başın veya vücudumuzun ani hareket değişikliklerini algırlar. Vücut hareketsiz haldeyken aktif değildir. Özellikle dönme ve ani ivmelenme durumlarında aktive olurlar. 3 adet birbirine dik olarak yerleşmiş yarım daire kanalı bulunur (ön arka ve yan) ve yerleşimleri konumumuzu belirlemeye yarar. Kanalların her birinin kök kısımlarında ampulla adı verilen ve reseptör hücreleri barındıran bir kısım vardır. Krista ampullaris olarak adlandırılan bu kısım tüy hücrelerini ve bunların hemen üzerinde yerleşmiş olan kupula adındaki jelatinöz maddeyi içerir. Baş veya vücudun bir harekete başlayacağı anı düşünelim. Baş veya vücut hareketi ile kanallar içerisindeki endolenfa sıvısı da harekete geçer. Ancak sıvı, eylemsizlik kanunları gereği, harekete hızlıca uyum sağlayamayacağından kupula hareketin tersine doğru itilir. Hareket sabit bir hıza ulaştığında endolenfa sıvısı da aynı hıza ulaşacağından kupula artık uyarılmaz. Ancak hareket bitirilirken sıvı yarım daire kanalları içerisindeki hareketine devam edeceğinden bu kez kupula hareket yönüne doğru itilir. Sonuçta hareketin tersine bir algı oluşur. Sağ ve sol kulakta birbirinin ayna görüntüsü gibi yerleşmiş olan bu yarım daire kanallarındaki kristalardan kaynaklanan uyarılar dengenin sağlanmasına katkıda bulunurlar.

5.2.2.5. Tat

Yiyeceklerin tadını almamızı sağlayan reseptörler dilimizde bulunur. Dilimizin arka, ön, üst ve yan kısımlarında yayılmış olarak bulunan kimoreseptörler (tat tomurcukları) Tatlı, acı, ekşi, tuzlu ve umami tatlarının algılanmasını sağlarlar. Tat tomurcukları epitel hücrelerin mitoz bölünmesiyle oluşurlar ve papilla olarak adlandırılan yapılar üzerinde yer alırlar. Bu reseptörlerin uyarılabilmesi için tükürük salgısının varlığı oldukça önemlidir. Besinlerdeki kimyasallar için çözücü görevi gören tükürük reseptörlerin uyarılmasını sağlarlar. Yiyeceklerin tadı dilimizdeki birçok reseptörü uyararak farklı tatların algılanması sonucu oluşan duyumlardır. Lokmayı ağızımızda çiğnedikçe tadı zenginleşecektir. Dilimizin uç kısmı tatlı, arka kısmı acı, kenar bölgeler ekşi tat duyumunu uyandırır. Reseptörlerden kaynaklanan uyarılar beyin sapına ulaştıktan sonra talamusa ve oradan tat korteksine ulaşırlar.

5.2.2.6. Koku

Koku duyusu burnumuzun iç kısmında bulunan kimoreseptörler tarafından algılanmaktadır. Havadaki koku molekülleri bu reseptörleri uyararak koku duyumunun oluşmasını sağlarlar. Burnun iç kısmı mukus üreten epitel bir tabaka ile örtülüdür. Mukus salgısı ve burun kılları havanın yabancı partiküllerden arındırılmasını yani filtre edilmesini sağlarlar. Burun boşluğunun üst kısmında bulunan olfaktor bulb ya da koku soğancığı, kokuya duyarlı reseptörlerin bulunduğu alandır. Moleküller mukus içerisinde çözünerek reseptörleri uyarırlar.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Yaşamımızı devam ettirmemize olanak sağlayan duyularımızı ve nasıl fonksiyon gösterdiklerini öğrendik.

Bölüm Soruları

- Aşağıdaki, reseptör ve adaeuat uyaran eşleşmelerinden yanlış olanı işaretleyiniz.
 - Fotoreseptörler - Işık
 - Mekanoreseptörler - Basınç
 - Ağrı reseptörleri - Ses
 - Termoreseptörler - Sıcaklık değişimi
 - Kemoreseptörler - Kimyasal maddeler
- Aşağıdaki reseptör tiplerinden hangisi “kandaki oksijen, karbondioksit değişimlerine” duyarlıdır?
 - Fotoreseptörler
 - Mekanoreseptörler
 - Ağrı reseptörleri
 - Termoreseptörler
 - Kemoreseptörler
- Aşağıdaki reseptör tiplerinden hangisi “kan basıncının izlenmesini sağlayan” reseptörlerdir?
 - Fotoreseptörler
 - Mekanoreseptörler
 - Ağrı reseptörleri
 - Termoreseptörler
 - Kemoreseptörler
- Duyular ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - Reseptörler farklı duyuların algılanması için alıcı olarak görev yaparlar.
 - Uyarıldıklarında aldıkları bilgiyi ilgili merkezlere taşınmak üzere duysal nöronlara iletirler.
 - Duysal nöronlar tarafından merkezi sinir sisteminin spesifik alanlarına ulaştırılır.
 - Tüm duysal yollar talamusa taşınır.
 - Duysal korteksimizde reseptörlerden gelen bilgiler adeta bir harita oluşturur.
- Aşağıdaki reseptörlerden hangisi kas liflerine dik şekilde yerleşmiş olup kasın gerimi hakkında bilgi toplarlar?
 - Golgi tendon organı
 - Kas içciği
 - Kıl dibi folikülleri
 - Paccini cisimciği
 - Meissner korpuskulu
- Aşağıdaki reseptörlerden hangisi kas liflerine paralel şekilde yerleşmiş olup kasın boyu hakkında bilgi toplarlar?
 - Golgi tendon organı
 - Kas içciği
 - Kıl dibi folikülleri
 - Paccini cisimciği
 - Meissner korpuskulu

7. Aşağıdaki reseptörlerden hangisi deride ağrı ve sıcaklık duyumları hakkında bilgi toplarlar?
- A. Krause cisimciği
 - B. Meissner korpuskulu
 - C. Merkel diskleri
 - D. Kıl dibi folikülleri
 - E. Serbest sinir uçları
8. “Parmak uçlarında yoğunlaşmış ise en hafif fiziksel teması bile algılamamızı sağlar” cümlesindeki boşluğu doğru şekilde doldurunuz.
- A. Krause cisimciği
 - B. Meissner korpuskulu
 - C. Merkel diskleri
 - D. Kıl dibi folikülleri
 - E. Serbest sinir uçları
9. İrisin düz kas bağlantılarının fonksiyonu nedir?
- A. Gözün ön tarafında saydam bir yapı haline dönüşür.
 - B. İrise rengini verir.
 - C. Lensin öne-arkaya çapı azaltır.
 - D. Lensin öne-arkaya çapı arttırır.
 - E. Pupillanın genişleyip daralmasını sağlar.
10. Renk körlüğü ile ilgili doğru önermeyi işaretleyiniz.
- A. Bir kırıcılık bozukluğudur.
 - B. Basil reseptörlerindeki bozuklukla ilgilidir.
 - C. Genetik olarak aktarılan bir bozukluktur.
 - D. Y kromozomu ile taşınır.
 - E. Gözün ön-arka çapının kısa olmasından kaynaklanır.

Cevaplar: C/E/B/D/A//B/E/B//E/C

6. DOLAŞIM SİSTEMİ - I

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

6.1. Dolaşım sistemini oluşturan yapılar

6.1.1. Kalp

6.1.2. Damarlar

6.2. Damarlarda kan dağılımı ve dolaşım

6.2.1. Pulmoner dolaşım

6.2.2. Sistemik dolaşım

6.3. Kalp siklusu

6.4. Kalbin uyarı ve ileti sistemi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Dolaşım sistemini oluşturan yapıları ve fonksiyonlarını sayabilir.	
	Kalbin çalışma prensibini bilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Dolaşım sistemi, homeostazinin devamlılığını sağlayabilmek için çalışan diğer tüm sistemlerle iletişim halinde olan, tüm sistemleri birbirine bağlayan bir organizasyondur. Temel olarak **damarlardan** ve merkezinde pompa olarak işlev gören **kalpten** oluşan bu sistemin görevi yapısında bulundurduğu kanı, görevlerini yerine getirebilmek üzere dokulara ulaştırmaktır.

6.1. Dolaşım Sistemini Oluşturan Yapılar

6.1.1. Kalp

İnsanda kalp, göğüs boşluğunda diyaframın üstünde, iki akciğerin arasında orta hattın sol tarafına doğru yerleşmiş, kas yapılı bir organdır. Yapısı yakından incelendiğinde 4 adet odacıktan oluştuğu görülür. Bu odacıklar, üst kısımda sağ ve sol 2 adet atriyum (kulakçık), alt kısmında ise sağ ve sol 2 adet ventrikül (karıncık) olarak oluşmuştur. Kalbin sağ ve sol kısmı birbirinden tamamen ayrılmıştır. Sağlıklı bir insanda kalbin sağ ve sol tarafındaki kan karışmaz. Aynı taraftaki atriyum ve ventriküller arasında da kanın geçişini ve akımın yönünü belirleyen kapaklar bulunmaktadır. Kalbin sağ tarafındaki kapak triküspid (üç kapakcıklı), sol tarafındaki kapak ise biküspit (iki kapakcıklı) kapaktır. Bu kapaklar **atrioventriküler kapaklar** olarak isimlendirilir ve kalbin kasılıp (sistol), gevşeme (diyastol) dönemlerinde kanın akış yönünün sürekli aynı yöne olmasını sağlar.

Bir pompa olarak görev gören kalp kalın bir kas tabakasına (miyokard) sahiptir. Kalbin sol ventrikülü ile sağ ventrikül karşılaştırılacak olursa sol tarafın kas kütlelerinin daha iyi gelişmiş olduğu görülür. Bunun nedeni kalbin sol tarafının pompaladığı kanı, yüksek basınçlı **sistemik dolaşıma** (büyük dolaşım) pompalamasıdır. Sağ ventrikül ise kanı daha düşük basınçlı **pulmoner (akciğer) dolaşıma** (küçük dolaşım) pompalamaktadır. Dolayısıyla daha yüksek bir basınca karşı iş yapan sol ventrikül kas kütleleri daha iyi gelişmiştir. Ventriküllerden çıkan damarların çıkış yaptığı bölgelerde de kapak bulunur. Bu kapakların görevi de kanın sürekli damarlara doğru akmasını, kalp diyastol halindeyken kalbe geri dolmasını engellemektir. Sağ ventrikülden çıkan pulmoner arterin hemen başlangıcında **pulmoner kapak**, sol ventrikülden çıkan aortun başlangıcında ise **aortik kapak** bulunur. Bu kapaklar **semilunar** (yarım ay) kapaklar olarak isimlendirilir.

6.1.2. Damarlar

Kural olarak kalpten çıkan damarlar **arter** (atar damar) olarak, Kalbe dönüş yapan damarlar ise **vena** (toplardamar) olarak isimlendirilir. Arterler kanı kalpten alarak dokulara ulaştıran, venalar ise dokulardaki kanı kalbe ulaştıran damarlardır. Damarlardaki kan akımı damar sistemindeki basınç farklılıklarına göre gerçekleşir. Damardaki kan her zaman basıncın yüksek olduğu yerden düşük olduğu tarafa doğru hareket eder.

Arterler kalın bir düz kas tabakasına sahiptir ve oldukça elastik bir yapıları vardır. Bu özellikleri arterlerin dış kaynaklı basınçlara daha dayanıklı olmasını sağlarken aynı zamanda içerisindeki kan basıncının yüksek olmasına neden olur. Arterler kalpten uzaklaştıkça bir ağacın dallanması gibi gittikçe daha küçük çaptaki **arteriyollere** dallanırlar.

Arteriyoller de kalın bir düz kas tabakasına sahiptirler ve otonom sinir sistemi ile olan bağlantıları aracılığı ile damar çapları daralıp genişleyebilir. Bu özellikleri ile arteriyel kan akımına karşı oluşan direncin (**periferik direnç**) çok büyük bir bölümü bu damarlardan kaynaklanır. Arteriyoller direnç damarları olarak adlandırılırlar ve arteriyel kan basıncının

oluşumunda önemli rol oynarlar. Arteriyel kan basıncı (**tansiyon**) ilerleyen bölümde ayrı bir başlık altında ele alınacaktır. Arteriyollerin devamında **kapiller** damarlar oluşur.

Kapiller damarlar (kılcal damar) dolaşım sisteminin temel görevi olan dokuların metabolik ihtiyaçlarının karşılanması görevinin yerine getirildiği alanlardır. Bu damarlar yaklaşık 5-10 mikro metre çapa sahiptir ve doku sıvısı ile kan arasındaki madde değiş tokuşu bu damarlarda oluşur. O₂, besin maddeleri ve sıvı dokulara geçerken dokularda birikmiş olan atık metabolik ürünler, CO₂ gibi maddeler kana geçerler. Kapiller damarlardan kalbe doğru gidildikçe bu damarların birleşerek **venüllere** ve daha sonra **venalara** dönüştüğü görülür.

Venalar arterlerden farklı olarak daha ince bir kas tabakasına sahiptirler ve elastisitetleri daha azdır. Dolayısı ile esneyerek genişleyebilirler. Bu özellikleri içerisindeki kan basıncının daha düşük olmasına neden olur. Düşük kan basıncı venalar içerisindeki kan akım hızının düşük olması anlamına gelir. Kan akışının devamlılığı, damarları çevreleyen kasların kasılıp gevşemesi ile oluşan masaj etkisi, kalbin emme basıncı ve nefes alıp verme sırasında göğüs boşluğunda meydana gelen basınç değişiklikleri tarafından etkilenir. Ayrıca birçok venada, kanın yerçekiminin de etkisi ile göllenmesini engellemek üzere gelişmiş **valfleri** bulunur. Bu valfler sadece kalbe doğru akıma izin verirler. Bu valflerde meydana gelebilecek bir yetmezlik **varislerin** oluşumuna neden olacaktır.

6.2. Damarlarda Kan Dağılımı ve Dolaşım

Vücudumuzdaki kanın dağılımına bakıldığında kanın % 65'lik kısmının sistemik venlerde ve venüllerde bulunduğu görülür. Bu nedenle sistemik venler **kapasitans** damarları olarak adlandırılırlar. Total kanın % 7'si kalpte, % 7'si sistemik kapillerlerde, %13'ü arter ve arteriyollerde, % 9'luk kısmı ise pulmoner dolaşımında bulunur. Kalp ve damarlardan oluşan dolaşım sistemi, pulmoner dolaşım (küçük dolaşım) ve sistemik dolaşım (büyük dolaşım) olmak üzere 2 ayrı dolaşımdan oluşur.

6.2.1. Pulmoner Dolaşım

Dokulardan dönen oksijenden fakir, karbondioksitten zengin kan ana venler (V.cava inferior ve superior) ile kalbin sağ atriyumuna dökülür. Sağ atriyumun sistolü ile sağ ventriküle geçişi tamamlanan kan, ventriküllerin sistolü ile pulmoner artere pompalanır. Pulmoner arterler doğumdan itibaren, venöz karakterde kan taşıyan yegâne arterimizdir. Pulmoner arter akciğer dokusu içerisinde pulmoner kapillerlere kadar dallanırlar ve yaklaşık 280 milyar kapillerden oluşan bir ağ halini alırlar. Bu damarlar 300 milyon alveolü beslerler ve kan ile alveol arasındaki gaz alışverişi bu alanda gerçekleşir. Oksijen yüklenen ve karbondioksit kaybeden kan pulmoner venler (arteriyel kan taşıyıcı) aracılığı ile kalbin sol atriyumuna ulaşır ve pulmoner dolaşım son bulur.

6.2.2. Sistemik Dolaşım

Sol atriyuma dönen oksijenden zengin kan, ventriküle dolmaya başlar. Atriyum sistolü ile sol ventriküle dolmuş tamamlanır ve ventrikül sistolü ile aorta ya pompalanır. Sistemik

dolaşıma katılan kan tüm dokulara ulaşır, dokuların metabolik ihtiyaçları karşılandıktan sonra venöz dönüş ile kalbin sağ atriyumunda sonlanır.

6.3. Kalp Siklusu

Yaşamımız boyunca kalp defalarca kasılıp gevşer. Kalbin her bir kasılma-gevşeme döngüsü kalp siklusu olarak adlandırılır ve 4 aşamada gerçekleşir. Bunlar;

- *Atriyum sistolü*; her iki atriyumunda kasıldığı ve kanın ventriküllere geçişinin tamamlandığı evre
- *Ventrikül sistolü*; her iki ventrikülünde kasıldığı ve kanın pulmoner arterler ve aortaya pompalandığı evre
- *Atriyum diyastolü*; ventriküllerin kasılı durumda olduğu, atriyumların büyük venlerden gelen kan ile dolmaya başladığı evre
- *Ventrikül diyastolü*; atriyumların sistolü ile ventriküllerin kan ile dolmaya başladığı evre

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı gibi, kalp siklusu bir atriyum sistolü ile bir sonraki atriyum sistolü arasında gelişen olayları içerir. Her bir döngü yaklaşık 0,8 saniye sürer ve kalp dakikada 75 döngü tamamlar. Bu rakam bize kalp hızını ya da kalbin dakikadaki frekansını belirtir. 0,8 saniyenin, 0,5 saniyesi diyastolde, 0,3 saniyesi ise sistolde geçer.

Kalbin bu döngüsel aktivitesinin başlaması ve gelişmesi kendi özelleşmiş kas hücreleri aracılığı ile gerçekleştirilir. Kalbin uyarı ve ileti sistemi olarak adlandırılacak bu yapılar sayesinde kalp kendi **önder odağının (pacemaker)** ürettiği aksiyon potansiyellerini takip ederek çalışır.

6.4. Kalp Sesleri

Kulağımızı bir insanın göğsüne yaklaştırıp dinlediğimizde ya da bir stetoskop aracılığı ile dinlendiğinde kalp seslerini duyabiliriz. Kalp dinlendiğinde lap-dap seslerine benzer şekilde iki farklı ses duyulur. Bu sesler kalbin çalışması sırasında işlev gören kapakçıkların kapanması ile oluşurlar. Kapakların ani kapanması ile kanın kapaklara teması sonucu oluşan seslerdir. “Lap” sesine benzeyen ilk ses 1. Kalp sesidir (S_1). Atriyumlar ile ventriküller arasında bulunan AV kapaklardan kaynaklanır. Yani ventriküllerin sistol yaptığı evrenin hemen öncesinde ya da başlangıcında duyulur. Daha pes bir sestir. “dap” sesine benzeyen 2. Ses (S_2) ise semilunar kapakların kapanması ile oluşur. Daha tiz ve yüksek bir sestir. Ventrikül sistolünün hemen sonrasında ya da bitiminde duyulur. Sağlıklı bireylerde oskültasyon (vücut seslerini stetoskop ile dinlemek) ile bile duyulamayan kalp sesleri de vardır. 3. Ses (S_3) diyastolün hemen başlangıcında S_2 den sonra oluşur. Atriyumlardan ventriküllere dolan kanın ventrikül duvarlarına çarpması ile oluşmaktadır. Gençlerde ve sporcularda duyulması normal kabul edilir ancak bu grupların haricinde duyulması patolojiktir. 4.Ses (S_4) ise atriyumların

kontraksiyonunun hemen ardından diyastolün hemen sonunda oluşur. S₁ den hemen önce oluşur. Duyulması patolojiktir.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Dolaşım sisteminin oluşturan yapıları ve görevleri, kalbin siklik fonksiyonunu ve kalp seslerini öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Kalp ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
 - A. Kalp 4 adet odacıktan oluşur.
 - B. Üst kısımda sağ ve sol 2 adet ventrikül bulunur.
 - C. Sağlıklı bir insanda kalbin sağ ve sol tarafındaki kan karışmaz.
 - D. Aynı taraftaki atriyum ve ventriküller arasında kapaklar bulunur.
 - E. Kalbin sağ tarafındaki kapak triküspid kapaktır.
2. Kalp kapakçıklarının görevini en iyi tarif eden tanımlamayı işaretleyiniz.
 - A. Sağ ve sol kalpteki kanın karışmasını engellerler.
 - B. Kanın akış yönünün sürekli aynı yöne olmasını sağlarlar.
 - C. Kalbin çalışmasını sağlarlar.
 - D. Atriyum ve ventrikülleri birbirinden ayırırlar.
 - E. Büyük ve küçük dolaşımı oluştururlar.
3. Pulmoner ve sistemik dolaşım ile ilgili yanlış önermeyi işaretleyiniz.
 - A. Sistemik dolaşım yüksek basınçlı bir dolaşımdır.
 - B. Pulmoner dolaşım düşük basınçlı bir dolaşımdır.
 - C. Sistemik dolaşım kalbin sol ventrikülünden çıkan aort ile başlar.
 - D. Pulmoner dolaşım kalbin sol atriyumuna ulaşan pulmoner ven ile sonlanır.
 - E. Pulmoner dolaşım kalbin sol ventrikülünden çıkan pulmoner arter ile başlar.
4. Aşağıdaki eşleştirmelerden yanlış olanı işaretleyiniz.
 - A. Triküspid – üç kapakçıklı
 - B. Diyastol – gevşeme
 - C. Sistol – kasılma
 - D. Biküspid – tek kapakçıklı
 - E. Semilunar – yarım ay şeklinde
5. Damarlar ile ilgili yanlış önermeyi işaretleyiniz.
 - A. Kalpten çıkan damarlar arter olarak adlandırılır.
 - B. Küçük çaptaki arterler arteriyoller olarak adlandırılır.
 - C. Arteriyoller oldukça ince bir düz kas tabakasına sahiptirler.
 - D. Kalbe dönüş yapan damarlar vena olarak adlandırılır.
 - E. Venalar esneyerek genişleyebilirler.
6. Aşağıda venalar ile arterlerin farkları sıralanmıştır. Yanlış önermeyi işaretleyiniz.
 - A. Venalar daha ince bir kas tabakasına sahiptirler.
 - B. Venalar daha esnek damarlardır.
 - C. Venalarda kan basıncı daha yüksektir.
 - D. Venalarda valfler bulunur.
 - E. Venalarda iskelet kası masaj etkisi kan akımına destek olur.

7. Vücutumuzdaki kan dağılımının yaklaşık değerleri aşağıda belirtilmiştir. Hangi değerler yanlıştır?
- A. %65 - sistemik ven ve venüller
 - B. %7 - kalp
 - C. %7 - sistemik kapillerler
 - D. %20 - pulmoner dolaşım
 - E. %13 - arter ve arterioller
8. Pulmoner dolaşımın özelliklerinden hangisi yanlış olarak verilmiştir?
- A. Oksijenden fakir, karbondioksitten zengin kanı alır.
 - B. Kalbin sağ atriyumuna dökülür.
 - C. Kan sol ventriküllerin sistolü ile pulmoner artere pompalanır.
 - D. Pulmoner arter akciğer dokusu içerisinde pulmoner kapillerlere kadar dallanır.
 - E. Pulmoner ven arteriyel kan taşır.
9. Ventrikül sistolünü doğru tarif eden tanım aşağıdakilerden hangisidir?
- A. Kanın pulmoner arterler ve aortaya pompalandığı evre.
 - B. Ventriküllerin kan ile dolmaya başladığı evre.
 - C. Atriyumların kan ile dolmaya başladığı evre.
 - D. Ventriküllerin gevşemeye başladığı evre.
 - E. AV kapakcıkların açıldığı evre.
10. Kalp sesleri ile ilgili yanlış önermeyi işaretleyiniz.
- A. S1 - atriyumlar ile ventriküller arasında bulunan AV kapaklardan kaynaklanır.
 - B. S2 - semilunar kapakların kapanması ile oluşur.
 - C. S3 - diyastolün hemen başlangıcında S2 den önce oluşur.
 - D. S4 - atriyumların kontraksiyonunun hemen ardından oluşur.
 - E. S1 den hemen önce oluşan ses S4 tür.

Cevaplar: B/B/E/D/C/C/D/C/A/C

7. DOLAŞIM SİSTEMİ II

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

7.1. Kalbin uyarı ve ileti sistemi

7.2. Elektro Kardiyografi (EKG)

7.3. Kan basıncı

7.3.1. Kan basıncının ölçülmesi

7.4. Nabız

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Elektrokardiyografinin temel amacını tarif edebilir.	
	Kan basıncını ve nasıl ölçüldüğünü tanımlayabilir.	
	Nabız nedir tarif edebilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Kalbin elektriksel faaliyetinin devamlılığı kalbin çalışabilmesi için gereklidir. Bu sistemde oluşabilecek bozukluklar hayatı tehlikeye sokabilir. Elektrokardiyografi, kalbin elektriksel faaliyetinin izlenmesinde önemli bir yöntemdir.

7.1. Kalbin Uyarı ve İleti Sistemi

Sinoatriyal düğüm (SA), Atriyoventriküler düğüm (AV), his demetleri ve pürkinje liflerinden oluşan bu sistem kalbin çalışmasına öncülük eder. Kalbin fonksiyonu otonom sinir sistemi ile kontrol edilse de kalbin kasılma cevabı bu sinirlerden gelen uyarılar ile başlatılmaz. Kalp sağ atriyumun üst kısmında bulunan özelleşmiş hücrelerin oluşturduğu sinoatriyal düğümden başlayan aksiyon potansiyeli ile otomatik olarak çalışır. Bu durum kalbin **otoritmisite** özelliği olarak adlandırılır. Sempatik ve parasempatik sistem (OSS) ise yalnızca kalbin fonksiyonu üzerine etkili (frekansı, kasılma kuvveti gibi...) olur.

Sinoatriyal düğümün bu özelliği hücrelerin sabit olmayan bir dinlenme membran potansiyeline sahip olmasından kaynaklanır. Sonuç olarak bu hücrelerden dakikada 70-80 adet potansiyel üretilir ve ileti sistemi aracılığı ile tüm kalbe yayılır. Bu yayılma sürecinde kalbin fonksiyonel sinsizyal yapısı çok önemli rol oynar. Birbirine interkale disklerle bağlanmış olan miyositler bu uyarıyı çok kısa sürede tüm dokuya yayarlar. Peki, gelişmiş ileti sistemi ve iletiyi kolaylaştıran kas yapısıyla çalışan kalpte, atriyum ve ventriküllerin birbirinden farklı zamanlama ile çalışması nasıl mümkün olur?

Bu sorunun cevabına kalbin yapısına bakarak cevap verebiliriz. Daha önce atriyumlar ile ventriküller arasında kan geçişini sağlayan kapaklar olduğundan bahsetmiştik. Bu kapaklar kalbin iç boşluklarını birbirine bağlayan yapılardır. Ancak atriyum ve ventrikülleri oluşturan kas doku arasında, bu dokuları ayıran ve iletiyi engelleyecek yalıtkan özellikte bir fibröz doku bulunur. Bu doku “**anulus fibrous cordis**” olarak adlandırılır. Sağ atriyumda bulunan sinoatriyal (SA) düğümden çıkan uyarılar, atriyumlardan ventriküle geçemeyeceğinden ancak atriyoventriküler (AV) düğüm aracılığı ile iletilebilirler. AV düğümün fizyolojik özelliğinden dolayı, SA dan çıkan bir uyarı hızlıca atriyumları dolaşır ancak AV düğümüne geldiğinde yaklaşık 0.1 sn kadar geciktirilir. Bu gecikmenin ardından ventriküllerin arasında bulunan interventriküler septaya geçer ve daha sonra tüm ventriküllere yayılır. İşte bu özellik sayesinde atriyumlar önce, ventriküller ise kısa bir süre sonra kasılarak, düzgün bir fonksiyon oluştururlar.

7.2. Elektro Kardiyografi (EKG)

Elektrokardiyografi; kalbin elektriksel aktivitesinin, vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile kaydedilmesidir. Vücudumuzun % 60 oranında su içerdiği düşünülürse oldukça iletken bir vücuda sahip olduğumuz anlaşılacaktır. Bu iletkenlik sayesinde kalbin elektriksel aktivitesi elektrokardiyograf adı verilen bir cihazla kayıt altına alınabilir. Elektrotlar vücudun belirli yerlerine yerleştirilir ve bunlar universaldır. Derivasyon olarak adlandırılan bu bölgeler, kol, ayak bilekleri ve göğüste belirli bölgeleri içerir. Sağlıklı bir insandan alınan normal bir EKG kaydında (elektrokardiyogram) temel çizimler belirir. Bunlar dalga olarak isimlendirilirler.

Bu kayıta sırasıyla, **P dalgası**, **QRS kompleksi** ve **T dalgası** oluşur. Bu dalgalar gerçekte kalp kasının depolarize ve repolarize oluşu sırasındaki elektriksel değişikliklerin vücut yüzeyine yansımış halleridir. P dalgası; **atriyumların depolarizasyonunu**, QRS kompleksi; **ventriküllerin depolarizasyonunu**, T dalgası ise **ventriküllerin repolarizasyonunu** yansıtır.

Bir kardiyolog bu dalgaların büyüklüğüne, süresine ve dalgalar arasında geçen sürelerle bakarak kalp kası ve ileti sistemi hakkında fikir sahibi olabilir.

7.3. Kan Basıncı

Homeostatik düzenlemelerden belki de en önemlisi kan basıncının düzenlenmesi ve kontrolüdür. Bunun temel nedeni, arteriyel kan basıncının belirli bir seviyede kalmasının kan akımının devam edebilmesi için kritik öneme sahip olmasıdır. Kan basıncı tarif olarak kanın, içerisinde bulunduğu damar duvarına yaptığı basınçtır. Kalbin sistolünde bu basınç artarken diyastol döneminde azalır. Sağlıklı bir erişkin için bu basınç değerleri ortalama;

Sistolik (büyük tansiyon): 90-119 mmHg

Diyastolik (küçük tansiyon): 60-79 mmHg

Yaşa bağlı olmak üzere, ölçümünde süreklilik gösteren bir artmış basınç **Hipertansiyon** olarak değerlendirilir. Tedavi edilmeyen hipertansiyon kalp yetmezliği, inme, arteriyel anevrizmalar gibi birçok soruna neden olabilir. Tam tersine gerekenden düşük seyreden bir basınç **Hipotansiyon** olarak değerlendirilir. Kritik bir seviyenin altına düşen basınç beynin kanlanmasını etkileyeceğinden, bayılmalara (**senkop**) neden olabilir.

Arteriyel kan basıncı kalbin dakikada pompaladığı kan miktarı (kardiyak debi) ile periferik direncin çarpımına eşittir. Yani basınç, kalp faaliyeti ve damarlarda kanın akışına karşı oluşan direnç ile belirlenir. Kalp debisi; kalbin bir atım ile pompaladığı kan miktarı ile kalbin dakikadaki atım sayısı çarpılarak hesaplanır. Periferik direncin hesaplanmasında ise kanın viskozitesi, damar uzunluğu ve damar çapı belirleyici faktörlerdir. Örneğin damar uzunluğu arttıkça direnç artarken damar çapı genişledikçe direnç azalır.

7.3.1. Kan Basıncının Ölçülmesi

Arteriyel kan basıncının ölçülmesi için sfigmomanometre (tansiyon aleti) kullanılır. Cihaz manşon olarak adlandırılan ve kola sarılarak şişirilen bir kısma, hava basmak için bir el pompasına ve basınç değişikliklerini ölçebilmek için bir manometreye sahiptir. Ölçüm yapılırken birde stetoskopa ihtiyaç duyulur. Temel amaç arterdeki basıncı ölçmektir. Dolayısı ile manşon kola sarıldıktan sonra pompa ile şişirmeye başlanır. Bir yandan da aynı koldan nabız alınır. Şişirme işlevinin temel amacı arteri baskılayacak kadar bir basınç oluşturmak ve kan geçişini engellemektir. Bunun için nabız alınmayıncaya kadar manşon şişirilir. Kan akışı engellendiğine göre manşonun uyguladığı basınç damarın basıncının üzerindedir.

Daha sonra stetoskop hemen manşonun alt kısmına, arterin üzerine doğru yerleştirilerek ses dinlenir. İlk anda her hangi bir ses duyulamaz çünkü damarda kan akışı yoktur. Daha sonra manşonun valfi gevşetilerek havanın yavaşça dışarı çıkması sağlanır. Damar üzerindeki basınç azalmaya başlar. Tansiyonu ölçülen kişinin kalbi sistol yaptığı anda uyguladığı basınç manşonun uyguladığı basıncı yendiği anda damar açılır ve kan geçişi olur. Bu sırada bir ses duyulur. İlk sesin duyulduğu bu anda manometrede okunan basınç kişinin **sistolik** basıncıdır. Daha sonra

her sistolde ses işitilir ancak belli bir süre sonra ses kesilir. Bunun nedeni manşonun oluşturduğu basıncın artık damarı sıkıştırmıyor olmasıdır. Dolayısıyla son ses sırasında manometrede okunan değer **diyastolik** basınç olarak kabul edilir.

Peki, ama bu duyduğumuz ses nereden gelir? Aslında damarlarda kan akışı sırasında steteskop ile duyulabilecek bir ses çıkmaz çünkü damarlardaki kan akımı laminardır yani damarlara paralel olarak akar. Ancak bir damarları sıkıştırdığımızda kan akımı türbülant hale gelir ve ses çıkar. Bu sesler ilk olarak (1905) Rus hekim “Dr.Nikolai Korotkoff” tarafından keşfedilmiştir ve **Korotkoff** sesleri olarak isimlendirilirler.

7.4. Nabız

Kalbin sistolü ile kanın arterlere pompalanması sonucu oluşan basınç dalgaları arter duvarı boyunca iletilirler. Bu dalga geçtiği bölgede arter duvarını genişletir ve el ile hissedilebilen bir dalga olan **nabız** oluşur. Örneğin bilek arteri (radyal arter) üç parmak ile sıkıştırılarak kişinin nabızı ölçülebilir. Nabız dalgası, kanın aortaya pompalanmasından yaklaşık 0.1 sn sonra radyal arterden hissedilebilir. Nabız sayısı dakikada kalp atım hızını saymak için kullanılırken nabız basıncı ve nabızın karakteri hakkında da bilgi sahibi olunabilir. Şok durumlarında nabız zayıf alınırken, egzersiz ardından kalp debisi artınca nabız basıncı da artar. Artmış nabız kişi tarafından rahatlıkla hissedilebilir hale gelir.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Kalp faaliyetinin otoritmisite özelliği ve kalbin elektriksel faaliyetinin değerlendirilmesinde kullanılan elektrokardiyografi yönteminin temel ilkelerini öğrendik. Ayrıca kan basıncının önemi ve nasıl ölçüldüğünü öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Kalbin çalışma şekli ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden yanlış olanı seçiniz.
 - A. Kalbin fonksiyonu otonom sinir sistemi ile kontrol edilir.
 - B. Kalbin kasılma cevabı otonom sinirlerden gelen uyarılar ile oluşur.
 - C. Sinoatriyal düğüm kalbin çalışmasını sağlar.
 - D. Uyarı ve ileti sistemini özelleşmiş hücreler oluşturur.
 - E. Kalp otoritmisite özelliğine sahiptir.
2. Kalbin otoritmisite özelliğini en iyi tarif eden tanımlama aşağıdakilerden hangisidir?
 - A. Kalp sinir sistemi ile kontrol edilir.
 - B. Otonom sinir sistemi kalbin çalışmasını sağlar.
 - C. Kalbin kendi özelleşmiş uyarı ve ileti sistemi kendi kendine çalışmasını sağlar.
 - D. Kalp kası hücreleri birbirleri ile sıkı bağlantı noktalarına sahiptirler.
 - E. Kalbin yapısı iletiyi hızlı şekilde tüm hücrelere ulaştırır.
3. Anulus fibrosus cordis'in fonksiyonu aşağıdaki önermelerden hangisinde en iyi biçimde tanımlanmıştır?
 - A. Atriyumlar ile ventriküller arasında kan geçişini sağlar.
 - B. İletiyi kolaylaştıran kas yapısını oluşturur.
 - C. SA ve AV düğüm arasındaki bağlantıyı sağlar.
 - D. Atriyum ile ventrikül dokusu arasında direkt ileti geçişini engeller.
 - E. AV düğümden çıkan iletiyi geciktirir.
4. Elektrokardiyografi, kalpteki elektriksel faaliyetin kaydedilmesidir. Sağlıklı bir kişinin kaydında belirecek olan dalgalar ve onların yansıttığı elektriksel aktivite eşleştirilerek verilmiştir. Yanlış eşleştirmeyi işaretleyiniz.
 - A. P dalgası – atriyum depolarizasyonu
 - B. QRS kompleksi – ventrikül depolarizasyonu
 - C. T dalgası – ventrikül repolarizasyonu
 - D. P dalgası – atriyum repolarizasyonu
 - E. QRS kompleksi – ventrikül depolarizasyonu
5. Elektrokardiyografiyi en iyi tanımlayan şıkkı işaretleyiniz.
 - A. Kalpteki elektriksel faaliyetin kaydedilmesidir.
 - B. Kalp ritminin kaydıdır.
 - C. Kalbin çalışma sistemini ölçer.
 - D. Kalp atımını gösterir.
 - E. Vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlar ile kalbin dakikadaki vuruş sayısını ölçmektir.
6. Arteriyel kan basıncı ile ilgili olarak aşağıda sıralanan önermelerden hangisi yanlıştır?
 - A. Kanın, içerisinde bulunduğu arter duvarına yaptığı basınçtır.
 - B. Kan akımının devam edebilmesi için kritik öneme sahiptir.
 - C. "Hipertansiyon" süreklilik gösteren artmış arteriyel basınca verilen isimdir.
 - D. Kardiyak debinin periferik direnç bölünmesi ile hesaplanır.
 - E. Gerekenden düşük seyreden bir basınç "hipotansiyon" olarak değerlendirilir.

7. Periferik direnç nedir?
- A. Kalbin dakikada pompaladığı kan miktarı.
 - B. Kalbin dakikadaki atım sayısı.
 - C. Damarlarda kanın akışına karşı oluşan direnç.
 - D. Kalbin pompalama gücü.
 - E. Kan basıncı.
8. Tansiyon ölçümü sırasında temel amaç nedir?
- A. Nabızı durdurmak.
 - B. Venalardaki kan basıncını belirlemek.
 - C. Venalarda kan akımını engellemek.
 - D. Arteriyel kan basıncını ölçmek.
 - E. Kalbin kasılma kuvvetini belirlemek.
9. Tansiyon ölçülürken duyulan ilk ses aşağıdaki seçeneklerden hangisine işaret eder?
- A. Diyastolik basınça
 - B. Nabız basıncına
 - C. Sistolik basınca
 - D. Kan akış hızına
 - E. Damar duvarında oluşan hasara
10. Nabız ile ilgili olarak aşağıda sıralanan önermelerden hangisi yanlıştır?
- A. Kalbin sistolü ile kanın aortaya pompalanması sonucu oluşur.
 - B. Oluşan basınç dalgaları arter duvarı boyunca iletilirler.
 - C. Bu dalga geçtiği bölgede arter duvarını genişletir.
 - D. Nabız almak için tansiyon aleti kullanılır.
 - E. Kalp debisi artınca nabız basıncı da artar.

Cevaplar: B/C/D/D/A/D/C/D/C/D

8. KAN FIZYOLOJİSİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

8.1. Kanın fiziksel özellikleri

8.2. Kan plazması

8.2.1. Plazma proteinleri ve görevleri

8.3. Kanın şekilli elemanları

8.3.1. Eritrositler (alyuvarlar)

8.3.2. Lökositler (akyuvarlar)

8.3.3. Trombositler (kan pulcukları)

8.4. Hemostaz

8.5. Kan grupları

8.5.1. Abo sistemi

8.5.2. Rh sistemi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Kanı oluşturan maddeleri bilir ve kanın fonksiyonunu tanımlayabilir.	
	Kan hücrelerini sayabilir ve fonksiyonlarını açıklayabilir.	
	Kan yapımı ile ilgili genel bilgiye sahiptir. Anemi ve Polisitemiyi tanımlayabilir	
	Kan gruplarını sıralayabilir ve önemini belirtebilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Organizmayı oluşturan hücrelerin yaşamına devam edebilmesi için metabolik ihtiyaçlarının karşılanması gerekir. İnsan gibi trilyonlarca hücreden oluşmuş gelişmiş organizmalarda her hücrenin ihtiyacını karşılamak oldukça zorlu ve bir o kadar da özelleşme gerektiren bir işlemdir. Bu amacı yerine getirebilmek için özelleşmiş bir vücut sıvısı olan kan tüm organizmayı kat edebilecek bir dolaşım sistemi içerisinde dolaşarak hücrelere O₂ ve besin maddelerini ulaştırırken, atık maddeleri uzaklaştırarak tüm metabolik ihtiyaçlarını karşılar. Kan, aynı zamanda pH ve vücut ısısı düzenlenmesinde ve mikroorganizmalara karşı savunmada çok önemli roller üstlenir.

8.1. Kanın Fiziksel Özellikleri

Biyofiziksel olarak incelendiğinde kan polifazik bir süspansiyon olarak tanımlanır. Yani bir sıvı içerisinde dağılmış şekilli partiküllerin oluşturduğu bir süspansiyon olarak değerlendirilir. Gerçekten de kanın yapısına katılan hücreler kanın sıvı kısmı olan plazma içerisinde dağınık olarak bulunurlar. Bu iki faz yani sıvı ve katı fazlar oldukça basit bir yöntemle birbirlerinden ayrılabilir. Kan, bir tüp içerisine alınarak santrifüj edilirse, kanın şekilli elemanlar santrifugal kuvvetin etkisi ile tüpün dip tarafında toplanırken sıvı kısmı yani plazması üstte kalır. Böyle basit bir işlemle bile kanın şekilli elemanları ve plazması birbirine oranlanarak kişinin sağlık durumu hakkında bilgi edinilebilir. Kanın şekilli elemanlarının total kan hacmine oranı **hematokrit** değer olarak adlandırılır. Bu oran erkeklerde ortalama % 45, kadınlarda ise % 40 civarındadır.

Anatomik ve histolojik bir bakış açısı ile kan, özelleşmiş bir doku olarak kabul edilir. Kemik iliğinden köken alan hücreleri ve plazmasında bulunan proteinleri ile kan bir doku niteliğindedir. Fizyolojik olarak ise kan özel bir vücut sıvısıdır. Erişkin bir insan, vücut ağırlığının yaklaşık % 8'i kadar kana sahiptir. 70 kilogramlık bir insanda yaklaşık **5,5 litre kan** bulunur. Bu miktarın yaklaşık 3 litresi plazma geri kalanı ise kanın şekilli elemanlarının hacmidir. Kanın genel fiziksel özelliklerinden bahsedildikten sonra, plazma ve kan hücrelerini daha yakından incelemek gerekir.

8.2. Kan Plazması

Kan plazmasının % 92'lik kısmı sudur. Geri kalan kısmı ise aşağıda belirtilen maddelerden oluşur. Bunların % 6'lık kısmı plazma proteinleri, % 2'lik kısmı ise diğerleridir.

- Plazma proteinleri: albumin, globulin, fibrinojen
- Besin maddeleri: glukoz, amino asitler, yağ asitleri, vitaminler
- Elektrolitler: na^+ , ca^{+2} , mg^{+2} , hco_3^- , cl^- vs...
- Gazlar: oksijen (o_2), karbondioksit (co_2), azot (n^2)
- Düzenleyici maddeler: hormonlar, enzimler
- Atık maddeler: ürik asit, amonyum tuzları, kreatinin vs...

8.2.1. Plazma Proteinleri ve Görevleri

Albumin: Karaciğerde üretilen albümin, globuler yapıda ve suda çözünebilir bir proteindir. Diğer kan proteinlerine göre daha hafif moleküler ağırlığa sahiptir ve kanda en çok bulunan proteindir. Albumin proteininin yağ asitleri, steroidler ve tiroid hormonu gibi moleküller için taşıyıcılık görevi üstlenir. Aynı zamanda kan plazması ile dokular arası sıvıların geçişini düzenleyen basınç değişikliklerinde önemli rol oynar.

Globulin: Suda çözünmeyen bu proteinlerin bir kısmı karaciğerde üretilirken bir kısmı ise savunma hücreleri (çoğunlukla plazma hücreleri) tarafından sentezlenir. Albümine göre daha ağırdırlar. Alfa, beta ve gama alt tipleri bulunur. Taşıma görevlerinin (glukoz, kortizol, demir) gibi yanı sıra immün sistemde antikorlar olarak rol oynarlar (gama globulin).

Fibrinojen: Plazma proteinleri içinde en büyük ve ağır moleküler yapıya sahip proteindir. Karaciğerde sentezlenir. Kanın pıhtılaşma reaksiyonunda (koagulasyon) önemli rol üstlenirler. Görevleri fibrin iplikciklerin oluşumunu sağlamaktır. Aktive olmuş trombin fibrinojeni fibrine çevirerek kanayan bölgede kalıcı bir tıkaç oluşumunu sağlar. Anti-koagülansız bir tüpe alınan kan kısa bir zaman sonra koagule olur. Anti-koagülansız tüpteki kan santrifüj edilirse tüpün üst kısmında kalan sıvı **serum** olarak adlandırılır. Plazma ile serum arasındaki fark, serumun fibrinojen içermemesidir.

8.3. Kanın Şekli Elemanları

8.3.1. Eritrositler (Alyuvarlar)

Kana kırmızı rengini veren **bikonkav disk** (her iki yüzü içbükey) şeklinde çekirdeksiz hücrelerdir. Çekirdeğini ve hatta diğer birçok organelini tek bir amaç için; **daha fazla oksijen taşıyabilmek** için kaybeder. Eritrositler oksijen moleküllerini yapılarında buldukları hemoglobin molekülleri sayesinde taşırlar. Hemoglobin (Hb) molekülü; 4 adet demir içeren “**hem**” ve hem grubuna bağlı 4 alt üniteye sahip “**globin**” proteininin birleşimi ile oluşur. İnsanda, yaşamın farklı evrelerinde farklı hemoglobin tüpleri görülür. Embriyonik dönemde “**Gower**” tip hemoglobin, fetal dönemde “**HbF**”, erişkin dönemde ise “**HbA**” yaygın olarak görülür. Hemoglobin molekülünün oksijen bağlama kapasitesi yüksektir ancak sadece O₂ ile bağlanmaz. CO₂ (karbondioksit) taşınmasında da önemli rol oynamaktadır. Ayrıca hemoglobinin **karbonmonoksit** (CO) gazına olan afinitesi (bağlanma isteği) oldukça yüksektir. Soba zehirlenmesi olarak da bilinen durumlarda olduğu gibi yeterli oksijen olmadan gerçekleşen yanma durumlarında ortaya çıkan CO gazı hemoglobin ile sıkıca bağlanır ve O₂ taşınamaz hale gelir. Sonuçta ölüm meydana gelir.

1 mm³ (milimetre küp) kanda ortalama 4,5 milyon kadar eritrosit bulunur. Ergenlik dönemine kadar bu rakam genelde her cinsiyet için ortaktır ancak ergenlik sonrası kadınlar ve erkekler için farklılık gösterir. Bunun nedeninin ergenlikle gelişen hormonal değişikliklerdir ancak bazı kaynaklar kadınların menstrual döngülerinden kaynaklanan kan kayıplarının da bu durumda etkisi olduğunu belirtmektedir. Normal erişkin **erkek**te eritrosit sayısı: **4,5 – 5,5 milyon/mm³** iken **kadında** bu rakam **4,2 – 5 milyon / mm³** kadardır. Eritrosit sayılarındaki bu farklılık diğer kan parametrelerini de etkiler. 1 desilitre (100 mililitre) kanda normal **hemoglobin** miktarı **erkek**te: **14-16 gr/dl**, **kadında** ise **12-14 gr/dl** kadardır. Daha önce bahsettiğimiz **hematokrit** değer ise bir oran olduğundan yüzde (%) olarak tarif edilir. Hematokrit değeri normal **erkek**te: **% 42-50**, normal **kadında** ise **%37-42** oranındadır.

8.3.1.1. Eritrositlerin Yapımı (Eritropoez)

Peki, dolaşıma katıldıkları andan itibaren ortalama 120 gün yaşayan eritrositler nerede yapılırlar?

Gebeliğin ilk haftalarında (10. Haftaya kadar) **kan hücrelerinin yapım yeri (hematopoez)** vitellüs kesesindeki mezodermal hücrelerde başlar. 16. Haftadan itibaren karaciğer ve dalakta yapılmaya başlayan hücreler 7. Aydan itibaren ağırlıklı olarak kemik iliğinde yapılır. Karaciğerin yapımdaki desteği yavaşça sona erer ve doğumdan itibaren kırmızı kemik iliğinde yapım devam eder. 20 li yaşlarda kırmızı kemik iliği yalnızca yassı kemiklerde (kostalar, kranyum, skapula gibi) ve uzun kemiklerin (humerus, femur) proksimal kısımlarında bulunur ve yapım buralarda devam eder.

Eritropoezin tetiklenmesindeki en önemli etken kandaki oksijen basıncının azalmasıdır. Bu durum **hipoksemi** olarak adlandırılır. Hipoksemi, ya da **hipoksi** (genel olarak organizmanın O₂ siz kalması hali) böbreklerdeki duyarlı hücreler tarafından algılanır ve **eritropoietin** hormonu salgılanır. Eritropoietin, kemik iliğindeki öncü eritrosit hücrelerini uyararak eritrosit yapımını tetikler. Eritropoietin, eritropoez için gereklidir. Eksikliğinde ağır **anemiler** (kansızlık) oluşabilir. Fazla salgılanması ise **polisitemi** oluşturabilir.

8.3.1.2. Anemi ve Polisitemi

Anemi; kanda eritrosit veya hemoglobin miktarının azalması olarak tanımlanır. Anemilerin tek nedeni eritropoez eksikliği değildir. Eritrosit ya da hemoglobin yapımı için gerekli birçok maddenin eksikliği anemilere neden olabilir. Bu tip anemiler, yapım bozukluğuna bağlı anemilerdir. Örneğin **demir eksikliği** ya da **B₁₂ vitamin eksiklikleri** anemi nedenleridir. Sadece yapım sürecinde gelişen aksaklıklar değil, eritrositlerin yıkım sürecinde gelişen olaylarda anemi nedeni olabilirler. 120 günlük ömrünü tamamlamış eritrositler dalaklardan geçerken makrofajlar tarafından yıkılırlar ve yıkım ürünleri tekrar kullanılmak üzere depolanır. Eritrosit membran defektlerine ya da enzim eksikliklerine bağlı olarak yıkımlar artabilir ve anemiler oluşabilir. Bunların dışında ağır kanamalar (**hemoraji**) da anemi nedeni olarak sınıflandırılır.

Polisitemi; kanda eritrosit sayısının fazla olmasıdır. Polisitemi fizyolojik olarak gelişebilir. Hipoksik bir koşula maruz kalmak **fizyolojik polisitemiye** neden olur. **Hipoksi** vücudun tamamının ya da bir bölümünün yeterli oksijenden mahrum kalması olarak tanımlanır. 4 farklı hipoksi tipi vardır. Bunlar;

Hipoksik hipoksi: Solunan havada oksijen basıncının az olması (yüksek rakımlı yerler)

Stagnant hipoksi: Dolaşımın yavaşlaması sonucu organın ya da dokunun oksijensiz kalması

Anemik hipoksi: Eritrosit ya da hemoglobin azlığına (anemi) bağlı olarak kanda yeterli oksijen taşınmaz.

Histotoksik hipoksi: Kanda yeter miktarda oksijen olduğu halde doku seviyesinde O₂ den faydalanılamaz (siyanür zehirlenmesi gibi).

Hipoksik hipoksi de olduğu gibi, coğrafi koşullardan dolayı atmosfer basıncının daha düşük olduğu deniz seviyesinden yüksek bölgelerde, atmosfer havasında oksijen parsiyel basıncı da düşük olacaktır. Böyle bir durumda hipoksik koşula maruziyet kaçınılmazdır. Organizma bu duruma adapte olur ve eritrosit yapımını daha önce bahsettiğimiz yollar ile arttırarak polisitemi geliştirir. Bu fizyolojik bir cevaptır (**fizyolojik polisitemi**). Bazı kardiyak yetmezlikler ya da diğer patolojiler sonucunda dokularda O₂ yetersizliği olduğu durumlarda polisitemiler gelişebilir bunlar **sekonder polisitemi** olarak adlandırılır. Ancak herhangi bir hipoksik koşuldan kaynaklanmayan, örneğin bir tümöre bağlı olarak gelişebilecek aşırı eritrosit yapımı ile oluşan polisitemiler ise **primer polisitemiler** olarak sınıflandırılır.

8.3.2. Lökositler (Akyuvarlar)

Lökositler, organizmayı patojenlere karşı koruyan bağışıklık sistemi (immün sistem) hücreleridir. 1 mm³ (milimetre küp) kanda ortalama 4.000 – 10.000 kadar lökosit bulunur. Lökositler iki grupta sınıflandırılırlar. Bunlar;

8.3.2.1. Granülositler (Granüllüler)

Sitoplazmasında granül içeren hücrelerdir. Çok parçalı çekirdekleri vardır. Nötrofiller, eozinofiller ve bazofiller bu gruba ait hücrelerdir.

Nötrofil: Lökositler içerisinde kanda en yaygın olan hücrelerdir. Kanda yaşam süreleri ortalama 6 saat kadardır. Toplam lökosit sayısının % 50-70'lik kısmını nötrofiller oluşturur. Fagositoz özellikleri gelişmiştir ve sitoplazmasındaki birçok lizozomda fagosite ettikleri patojeni sindirmeye yarayan oksidatif enzimler içerir. Özellikle bakteriyel enfeksiyonlarda savunma rolü üstlenirler. İlk müdahale eden hücrelerdir. Birkaç bakteriyi fagosite ettikten sonra gelişen süreçte kendileri de ölürler ancak öldükten sonra bile ortama yaydıkları enzimler bakterileri öldürmeye devam eder. Akut enfeksiyonlar da sayıları oldukça artar.

Eozinofil: Yaşam süreleri 8-12 gün kadar olan bu hücreler asidik boyalarla boyanırlar ve ışık mikroskopunda pembe granüllü olarak görünürler. Bu özelliğinden dolayı **asidofil** olarak da isimlendirilirler. Dolaşımdaki lökositlerin % 1-4'ünü oluştururlar. Paraziter enfeksiyonlarda koruyucu, alerjik inflamasyonlarda düzenleyici rol üstlenirler.

Bazofil: Yaşam süreleri birkaç günü geçmeyen bu hücreler mavi-mor büyük granülleri ile ayırt edilirler. Bu granüllerde histamin, heparin gibi kimyasallar bulunur. Histamin damar geçirgenliğini arttırarak inflamatuvar yanıtın oluşumunu sağlar. Heparin ise güçlü bir anti-kogulandır. Pıhtılaşmayı engelleyerek hücrelerin hareketini kolaylaştırır. Ayrıca nötrofil ve eozinofillerin etkinliğini arttıran kimyasallar barındırırlar.

8.3.2.2. Agranüositler (Granülsüzler)

Tek parça ve büyük çekirdekli hücrelerdir. Sitoplazmalarında granüller görülmez.

Monosit: Dolaşımdaki en büyük çaplı lökositlerdir. Böbrek şeklinde çekirdekleri vardır. Dolaşımdaki lökositlerin % 2-8'ini oluştururlar. Dolaşımdaki ömürleri sınırlı olmasına rağmen dolaşımı terk ederek dokulara yerleşebilirler. Dokulara yerleşen hücreler makrofaj haline dönüşürler ve uzun süre yaşayarak dokuda “bekçilik” görevi üstlenirler. Yerleştikleri dokuya özel olarak isimlendirilirler (karaciğerde “Kupffer” hücreleri, MSS de “Mikroglia” gibi...). Fagositoz özellikleri çok üstündür. En önemli fonksiyonu “**antijen sunma**” özellikleridir. Makrofajlar patojenleri fagosite ettikten sonra onlara ait antijenik yapıları T lenfositlere sunarlar ve T lenfositler sunulan antijen ile aktifleşir. Bu özellik edinsel (kazanılmış) bağışıklığın temelini oluşturur. Edinsel bağışıklık hücresel ve humoral savunmaları içerir.

Lenfositler: Eritrositlerden biraz daha büyük, sitoplazmalarının çoğunu kaplayan bir çekirdek ile karakterize bir morfolojileri vardır. Dolaşımdaki lökositlerin %20 – 40'luk kısmını oluştururlar. Lenfositler T hücreleri, B hücreleri ve doğal katil (natural killer) hücreler olarak sınıflandırılır.

T lenfositler kendi içlerinde, aşağıda belirtilen alt gruplara ayrılırlar.

- Yardımcı T hücreleri (T helper),
- Bellek T hücreleri (T memory),
- Sitotoksik T hücreleri (T cytotoxic)

Tüm T lenfositler kemik iliğinde üretildikten sonra **timus** dokusunda bir seçim sürecinden geçer ve kendi hücrelerinin antijenik yapılarını tanıma sürecini tamamlarlar. T bellek hücreleri daha önceden karşılaşılan enfeksiyonlar hakkındaki bilgiyi saklayarak daha sonraki karşılaşmada immün yanıtın oluşumunu düzenlerler. T hücreleri hücresel savunmanın temel hücreleridir.

B lenfositler gelişimlerini kemik iliğinde tamamlarlar ve T lenfositler tarafından aktive edildiklerinde antikor salgılayan plazma hücrelerine dönüşürler. Antikorlar (immunglobulin); patojenlerin antijenik yapılara bağlanarak etkisiz hale getirirler. “Y” şeklinde bu protein yapılar humoral savunmanın temel yapılarıdır.

“Doğal katil” lenfositler ise tümörlere ve virüslere karşı mücadelede önemli rol oynarlar. Bu hücreler granüositler ve makrofajlar ile birlikte **doğal immün yanıtı** oluşturan hücrelerdir.

8.3.3. Trombositler (Kan Pulcukları)

Trombositler, kemik iliğinde üretilen megakaryositlerden köken alan hücre parçalarıdır. 1 mm³ (milimetre küp) kanda ortalama 250.000 – 400.000 kadar trombosit bulunur. Kanamanın

durdurulmasında (**hemostaz**) mekanizmasında önemli rol oynarlar. Adezyon-aktivasyon-sekresyon-agregasyon fonksiyonları ile kanamanın gerçekleştiği damar açıklığını tıkararak kanamayı engellerler.

8.4. Hemostaz

Kanamanın durdurulması yalnızca trombositlerin görev aldığı bir süreç değildir. 4 farklı aşamada gerçekleşir. Bunlar;

- *Damar spazmı*: damar bütünlüğünün bozulduğu yerdeki düz kaslar kasılarak kanamayı sınırlandırılmaya çalışır.
- *Trombosit tıkaç oluşumu*: Haraplanan bölgeye tutunan trombositler açıklığı tıkamaya çalışır.
- *Koagülasyon (pıhtılaşma)*: intrinsek ve ekstrinsek yollardan gerçekleşen ve sonuçta plazmadaki fibrinojenin fibrin formasyonuna dönüştürülmesi ile sonuçlanan süreçtir. Kalıcı bir tıkaç oluşturulur. Bu süreçte karaciğerde sentezlenen 13 adet koagülasyon faktörü ve birçok farklı faktör rol oynamaktadır.
- *Fibrinolizis*: Pıhtının aşırı büyümesini önleyen ve pıhtıyı çözen bir mekanizmadır. Plazmin enzimi bu fonksiyonun yerine getirilmesinde kilit rol oynar.

8.5. Kan Grupları

Kan transfüzyonu (nakli) gerektirebilecek bir durumda (kaza vs...) hastanın kan grubunun ve antijen-antikor reaksiyonlarının bilinmesi oldukça önemlidir. Hepimizin bildiği ABO ve Rh gruplama sistemi dâhil olmak üzere insanlarda 35 kan grup sistemi tanımlanmıştır. Ancak bunlar içinde en önemlileri ABO ve Rh gruplarıdır. Gruplama yapılırken eritrositlerin yüzey antijenleri dikkate alınır. Çünkü yanlış bir transfüzyon akut hemolitik anemiye ve ölüme yol açabilir.

8.5.1. ABO Sistemi

Ebeveynlerimizden gelen glikoprotein yapıdaki bu eritrosit yüzey antijenlerinin varlığı veya yokluğuna göre sınıflandırma yapılır. Buna göre;

- A grubu bir insanın kanındaki eritrositlerde A antijeni bulunur. Plazmasında ise Anti-B antikoru bulunur.
- B grubu bir insanın kanındaki eritrositlerde B antijeni bulunur. Plazmasında ise Anti-A antikoru bulunur.
- AB grubu bir insanın kanındaki eritrositlerde hem A antijeni hem de B antijeni bulunur. Plazmasında ise ABO gruplaması içi antikör bulunmaz.

▪ O grubu bir insanın kanındaki eritrositlerde A ya da B antijeni bulunmaz. Plazmasında ise hem Anti-A hem de Anti-B antikor bulunur.

Dolayısı ile teorik olarak AB grubu bir insan diğer her gruptan kan alabilirken, O grubu bir insan sadece O grubundan alabilir ancak her gruba kan verebilir. Ancak transfüzyonlardan önce mutlaka Antikor tarama ve Cross-match testleri yapılmalıdır.

8.5.2. Rh Sistemi

50 antijenik yapı ile kan transfüzyonlarında dikkat edilmesi gereken bir diğer sistem Rh sistemidir. En önemli olanı Rh(D) antijenidir. Kan grubu Rh(+) olarak değerlendirilen bir insanın eritrositlerinde Rh antijeni bulunurken, Rh(-) de ise antijen bulunmaz. ABO grubundan farklı olarak Rh(-) insanların kan plazmasında anti-Rh (D) antikor bulunmaz. Ancak herhangi bir şekilde Rh(+) bir kan ile immünize olursa anti-Rh (D) üretilmeye başlanır.

Rh sisteminde karşılaşılabilecek en önemli sorunlardan biri “**eritroblastosis fetalis**” yani yeni doğanların hemolitik hastalığıdır. Rh (-) bir anne ile Rh(+) bir babanın, bebekleri Rh(+) olacak olursa anne ile bebek arasında Rh uyumsuzluğu oluşur. İlk doğum sorunsuz geçebilir ancak doğum sırasında bebeğin eritrositleri ile immünize olmuş bir annenin ürettiği anti-D antikorları IgG formunda olduğundan plasentayı geçecek ve bebek için ciddi tehlike yaratacaktır. Önlem alınmaz ise bir sonraki bebekte henüz fetal evrede hemolizden dolayı henüz gelişiminin tamamlanmamış eritrositlerin dolaşıma verildiği görülür. Blastik karakterdeki bu hücreler yeterli oksijen taşıyamaz. Sarılık, kernikterus kalp yetmezliği ve ölüme varabilecek durumlar ortaya çıkabilir.

Günümüzde Rh uyumsuzluğundan kaynaklanabilecek komplikasyonlar engellenebilmektedir. Gebeliğin 28, 34. haftalarında ve doğumdan sonraki 48 saat içerisinde anneye Rh immünglobulinleri verilerek annenin immunize olması engellenebilmektedir.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Kanın fiziksel özellikleri, görevleri, kanın kısımları, kan hücrelerinin görevleri, kanamanın durdurulması ve kan gruplarının önemini öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Kanın fiziksel özellikleri ile ilgili önermelerden yanlış olanı işaretleyiniz.
 - A. Sıvı faz içerisinde dağılmış şekilli partiküllerin oluşturduğu bir süspansiyondur.
 - B. Hücreler kanın sıvı kısmı olan plazma içerisinde dağılık olarak bulunurlar.
 - C. Kan, özelleşmiş bir doku olarak kabul edilir.
 - D. Erişkin bir insan, vücut ağırlığının yaklaşık % 18'i kadar kana sahiptir.
 - E. 70 kilogramlık sağlıklı bir insanda yaklaşık 5,5 litre kan bulunur.
2. Kan plazması ile ilgili önermelerden yanlış olanı işaretleyiniz.
 - A. Bir tüp içerisinde santrifüj edilen kanın plazması tüpün üst kısmında kalan sıvıdır.
 - B. Kan plazmasının % 92'lik kısmı sudur.
 - C. Kan plazmasının % 6'lık kısmını plazma proteinleri oluşturur.
 - D. Kan plazmasının % 2'lik kısmını kan hücreleri oluşturur.
 - E. 70 kilogramlık sağlıklı bir insanda yaklaşık 3 litre kan plazması bulunur.
3. Aşağıda kan plazmasında bulunan madde grupları ve bu gruplara ait maddeler eşleştirilmiştir. Yanlış eşleştirmeyi işaretleyiniz.
 - A. Plazma proteini - fibrinojen
 - B. Besin maddesi - glukoz
 - C. Elektrolit - Ca^{+2}
 - D. Gazlar - kreatinin
 - E. Düzenleyici madde – hormon
4. Plazma proteinlerinden biri olan albumin için aşağıdaki önermelerden doğru olanı işaretleyiniz.
 - A. Albumin pankreasta üretilir.
 - B. Suda çözünmeyen bir proteindir.
 - C. Fibröz yapılı bir proteindir.
 - D. Plazma proteinleri arasındaki en yüksek moleküler ağırlığa sahiptir.
 - E. Yağ asitleri, steroidler ve tiroid hormonu gibi moleküller için taşıyıcılık görevi üstlenir.
5. Hemoglobin her molekül için farklı bir afiniteye sahiptir. Hemoglobinin afinitesi aşağıda verilenlerden hangisine karşı en yüksektir?
 - A. Oksijen
 - B. Karbonmonoksit
 - C. Karbondioksit
 - D. Bikarbonat
 - E. Azot
6. Kanın hemoglobin konsantrasyonunun azalması aşağıda verilen etkilerden hangisinin ortaya çıkmasına neden olur?
 - A. Kanın oksijen taşıma kapasitesi azalır
 - B. Kanın karbondioksit taşıma kapasitesi artar
 - C. Kanın azot taşıma kapasitesi artar
 - D. Kanın oksijen taşıma kapasitesi artar
 - E. Hemoglobinin karbonmonoksite afinitesi azalır.

7. Kanda ortalama 120 günlük ömürlerini tamamlamış olan eritrositlerin ana yıkım yeri aşağıdakilerden hangisidir?
- Beyin
 - Akciğerler
 - Böbrekler
 - Dalak
 - Kalp
8. Solunan havada oksijen basıncının az olması sonucu organın ya da dokuların oksijensiz kalması durumu hangi tip hipoksi olarak adlandırılır?
- Hipoksik hipoksi
 - Stagnant hipoksi
 - Anemik hipoksi
 - Histotoksik hipoksi
 - Durgun hipoksi
9. Sağlıklı bir kişide yapılan kan sayımında aşağıda verilen lökosit tiplerinden hangisinin en fazla bulunması beklenir?
- Nötrofil
 - Bazofil
 - Eozinofil
 - Lenfosit
 - Makrofaj
10. Aşağıda verilen kombinasyonlardan hangisinde eritroblastosis fetalis gelişme riski vardır?
- Anne Rh (-) – Bebek (Rh+)
 - Anne Rh (-) – Baba (Rh-)
 - Anne Rh (+) – Bebek (Rh+)
 - Anne Rh (+) – Bebek (Rh+)
 - Anne Rh (-) – Baba (Rh-)

Cevaplar: D/D/D/E/B/A/D/A/A/A

9. SOLUNUM SİSTEMİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

9.1. Solunum fonksiyonu

9.2. Solunum sisteminin fonksiyonel yapısı

9.2.1. Üst solunum yolu:

9.2.2. Alt solunum yolu

9.2.3. Alveoller ve surfaktan

9.3. Solunum mekaniği

9.3.1. Solunum kasları

9.4. Hacim ve kapasiteler

9.5. Alveollerde gaz değişimi

9.5.1. Solunum membranı

9.5.2. Kan gazlarının parsiyel basınçları ve difüzyon

9.5.3. Ventilasyon perfüzyon oranı

9.6. Kanda solunum gazlarının taşınması

9.6.1. Oksijentaşınması

9.6.2. Karbondioksit taşınması

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Solunum sistemini oluşturan yapıları bilir.	
	Solunum sisteminin fonksiyonunu açıklayabilir.	
	Kaciğerlerde gaz değişimi ve kanda gaz taönması ile ilgili temel bilgileri sıralayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Hücrelerin yaşamlarına devam edebilmesi için metabolik gereksinimlerinin sağlanması gereklidir. Metabolik ihtiyaçların başında gelen enerji, oksijenin, besin moleküllerindeki kimyasal bağlarda depolamış enerjinin açığa çıkartılabilmesi için kullanılır. Gerekli oksijenin sağlanması ve metabolik faaliyetler sonucu açığa çıkan karbondioksit gazının uzaklaştırılması, “**solunum** faaliyeti” olarak isimlendirilir. Solunum sisteminin temel görevi organizmanın ihtiyaç duyduğu oksijeni temin etmek, hücreler seviyesine ulaştırmak ve açığa çıkan karbondioksiti ortamdan uzaklaştırmaktır. Yaşamımız süresince çoğunlukla farkında dahi olmadan devam ettirdiğimiz bu faaliyet, homeostasisin devamlılığında önemli rol oynamaktadır.

9.1. Solunum Fonksiyonu

Solunum fonksiyonu, birbiri ile ilişkili 3 farklı aşamayı içerir.

- **Ventilasyon:** (soluk alıp verme): atmosfer havasının akciğerler içine ve dışına hareketidir.
- **Gaz alış-verişi:** Akciğerlerde hava ile kan arasında, doku seviyesinde ise kan ile hücreler arası sıvı ve hücreler arasında gerçekleşen gaz alış-verişi
- **Oksijen tüketimi:** Oksijenin, hücresel solunum sırasında enerji üretimi için kullanımı

Akciğerler seviyesinde hava ile kan arasındaki gaz değişimi **eksternal (dış) solunum** olarak adlandırılırken doku seviyesindeki gaz değişimi **internal (iç) solunum** olarak adlandırılır. Hücresel reaksiyonlarda oksijen kullanımı ise **hücresel solunum** olarak tanımlanır.

9.2. Solunum Sisteminin Fonksiyonel Yapısı

9.2.1 Üst Solunum Yolu

Üst solunum yolunu oluşturan yapılar; burun, burun boşluğu ve farinks (yutak) dir. Hava, üst solunum yollarına burun yoluyla girer. Burun boşluğunun iç yüzeyinde (mukoza) tüyler bulunur. Bu tüyler solunum yoluna kaçabilecek büyük partikülleri süzerler. Aynı zamanda bu bölgede mukus salgılayan bezlerin bulunur. Ayrıca zengin bir damar ağına sahiptir. Bu yapı buruna giren havanın nemlendirilmesi ve hava içerisinde bulunan küçük partiküllerin yakalanmasında önemli rol oynar. Mukus tarafından yakalanmış partiküller daha sonra dışarıya atılmak üzere farinkse doğru ilerlerler. Toz, polen, biber vs... gibi zararlı uyaranlar üst solunum yollarında bulunan irritan (tahriş edici) reseptörleri uyarak koruyucu bir refleks olan hapşırığın oluşmasını tetiklerler. Farinks üst solunum yolunun son kısmıdır. Farenks, hem havanın alt solunum yollarına ulaşmasını hem de yutulan besinlerin özofagusa (yemek borusu) ulaşmasını sağlayan ortak noktadır.

9.2.2. Alt Solunum Yolu

Alt solunum yolu ise larinks (gırtlak), trakea (soluk borusu), ana bronşlar, bronşiyoller ve alveollerden oluşur. Larinks alt hava yolunun ilk kısmıdır ve birçok kıkırdaksı yapıdan oluşan bir dokudur. Epiglottis (küçük dil) kıkırdaksı yapılarından ilkidir. Görevi kişi yutkunurken larinkse geçişi kapatarak besinlerin özofagusa (yemek borusu) iletilmesini sağlamaktır. Böylece alt solunum yollarına yabancı madde kaçışı engellenmiş olur. Ses telleri bir diğer kıkırdak yapısıdır. Havanın içeriye ve dışarıya doğru hareketleri sırasında titreşen bu teller sesi oluşturur. Trakea, larinksten geçen havanın akciğerlere ulaşmasını sağlayan, "C" şeklindeki kıkırdaklarla desteklenen tüp benzeri bir yapıdır. Trakea'nın lümeni yalancı çok katlı silindirik epitel doku ile kaplıdır. Bu epitelin tüycüklü yapısı ve epitel dokuda bulunan goblet hücrelerinin mukus salgıları sayesinde küçük boyuttaki yabancı partikülleri yakalanarak

uzaklaştırılır. Trakeada da iritan reseptörler bulunmaktadır. Bu reseptörlerin uyarılması ile öksürük refleksi oluşur.

Bronşlar, bronşiyoller ve alveoller alt solunum yollarının parçasıdır. Bu yapılar akciğerin yapısına katılırlar ve hava iletimi fonksiyonunun yanı sıra dış solunum olarak nitelenen gaz değişiminin yapıldığı alanlar haline dönüşürler. Bronşiyal yapı sağ ve sol ana bronşlar olmak üzere trakeanın iki ana bronşa bölünmesi ile başlar ve bir ağacın dalları gibi gittikçe artan sayıda daha ince alt dallara bölünür. Ana bronşlardan itibaren yaklaşık 22 kez dallanma geçirir. Bronşların kıkırdak destekli yapıları hava yollarının açık kalmasına yardımcı olur. Bronşiyollerin yapısını incelediğimizde duvarlarının, kalın bir düz kas tabakasından oluştuğu gözlenir. Düz kas yapısı otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilir (sempatik ve parasempatik sistem). Sempatik uyarı bronşiyol düz kaslarının kasılmasına (bronkokonstrüksiyon) ve alveollere geçen havanın sınırlandırılmasına neden olur. Parasempatik uyarı bronşiyol düz kaslarının gevşemesine (bronkodilatasyon) neden olur. Bronşlar sırasıyla bronşiyollere, terminal bronşiyollere, respiratuvar bronşiyollere, alveoler keseciklere ve alveollere kadar dallanırlar. 15-16. Kez dallanan kanal terminal bronşiyollere dönüşür. Bu kısma kadar kanal sisteminde yalnızca hava iletimi gerçekleşir. Bu bölgede gaz değişimi gerçekleşmediğinden **anatomik ölü boşluk** olarak adlandırılır ve yaklaşık 150 ml'lik bir hacime sahiptir. 16. dallanma seviyesinden sonra respiratuvar bronşiyollere ve alveollere dönüşen sistemin özelliği gaz değişiminin gerçekleştiği alanlar olmasıdır. Hava yollarının bu bölümlerinden itibaren havanın akış hızı durma seviyesine yaklaşır ve taşınma difüzyon yolu ile gerçekleşir.

9.2.3. Alveoller ve Surfaktan

Alveoller hava dolu mikroskobik keseciklerdir. Bir insanda ortalama 300 milyon alveol bulunur. Alveoller oldukça yoğun bir alveoler kapiller ağ ile sarılmıştır. 300 milyon alveol yaklaşık 280 milyar kapiller ile sarılmış durumdadır. Alveoller içerisindeki hava ile alveollerin etrafını saran kapillerler içerisinde bulunan kan arasındaki gaz değişiminin gerçekleştiği alan solunum membranı olarak isimlendirilir. Solunum membranını oluşturan yapılardan biri alveollerin duvar yapısını oluşturan epitel hücrelerdir. Epitel tabakadaki özelleşmiş hücreler **surfaktan** salgılayan hücrelerdir. Alveollerin iç yüzeyi bu salgı ile kaplanmıştır. Surfaktan, fosfolipidler bakımından zengin jel niteliğinde bir salgıdır. Temel fonksiyonu yüzey gerilimini azaltarak alveollerin kollabe (çökerek kapanmak) olmasını engellemek ve nefes alma (inspirasyon) sırasında alveollerin içerisine hava dolmasını kolaylaştırmaktır. Solunum membranı ile ilgili geniş bilgi ilerleyen başlıklar altında bulunabilir.

9.3. Solunum Mekanikliği

Dakikada ortalama 12 kez nefes alıp veririz. Peki, akciğerlerimize hava giriş ve çıkışı (pulmoner ventilasyon) nasıl gerçekleşir? Bu konuyu daha anlaşılabilir kılmak için basınç değişikliklerinin hava akışı üzerine etkilerini örneklemek gerekebilir. Bunun için bir enjektör örneğinden yararlanılır. Enjektörün pistonu geriye doğru çekildiğinde iç hacmi genişleyeceğinden enjektör içindeki basınç azalır. Dış ortamın hava (atmosfer) basıncı

enjektörün içerisindeki basınçtan daha fazla olacağından, hava enjektörün açık ucundan içeriye dolmaya başlar. Enjektör içindeki basınç ile dış ortam basıncı eşitlenene kadar bu hava akımı devam eder. Enjektörün pistonu ileri itildiğinde ise iç hacim daralacağından, enjektör içindeki basınç artar ve içerisindeki hava dışarıya akmaya başlar. İspirasyon (nefes alma) ve ekspirasyon (nefes verme) olayları da bu şekilde gerçekleşmektedir. Akciğerlerimizin içinde bulunduğu göğüs (torasik) boşluğunun hacmi arttırılırsa akciğerler içerisindeki basınç azalacağından hava akciğerlere dolacaktır. Göğüs boşluğunun hacmi azaltılırsa artan basınçtan dolayı hava dışarıya çıkacaktır.

Peki, bu hacimler nasıl değişir? Bu işlevin yerine getirilmesinde temel faktör solunum kaslarıdır. Solunum kaslarının yanı sıra akciğerin elastik yapısında ventilasyon önemli rol oynar. Akciğerin elastikiyeti, yapısındaki elastik liflerden kaynaklanır ve her ispiralyandan sonra eski haline dönme kabiliyeti olarak tanımlanır. Ayrıca akciğerler göğüs kafesine **plevra** adı verilen bir zar ile bağlıdır. Plevra iki yapraktan oluşan bir zardır. İki yaprak arasında kayganlığı sağlayan plevra sıvısı bulunur. Bu sıvı negatif basınçlı bir sıvıdır. Yani akciğeri göğüs kafesine doğru çeken bir etki oluşturur. Tüm bu etkiler nefes alıp vermemizde etkilidir.

9.3.1. Solunum Kasları

Temel solunum kasımız göğüs boşluğunu karın (abdomenle) boşluğundan ayıran diyafram (diafragma) kasıdır. Akciğerler plevra zarı ile diyafram kasına da bağlıdır. Diyafram normal durumda (gevşek haldeyken) kubbe benzeri bir yapıdadır ancak inspirasyon sırasında kasılarak düzleşir ve göğüs kafesinin hacmini arttırır. İspirasyonda rol oynayan diğer kaslar ise göğüs kafesinin öne, yana ve yukarıya hareketini sağlayan, *Mm.intercostalis externi* lerdir. İspirasyon, kasların kasılması ile gerçekleştiğinden enerji harcanarak gerçekleştirilen aktif bir olaydır. Ekspirasyon ise sakin solunumda pasif olarak gerçekleşir. Yani inspirasyon için kullanılan kasların gevşemesi, ekspirasyonun gerçekleşmesi için yeterlidir. Diyafram gevşeyerek kubbe şeklini alır. Göğüs kafesi dinlenme durumuna geri döner. Akciğerin elastik yapısı bu duruma uyum sağlar ve artan basınç sonucu hava dışarıya çıkar. Ancak bir balon şişirmek gibi hızlı ve zorlu ekspirasyon yapılması gereken durumlarda ekspirasyon aktif hale geçer. *Mm.intercostalis interni* ve yardımcı karın kaslarının kasılması ile zorlu bir ekspirasyon gerçekleştirilebilir.

9.4. Hacim ve Kapasiteler

Gün boyunca gerçekleştirdiğimiz farklı aktiviteler sırasında (egzersiz ...) solunum sistemimiz, bu aktivitelere uyum sağlayabilmemiz için akciğerlerimize giriş çıkış yapan hava miktarını dolayısı ile akciğer hacmini düzenleyecektir. Dinlenme durumunda her bir inspirasyon ile akciğere giren ve ardından gelen bir ekspirasyon ile akciğerden çıkarılan havaya **soluk hacmi** (tidal volume, V_T) denir. Soluk hacmi yaklaşık 500 ml kadardır. Soluk hacmi, bir dakikada gerçekleştirilen soluk sayısı ile çarpılırsa **solunum dakika hacmi** (V_E) hesaplanabilir. Dinlenme durumunda ortalama 6000 ml olan hacim, egzersiz sırasında 8 kata kadar artabilir.

Normal bir inspirasyon ardından daha derin nefes almak istersek bunu gerçekleştirebiliriz. En derin inspirasyonumuzu yaptığımızda akciğerlerimize yaklaşık 2000-

2500 ml kadar daha hava girer. Bu hacime **inspirasyon rezervi** (IR) denir. Normal bir ekspirasyondan sonra daha derin nefes vermek istersek bunu da gerçekleştirebiliriz. En zorlu şekilde ekspirasyon yaptığımızda akciğerlerimizden yaklaşık 1000-1500 ml daha hava çıkartabiliriz. Bu hacim ise **ekspirasyon rezervi** olarak anılır. En derin inspirasyonun ardından en zorlu biçimde ekspirasyon yaptığımızı düşünelim. Bu hacim yaklaşık 3500-4500 ml arasında değişecektir ve **vital kapasite** (yaşamsal kapasite, VC) olarak adlandırılır. Vital kapasite; inspirasyon rezervi, soluk hacmi ve ekspirasyon rezervinin toplamına eşittir. En zorlu ekspirasyondan sonra bile akciğerlerimizde bir miktar hava kalacaktır. Bu hava miktarına **rezidüel (tortu) hacim** denir. Tortu hacmi yaklaşık 1500 ml kadardır. Rezidüel havanın bir kısmı ancak göğüs çeperinin iki taraftan delinmesi (pneumothorax) ile çıkartılabilir. Böyle bir durumda akciğerler kollabe (çökerek kapanmak, sönmek) olacağından çıkan hava miktarına **kollaps havası** denir ve yaklaşık 1000 ml dir. Arta kalan 500 ml lik hava ise **minimum hava** olarak anılır ve akciğerler dışarıya alınıp sıkılsa dahi çıkarılamaz. Bahsedilen tüm hacimlerin toplamı total akciğer kapasitesini (TLC) oluştur ve yaklaşık 4500 – 6000 ml arasında değişir. Verilen değerler ortalama değerlerdir ve yaş, cinsiyet, ırk vs... gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterecektir.

9.5. Alveollerde Gaz Değişimi

Akciğerlere hava giriş çıkışının nasıl gerçekleştiğini ve akciğer hacimlerini gördükten sonra akciğerlerin temel fonksiyonu olan gaz değişiminin nasıl gerçekleştiğine bakalım. Alveoller içerisindeki hava ile kapiller damar içerisindeki kan arasındaki gaz (O_2 ve CO_2) geçişleri difüzyon yolu ile gerçekleşir.

9.5.1. Solunum Membranı

Solunum membranı yaklaşık 0.3 μm kalınlığında, farklı katmanlardan oluşan bir membrandır. Membranı oluşturan yapılar, O_2 ve CO_2 nin değişimi solunum membranı denilen alanda gerçekleşir. Membran farklı katmanlar içerir bunlar:

1. Surfaktan tabaka
2. Alveoler epitel tabaka
3. Alveoler bazal membran
4. İnterstisyel sıvı
5. Kapiller bazal membran
6. Kapiller endotel tabaka

O_2 ve CO_2 nin değişimi solunum membranı alanında gerçekleşir. İnsan akciğerinde 300 milyona yakın alveol olduğu düşünülürse solunum membranının toplam alanı 50-100 m^2 lik bir genişliğe yaklaşmaktadır. Oldukça geniş alanda ve hızla gerçekleşen bu gaz değişimi belirli faktörler tarafından etkilenebilir.

Bunlar:

1. Membranın kalınlığındaki değişimler,
2. Membranın toplam yüzey alanındaki değişimler,
3. Membranın iki tarafındaki gaz basıncı farklılıklarıdır.

Solunum membranının kalınlaşması gazların difüzyon sırasında kat edeceği mesafeyi arttıracaktır. Difüzyon hızı membran kalınlığı ile ters orantılı olduğundan membranın kalınlaştığı durumlarda gazların difüzyon hızı azalır. Amfizem hastalığında alveol duvarlarının kaybı ile gaz difüzyonunun gerçekleşeceği alan (solunum membran alanı) azalacaktır. Dolayısı ile gaz değişimi önemli oranda engellenecektir. Gaz basınç farkları gazların difüzyon üzerine direkt etkilidirler.

9.5.2. Kan Gazlarının Parsiyel Basınçları ve Difüzyon

Atmosfer gibi karışık gaz kütlelerinin toplam basıncının (760 mmHg) yanı sıra, karışımı oluşturan gazların her biri diğer gazlardan bağımsız olarak, kendi miktarları doğrultusunda bir basınç yaparlar. Bu basınç gazların parsiyel (kısmi) basıncı olarak adlandırılır. Gazlar, parsiyel basınçları doğrultusunda, basınçlarının yüksek olduğu taraftan daha düşük olan tarafa doğru hareket ederler. Alveollerin içerisindeki havanın O₂ parsiyel basıncı (100 mmHg), sistemik dolaşımdan gelen kandaki O₂ basıncından (40 mmHg) daha fazla olduğundan, O₂ parsiyel basıncının fazla olduğu yerden az olduğu alveoler kapillere doğru difüze olur. Benzer şekilde kapiller kanda yoğun olarak bulunan CO₂ (45 mmHg) alveollere (40 mmHg) doğru difüze olur. Bu geçişler her iki tarafta gaz basınçları dengelenene kadar sürer. Böylece arteriyel tarafta parsiyel kan gazı basınçları: PO₂ 100 mmHg, PCO₂ 40 mmHg olur.

9.5.3. Ventilasyon Perfüzyon Oranı

Gaz değişiminin efektif olabilmesi için hem alveoler vantilasyonun (hava giriş çıkışı) hem de alveoler kapillerlerdeki kan akımının yeterli miktarda olması gerekir. Alveoler dakika ventilasyon hacmi ile bir dakikada akciğer kapillerlerinden geçen kan miktarı oranına “**ventilasyon / perfüzyon**” oranı denir. İdeal durumda bu oran teorik olarak $4/5=0.8$ dir. Ancak bu oran sağlıklı bir insanın akciğerlerinde bile her bölgede aynı değildir. Akciğerin farklı bölgelerinde farklı ventilasyon / perfüzyon oranları oluşur. Bunun temel nedeni ayakta duran bir insanda akciğerin ağırlığından kaynaklanan bir etki ile akciğerin üst kısımlarının daha gergin olması ve üst kısımdaki alveollerin daha yüksek hacimli kalmasıdır. Bu durumda alveoller yeteri kadar iyi havalanamaz (ventilasyon). Ancak bu kısımlarda kan akımının (perfüzyon) çok düşük olması ventilasyon / perfüzyon oranını n yüksek kalmasını sağlar. Ancak buradan geçen kan miktarı az olduğundan kanın oksijenlenmesine çok katkı sağlamayacaktır. Akciğerin taban kısmı ise çok daha iyi perfüze olurken ventilasyonu iyi olsa da oran olarak daha düşük kalır. Akciğerin orta kısmı ise ventilasyon / perfüzyon oranı olarak daha ideal bir orana sahiptir. Bu oranlar egzersiz yapılırken, yatar pozisyona geçildiğinde veya farklı hastalık

durumların da ciddi değişiklikler gösterir. Ventilasyon / perfüzyon uyumsuzluğun yaygınlaşması kanın oksijenlenmesinin yetersizliği anlamına gelecektir.

9.6. Kanda Solunum Gazlarının Taşınması

Homeostasisin sağlanmasıdaki temel görevlerden biri olan gaz değişiminin solunum sistemi tarafından nasıl sağlandığını temel basamakları ile ele aldık. Bu faaliyet yerine getirilirken, solunum sistemi ile beraber görev yapan dolaşım sisteminin ve dolayısı ile kanın, gazların taşınmasındaki rolünü inceleyelim. Hem O₂ hem de CO₂ kan yolu ile taşınırlar.

9.6.1. Oksijen Taşınması

Oksijen iki farklı yoldan taşınır:

1. Plazmada çözülmüş halde
2. Hemoglobine bağlı halde

Normal koşullarda, 100 ml arteriyel kan ne kadar O₂ taşıyabilir? Arteriyel kanda plazmada çözülmüş olarak taşınabilecek olan O₂ miktarı 0,3 ml kadardır. Ancak arteriyel kan, ortalama her bir gram hemoglobin başına 1,34 ml oksijen taşıyabilir. 100 ml kanda yaklaşık olarak 15 mg hemoglobin bulunduğu düşünöldüğünde, 100 ml kanda ortalama 20 ml oksijen hemoglobine bağlı olarak taşınabilir (%100 doygunluk). Göröldüğü gibi hemoglobin varlığı sayesinde kanın O₂ taşıma kapasitesi 65 kat arttırılmaktadır. O₂ ile hemoglobin arasındaki kimyasal bağın fiziksel özelliği gereği gevşek ve geri dönüşümlü bir bağlanmadır. Parsiyel O₂ basıncı azaldığında bağlar çözölür ve oksijen molekülleri serbestlenir. O₂ nin kullanıldığı, dolayısı ile basıncının azaldığı bölgelerde serbestlenen yeni O₂ molekülleri kandan hücrelere difüze olur.

9.6.2. Karbondioksit Taşınması

Karbondioksit üç farklı yoldan taşınır:

1. Plazmada çözülmüş halde
2. Hemoglobine bağlı halde
3. Bikarbonat iyonu (H₂CO₃) halinde

Kanda CO₂ taşınması, O₂ taşınmasına göre daha karmaşıktır ve kanın pH (asitlik bazlık derecesi) düzeyinin korunmasında önemli rol oynayan kimyasal reaksiyonları barındırır. Dokularda oluşan ve sistemik kapillerlere difüze olan CO₂ nin bir kısmı plazmada çözünenek taşınır. Bir kısmı plazmada su ile birleşerek karbonik aside (H₂CO₃) dönüşür. Karbonik asit, hidrojen (H⁺) ve bikarbonat (HCO₃⁻) iyonlarına ayrılır. Açığa çıkan H⁺ iyonları plazma proteinleri ile birleşir ve daha sonra karbamino birleşikleri meydana getirilir. Kana geçen CO₂ nin büyük bir kısmı ise eritrositlere difüze olur. Eritrositler içerisinde CO₂ nin bir kısmı direkt

olarak hemoglobin ile birleşerek karbamino-hemoglobin birleşiği oluşturur. Bir kısmı ise eritrositler içerisinde su ile birleşerek karbonik aside (H_2CO_3) dönüşür. Bu dönüşüm eritrosit içerisindeki enzim sistemi (karbonik anhidraz) sayesinde çok daha hızlı biçimde gerçekleştirilir. Açığa çıkan karbonik asit hidrojen (H^+) ve bikarbonat (HCO_3) iyonlarına ayrılır. H^+ iyonlarının büyük kısmı eritrositler içerisinde hemoglobin ile birleşir. Bu birleşme hücre içerisinde artan asit yükün tamponlanmasını ve hücre içi serbest asit dolaşımının engellenmesini sağlar. HCO_3 iyonları ise eritrositlerden plazmaya geçer.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Bu bölümde solunum fonksiyonunun nasıl gerçekleştiğini ve homeostazisin sağlanmasındaki görevlerini öğrendik. Ayrıca solunum sistemini oluşturan yapıları ve atmosfer havası ile kan dolaşımı arasında gaz geçişinin temellerinden bahsettik.

Bölüm Soruları

1. Solunum faaliyeti sırasında akciğer içine ve dışına hava hareketini sağlayan fonksiyon aşağıdakilerden hangisidir?
 - A. İnternal solunum
 - B. Ventilasyon
 - C. Hücresel solunum
 - D. Eksternal solunum
 - E. Oksijen tüketimi
2. Aşağıdaki önermelerden hangisi hücresel reaksiyonlarda oksijen kullanımını en iyi şekilde tanımlar?
 - A. İnternal solunum
 - B. Ventilasyon
 - C. Hücresel solunum
 - D. Eksternal solunum
 - E. Gaz difüzyonu
3. Aşağıdakilerden hangisinde hava yolu dallanması doğru sıra ile verilmiştir?
 - A. Bronşiyoller, terminal bronşiyoller, respiratuvar bronşiyoller, alveoler kesecikler, alveoller.
 - B. Bronşiyoller, respiratuvar bronşiyoller, terminal bronşiyoller, alveoler kesecikler, alveoller.
 - C. Alveoller, bronşiyoller, respiratuvar bronşiyoller, terminal bronşiyoller, alveoler kesecikler.
 - D. Bronşiyoller, respiratuvar bronşiyoller, alveoler kesecikler, terminal bronşiyoller, alveoller.
 - E. Bronşiyoller, terminal bronşiyoller, respiratuvar bronşiyoller, alveoler kesecikler, alveoller.
4. Vital kapasite ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (VC: Vital kapasite, VT: Tidal volüm, İK: İspirasyon kapasitesi, İR: İspirasyon rezervi, EK: Ekspirasyon kapasitesi, ER: Ekspirasyon rezervi, TLC: Total akciğer kapasitesi, FRK: Fonksiyonel rezidüel kapasite, RV: Rezidüel hacim)
 - A. $VC = İR + ER + FRK$
 - B. $VC = VT + İR$
 - C. $VC = İR + ER + VT$
 - D. $VC = EK + İR + RV$
 - E. $VC = TLC - RV$
5. Solunum dakika hacmi (V_E) nasıl hesaplanır?
 - A. Soluk hacmi x dakika soluk sayısı
 - B. İspirasyon kapasitesi x tidal volüm
 - C. (İspirasyon rezervi / inspirasyon kapasitesi) + dakika soluk sayısı
 - D. Total akciğer kapasitesi – rezidüel volüm
 - E. Ölü boşluk havası / tidal volüm
6. Sağlıklı bir insanda ideal “ventilasyon / perfüzyon” oranı kaçtır?

- A. 0,6
B. 0,7
C. 0,8
D. 0,9
E. 0,3
7. Aşağıdakilerden hangisi solunum membranının yapısına katılmaz?
A. Surfaktan tabaka
B. Alveoler epitel tabaka
C. Bronş düz kası
D. İnterstisyel sıvı
E. Kapiller bazal membran
8. Kanın oksijen taşıma kapasitesini belirleyen en önemli faktör aşağıdakilerden hangisidir?
A. Kanın hemoglobin içeriği
B. Kanın viskozitesi
C. Solunum membranının kalınlığı
D. Solunum membranının yüzey alanı
E. Surfaktan oranı
9. Aşağıdaki reaksiyonlardan hangisi karbonik anhidraz tarafından katalizlenir?
A. $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
B. $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NaOH}$
C. $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{NaCl}$
D. $\text{H}^+ + \text{HSO}_4^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
E. $\text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{-2} \leftrightarrow \text{CaCO}_3$

Cevaplar: B/C/A/C/A/C/C/A/A

10. BOŞALTIM SİSTEMİ

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

10.1. Böbrekler

10.1.1. Nefron

10.1.2. İdrar oluşumu

10.2. Üreter

10.3. Mesane

10.4. Üretra

10.5. Böbreklerin düzenleyici rolü

10.5.1. Ph düzenlenmesi

10.5.2. Na⁺ atılımının ve sıvı miktarının düzenlenmesi.

10.5.3. Eritropoez düzenlenmesi

10.5.4. Kan basıncının düzenlenmesi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Boşaltım sistemini oluşturan temel yapıları tanıır.	
	Boşaltım sisteminin fonksiyonunu bilir ve idrar oluşum sürecini tarif edebilir.	
	Böbreklerin homeostatik düzenlemedeki rolünü açıklayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Boşaltım sistemi sıvı homeostasisinin sağlanmasında önemli görevler üstlenen bir sistemdir. Bu sistemin temel görevi kan plazmasının ve diğer vücut sıvılarının birleşimini (elektrolit vs...), pH derecesini ve sıvı miktarını belirli bir dengede tutmaktır. Ancak bunun yanında kan basıncının düzenlenmesi ve eritrosit yapımı (eritropoez) ile ilgili görevleri de üstlenir. Bu görevler yerine getirilirken organizmanın metabolik faaliyetlerinin sonucu olarak açığa çıkan atık ve kimyasalların uzaklaştırılması da sağlanmaktadır. Boşaltım sistemini oluşturan yapılar; kan plazmasını filtre eden (süzen) bir çift **böbrek**, oluşan idrarın idrar kesesine taşınmasını sağlayan bir çift **tübüller yapı (üreter)**, idrarı depolayan bir **idrar kesesi (mesane)** ve idrarın atılmasını sağlayan bir **boşaltım kanalı (üretra)** dır. Böbreğin düzenleyici fonksiyonundan bahsetmeden önce boşaltım sistemini oluşturan yapıları tanıyalım.

10.1. Böbrekler

Böbreklerimiz, sırt kaslarının hemen arkasında yerleşmiş, fasülye benzeri şekli ile karakteristik organlarımızdır. Fasülye şekli düşünüldüğünde böbreğin bir dış bükey birde iç bükey kısmı olduğu açıktır. Yerleşimleri dikkate alındığında sağ böbrek sol böbreğe göre biraz daha aşağıda konumlanır. Böbrekler içten dışa doğru korteks, medulla, pelvis ve hilum kısımlarından oluşur. Korteks, medullanın etrafını bir kabuk gibi saran dış bölgedir. Medulla, pelvis ile korteks arasında uzanan ve malpigi piramitleri olarak adlandırılan piramidal yapıları bulunduran kısımdır.

Her iki kısım birlikte böbrek parenkimini (doku) oluşturur ve böbreğin idrar oluşturma fonksiyonundan sorumlu temel birimi olan nefronları, toplayıcı kanalları ve kan damarlarını bulundurlar. Medulla da bulunan piramidal yapıların uç kısımları (tepe noktaları) böbreğin iç bükey kısmına doğru uzanır ve pelvis denilen alana doğru açılırlar. Aslında pelvis toplayıcı kanalların birleşimi ile oluşan minör ve major kalikslerin bir araya gelmesi ile oluşan ve idrarın üreterlere geçişini sağlayan toplanma alanıdır. Hilum bölgesi ise iç bükey kısmın tam ortasında bulunan, damarların, üreterin ve sinirlerin böbreğe giriş ve çıkış yaptıkları alandır.

10.1.1. Nefron

Nefronlar idrar oluşumundan sorumlu fonksiyonel birimleridir. Kan plazmasının filtre edilmesi, suyun ve tuzun geri emilimi ve istenmeyen maddelerin idrara katılarak uzaklaştırılması nefronlarda gerçekleşir. Bir böbrekte 1 milyondan fazla nefron bulunur. Nefronlar temelde bir glomerul ve 4 bölümden oluşan bir tubuler yapıdan oluşurlar. Nefronların kanı süzebilmeleri için kan damarları ile yakın ilişkide bulunmaları gerekmektedir. Hilum bölgesinden böbreğe giriş yapan böbrek arteri (renal arter) böbrek dokusu içerisinde dallara ayrılırlar. Afferent arteriollere kadar dallanan damarlar nefron yapısı içerisinde **glomerulus** denilen kapiller bir ağa dönüşür. Glomerül yumağı olarak da adlandırılan bu kapiller ağ süzülmenin yani filtrasyonun gerçekleştiği bölümdür. Bu kapiller yapı daha sonra efferent arteriyoller olarak renal venleri oluşturmak üzere devam eder ve renal venleri oluşturmadan önce nefronun tubuller (peritubuller kapillerler) kısmının çevresini sararlar.

Peki, ama süzülen sıvı nerede toplanacaktır? **Bowman kapsülü** ya da glomerül kapsülü, nefronun tübüller yapısının ilk kısmıdır. Bowman kapsülü glomerül yumağı bir kadeh gibi çevreler ve süzüntüyü (filtrat) toplar. Glomerullardan bowman kapsülüne geçen filtrat aslında kan plazmasında bulunan proteinler haricinde plazma ile neredeyse aynı içeriğe sahiptir. Bowman kapsülünden sonra gelen tübüler kısım, **proksimal tübül** olarak adlandırılır. Bowman kapsülüne süzülen filtrat proksimal tübüle geçerek nefrondaki yolculuğuna devam eder. Proksimal tübül kıvrımlı bir kısımdır. Proksimal tübülde, filtrat içeriğindeki su, tuz ve glikozun geri emilimi başlar. Ayrıca idrarı oluşturacak olan filtrata katılmak ve vücuttan atılmak üzere çeşitli kimyasal maddeler tübül çevresindeki kapillerlerden tübül içerisine salgılanır. Filtrat proksimal tübülden sonra **henle kulbu** olarak adlandırılan kısma ulaşır. Henle kulbu, tubuller yapının korteks kısmından medullaya doğru inen ve kulp benzeri (yani "U" harfi benzeri) bir

yapı oluşturduğu, daha sonra da yukarıya doğru bir sonraki tübül bölümüne yani distal tübül bölgesine kıvrıldığı kısımdır.

Henle kulbunun inen (ince) ve çıkan (kalın) kolları olarak adlandırılan bölümleri farklı fizyolojik fonksiyonlar gösterir. İnen kolun suya geçirgenliği fazla iken, çıkan kol sodyum, potasyum, klor gibi iyonların transportunda ve üre geçirgenliğinin sağlanmasında önemli rol oynar. Buradan da anlaşılacağı gibi henle kulbunun asıl görevi, böbreğin medulla kısmında bir konsantrasyon gradyanı (farklılığı) oluşturmak ve sıvı ve iyon geçişlerini düzenlemektir. Filtrat daha sonra **distal tübül** kısmına geçiş yapar. Distal tübül suyun geri emilimi (ADH (anti diüretik hormon) reseptörleri), pH düzenlenmesi (HCO_3 ve H^+ iyon düzenlemeleri), kalsiyum metabolizmasındaki etkileri ile idrarın oluşumu ve sıvı homeostazisinin düzenlenmesinde önemli roller oynar. Distal tübüller daha sonra **toplayıcı kanallara** ve bu kanallarda birleşerek daha geniş kanallara, minör kalikslardan, majör kalikslere ve nihayetinde pelvise katılır. Filtrat artık idrar ismini almıştır. Toplayıcı kanallardan bir miktar su ve sodyum emilimi gerçekleşebilir.

Bir nefronda idrar oluşumu sürecinde nefronun kısımlarında gerçekleşen olaylardan bahsettik ancak İdrar oluşum sürecini net bir şekilde ortaya koymak için süreci 3 ayrı aşamada incelemek daha doğru olacaktır. Şimdi bu süreci aşama aşama inceleyelim.

10.1.2. İdrar Oluşumu

- 1) Süzülme (filtrasyon)
- 2) Geri emilim (reabsorbsiyon)
- 3) Salgılama (sekresyon)

10.1.2.1. Filtrasyon

Afferent arteriyol ile glomerüler kapillerlere ulaşan kan, kapiller yapının ve bowman kapsülünün birlikte oluşturdukları seçici geçirgen bir filtreden süzülürler. Aslında bu filtre hem kapiller hem de bowman kapsülünün histolojik yapısının bir sonucu oluşur. Glomerül kapillerlerin endotel ve bazal membranının özel yapısı ile bowman kapsülünün podosit adı verilen hücreleri birlikte seçici geçirgen bir doğal filtre oluştururlar. Kan hücreleri bu filtreden geçemez. Kanın sıvı kısmı olan plazmanın bileşenlerinden su ve diğer bazı küçük moleküller bu filtreden geçerler ancak plazma proteinleri ve diğer büyük moleküller de filtreyi geçemezler ve daha önce de belirttiğimiz gibi filtre olan kısım yani **filtrat** aslında kan plazmasında bulunan proteinler haricinde plazma ile neredeyse aynı içeriğe sahiptir. Kan plazmasının bowman kapsülüne süzülme hızı böbrek fonksiyonlarının ölçülebilmesi için önemli bir parametredir. Her iki böbrek tarafından 1 dakikalık bir zamanda filtre edilen sıvı miktarına **glomerular filtrasyon hızı** denir ve GFH ya da **GFR** olarak kısaltılır. Bu parametrenin ölçümü gerek böbrek fonksiyonlarının incelenmesi gerekse böbrek hastalıklarının belirlenebilmesi için oldukça önemlidir. Sağlıklı bir insanda ortalama olarak GRF yaklaşık dakikada 125 ml kadardır. Şimdi kanımızın toplam sıvı hacmini düşünelim ve böbreklerin dakikada 125 ml filtrasyon hızına

sahip olduğunu aklımızda tutalım. 70 kg lık bir erişkinde vücut ağırlığının % 8 i kadar kan bulunur. Yani yaklaşık 5,5 litre kan bulunur. 5,5 litre kanın sıvı kısmı ise yaklaşık 3 litre kadardır. Geri kalan kısmı kanın şekilli elemanlarıdır. 3 litrelik plazma, dakikada 125 ml filtrasyon hızına sahip böbrekler tarafından 25 dakikadan kısa sürede süzülebilir. Eğer süzülen sıvı hacmi direkt olarak idrara dönüşecek olsa kanın sıvı kısmı çok kısa sürede tükenecektir. Ancak biz böyle bir durumun gerçekleşmediğini biliyoruz. Öyleyse filtre edilen miktarın çok büyük bir kısmı geri emilmelidir ki sıvı homeostazisi sağlanabilsin. Böbreklerin günlük filtrasyon kapasitesi yaklaşık 180 litre kadardır. Bu da bize kan plazmamızın günde 90 kez filtre edildiğini anlatır. Sağlıklı bir insan ortalama 1-1,5 litre kadar idrar üretir. Yani aslında filtre olan miktarın yaklaşık % 1 lik kısmı idrar olarak atılmaktadır. Geriye kalan %99 luk kısım geriye emilmektedir.

Filtrasyon hızı hep sabit midir? Ya da neye göre değişir? Filtrasyon hızını belirleyen faktör kanın süzülmesini sağlayan basınç farklılıklarıdır. Yani glomerüllere ulaşan kanın basıncı ile kapsül içerisindeki sıvının basıncı arasındaki fark filtre olmayı sağlayan basınç farklılığıdır. Sağlıklı bir insanda glomerüllerdeki kapiller hidrostatik basınç, kapsüldeki hidrostatik ve ozmotik basınçtan fazla olduğundan süzülme belirli bir hızda devam eder ancak glomerüller kapiller basıncın artması durumunda GFR artabileceği gibi, kapsüldeki basıncın artışı GFR yi yavaşlatabilecektir.

10.1.2.2. Geri Emilme (Reabsorbsiyon)

Geri emilim fonksiyonu sıvı homeostazisinin sağlanabilmesi için kritik öneme sahiptir. Geri emilim nefronun tubuler yapısı içerisinde bahsettiğimiz farklı alanlarda farklı mekanizmalar ile meydana gelmektedir. Maddelerin geri emilimi difüzyon, kolaylaştırılmış difüzyon veya aktif taşıma ile gerçekleşir ve vücudun ihtiyaçları doğrultusunda şekillenir. Geri emilim fonksiyonu organizma tarafından hormonlar yolu ile düzenlenmektedir. Daha sonra bahsedeceğimiz renin-anjiyotensin aldosteron sisteminin etkisi ve anti diüretik hormon (ADH) etkileri geri emilimi düzenleyen hormonal faktörlerin başında gelmektedir. Şimdi kısaca nefronun tubuler bilgilerinden hangi maddelerin hangi yollar ile emildiğine kısaca bakalım.

Proksimal tübülde emilim: Filtratta bulunan tuz (Na^+) ve suyun (H_2O), Klor iyonlarının (Cl^-) yaklaşık %65'i, glukoz ve aminoasitlerin ise tamamı (% 100) buradan geri emilir. İlk olarak Na^+ un aktif olarak proksimal tübül epitelinden perikapiller damarlara taşınması ve daha sonra da glikoz, aminoasit gibi maddelerin Na^+ ile tubulus epiteline emilimi gerçekleşir. Cl^- ve su ise basit difüzyon ve ozmoz ile emilirler ve peritubuler kapillerlere geçerler.

Henle kulbunda emilim: Henle kulbunun inen (ince) kolunda filtrattaki suyun % 20 lik kısmı ozmoz ile geri emilir. Bu bölgede sadece suyun geri emilmesi filtratın Na^+ konsantrasyonunu artırır ve çıkan (kalın) kolda Na^+ (% 10-20) aktif taşıma ile tübül dışına taşınır daha sonra da perikapiller damarlara geçer. Yalnızca Na^+ değil aynı zamanda K^+ ve Cl^- iyonları da aktif olarak tübül dışına taşınır.

Distal tübülde ve toplayıcı kanallarda emilim: Suyun ve sodyumun yaklaşık %85 lik kısmı geri emildikten sonra filtrat distal tübüle ulaşır. Gerek Na^+ gerekse Cl^- ve su bu bölümden

geri emilir ancak geri emilimi daha önce bahsedilen ADH ve Aldosteron hormonlarının etkisi ile organizmanın ihtiyacı doğrultusunda düzenlenir. Bu hormonların etkilerini böbreklerin düzenleyici rolü isimli farklı bir başlık altında irdelemenin daha doğru olacağını düşünüyorum.

10.1.2.3. Salgilama (Sekresyon)

Nefronlardaki filtrasyon sırasında Bowman kapsülüne filtre olamayan bazı maddeler peritubuller kapillerler tarafından ya da tubulus epiteli tarafından vücuttan uzaklaştırılabilmesi için tubulus içerisine idrar ile atılmak üzere salgılanırlar. Hidrojen iyonları (H⁺), bazı ilaç metabolitleri, penisilin, potasyum ve amonyum iyonları, kreatin ve üre gibi maddeler direkt olarak tübüllere sekrete edilir.

İdrarın oluşumu sürecindeki temel aşamaları gördükten sonra aslında oluşan idrarın "filtre edilen miktar" + "sekrete edilen miktar" - "geri emilen miktar" şeklinde formülize edilebileceğini kabul edebiliriz. Oluşan idrar daha sonra renal pelviste toplanır ve oradan üretere akar ve mesanede toplanır. Daha sonra da üretra aracılığı ile vücuttan atılır. Kısaca bu organların fonksiyonlarını değerlendirelim.

10.2. Üreter

Üreterler idrarı böbreklerden mesaneye ulaştıran 25-30 cm boyunda tubuler yapıda organlardır. Duvar yapısındaki düz kas tabakasının varlığı üreterlerin peristaltik hareketlerle idrarı mesaneye taşımaya olanak sağlar. Üreterlerin mesane ile birleştiği alanlarda bulunan kassal valfler sayesinde mesanede depolanan idrarın geriye böbreğe doğru kaçması engellenir.

10.3. Mesane

Mesane, böbreklerin ürettiği idrarın depolandığı kaslı ve elastik bir organdır. Yapısındaki düz kas lifleri ve elastik lifler mesaneye genişleyebilme olanağı tanır. Mesane ortalama 500-600 ml idrar hacmi barındırabilir. Mesanenin boşalmasının kontrolü yani idrar yapma (miksiyon) kontrolü aslında refleks olarak gerçekleştirilen bir olaydır. İdrar birikip mesane duvarı gerilmeye başladığında gerime duyarlı reseptörler refleks yoldan aktivasyon gerçekleşmesini sağlar ve detrusor kasın kasılması ile mesane ile üretra arasındaki iç sfinkter (büzgeç) gevşeyerek idrar üretra aracılığı ile dışarı atılır. Ancak bebeklik döneminde bilinç düzeyi arttıkça bu refleksin kontrol altına alınması yani kısa bir süreliğine baskılanması öğrenilir. Erişkin dönemde ise üretraya açılan alanda bulunan dış sfinkter istemli olarak kontrol edilebildiğinden bilinçli olarak bu sfinkterin gevşemesi engellenir ve miksiyon istenilen zamanda başlatılabilir.

10.4. Üretra

Üretra mesanede bulunan idrarın vücut dışına atılmasını sağlayan kanaldır. Erkek ve kadında farklı uzunluktadır ve erkeklerde sadece idrar atılımda değil üreme sisteminde de rol almaktadır.

10.5. Böbreklerin Düzenleyici Rolü

Böbreğin düzenleyici rol oynadığı birçok homeostatik düzenleme bulunmaktadır. Bunlar;

10.5.1. pH Düzenlenmesi

pH ya da hidrojen gücü, asitlik veya bazlık derecesini tarif eden bir ölçü birimidir. pH dengesini belirleyen başlıca element hidrojen atomudur. Vücut sıvılarının ve kanın pH değeri sürekli belirli aralıklarda sabit tutulmaya çalışır. Bu değer arteriyel kan için 37 C° vücut sıcaklığında 7.35-7.45 değerleri arasındadır. Organizmada pH düzenlenmesi olayında böbrekler aktif rol alırlar. Kanın pH sı azaldığında (asidoz) böbrekler H⁺ iyonlarını idrar ile dışarı atarlar ve asiditeyi azaltırlar. Kanın pH sı arttığında ise (alkaloz) bikarbonat (HCO₃⁻) iyonları ile tamponize ederek kanın pH sı azaltırlar.

10.5.2. Na⁺ Atılımının ve Sıvı Miktarının Düzenlenmesi

Böbreklerde Na⁺ atılımının düzenlenmesi aldosteron hormonunun kontrolü altındadır. Aldosteron böbrek üstü bezinin korteks bölümündeki zona glomerulosa bölgesinde sentezlenir ve distal tübül ve toplayıcı kanallardan Na⁺ ve su emilimini sağlarken plazma K⁺ seviyesinin azalmasını sağlar. Aldosteron asıl olarak renin-anjiyotensin-aldosteron sisteminin bir parçasıdır. Ancak bu sistemi kan basıncının düzenlenmesi kısmında ele alacağız.

Sıvı miktarının ve Na⁺ miktarının düzenlenmesine etkili bir başka faktör ise ADH (anti diüretik hormon)dur. Kan plazma hacminin azalması ya da plazma ozmotik basıncının artması hipotalamusu uyarır ve hipofiz arka bezinden ADH salgılanır. ADH salgısı toplayıcı kanallardan suyun geri emilimin arttırır. ADH aynı zamanda çok güçlü bir damar daraltıcıdır. Ancak bu etkisini kan basıncının düzenlenmesi kısmında ele alacağız. **Alkol**, ADH salınımını azaltarak daha dilüe (seyrek, fazla miktarda) idrar oluşumunu sağlar. Bu durum **dehidrasyona** (vücut sıvı miktarının azalması) neden olabilir.

10.5.3. Eritropoez Düzenlenmesi

Eritrositlerin yapımını regüle eden eritropoietin hormonunun büyük bir bölümü böbreklerde sentez edilir. Hipoksik koşullarda böbrekte sentezlenen eritropoietin kırmızı kemik iliğinde eritrosit yapımını tetikler. Eritropoietin eksikliğinde eritrosit yapımı sekteye uğrar.

10.5.4. Kan Basıncının Düzenlenmesi

Renin -anjiyotensin-aldosteron sistemi:

Bu sistem vücutta sıvı homeostazisinin korunmasında en etkili sistemlerden bir tanesidir. **Renin** enziminin salgısı ile tetiklenen sistem vücudumuzdaki en güçlü vazokonstriktör (damar daraltıcı) ajanlardan olan **anjiyotensin II** nin oluşumunu ve **aldosteronun** salınımını sağlayarak kan basıncını düzenler. Renin, nefronlarda bulunan jukstoglomeruler aparat

tarafından salgılanır. **Jukstoglomerüler aparat** nefronun distal tübül kısmının afferent arteriyol ile temas ettiği bölgede özelleşmiş olan hücrelerden oluşur. Temasın geręekleřtięi yerde afferent arteriyol duvarında **jukstoglomerler hücreler** bulunur. Distal tübül duvarında özelleşmiş hücreler ise **makula densa** hücreleridir. Renin salgısı, afferent arteriyoldeki kan akımının azalması ve/veya makula densa hücrelerine ulaşan Na^+ ve Cl^- iyonlarındaki azalmalar ile tetiklenir.

Renin, jukstoglomeruler hücrelerden salgılanır ve dolaşımda bulunan anjiyotensinojeni, anjiyotensin I'e dönüştürür. Anjiotensin I ise anjiotensin dönüştürücü enzim (ACE) tarafından Anjiyotensin II yen dönüştürür. Anjiyotensin II hem vazokonstriktör etki gösterir hem de aldosteron salgısını tetikler. Aldosteron distal tübül ve toplayıcı kanallardan Na^+ ve su emilimini sağlar ve kan basıncını arttırıcı etki gösterir.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Boşaltım sisteminin temel yapısı ve fonksiyonlarının, idrar oluşum sürecini ve bunların yanı sıra böbreklerin homeostatik düzenlemedeki katkısını öğrendik.

Bölüm Soruları

- Böbrekler ile ilgili önermelerden hangisi yanlıştır?
 - Böbreklerimiz, sırt kaslarının hemen arkasında yerleşmiştir.
 - Fasülye benzeri şekilli organlardır.
 - Sağ böbrek sol böbreğe göre biraz daha aşağıda konumlanmıştır.
 - Böbreğin idrar oluşturma fonksiyonundan sorumlu temel birimi nefronlardır.
 - Böbreğin pelvis kısmı dış bükey tarafına açılır.
- Nefron ile ilgili olarak aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?
 - Nefronlar idrar oluşumundan sorumlu fonksiyonel birimlerdir.
 - Nefronlar 2 bölümden oluşur.
 - Bir böbrekte 1 milyondan fazla nefron bulunur.
 - Nefronun temel görevi kan plazmasının filtre edilmesidir.
 - Nefron yapısı içerisinde glomerulus denilen kapiller bir damar ağı bulunur.
- Nefronda idrar oluşumu sürecinde kanın filtre edildiği yer neresidir?
 - bowman kapsülü
 - proksimal tübül
 - henle kulbu
 - distal tübül
 - toplayıcı kanallara
- Anti diüretik hormon (ADH), suyun geri emilimini kontrol eden hormondur. Bu hormona ait reseptörler nefronun hangi bölgesinde yoğunlaşmıştır?
 - bowman kapsülü
 - proksimal tübül
 - henle kulbu
 - distal tübül
 - toplayıcı kanallara
- İdrar oluşum sürecinde gerçekleşen olaylar aşağıda önermeler şeklinde sıralanmıştır. Yanlış önermeyi işaretleyiniz.
 - Böbreğe ulaşan kan kapiller yapının ve bowman kapsülünün birlikte oluşturdukları seçici geçirgen bir filtreden süzülür.
 - Plazma proteinleri ve diğer büyük moleküller de filtreyi geçerek filtrat'a katılır.
 - Her iki böbrek tarafından 1 dakikalık bir zamanda filtre edilen sıvı miktarına glomerular filtrasyon hızı denir.
 - Filtrasyonun ardından elde edilen filtrat nefronun tübüller yapısı boyunca geri emilime uğrar.
 - Nefronlardaki filtrasyon sırasında bowman kapsülüne filtre olamayan bazı maddeler tubulus içerisine idrar ile atılmak üzere salgılanırlar.
- Reabsorbsiyon aşamasında gerçekleşen olaylardan hangisi doğru eşleştirilmiştir?
 - Proksimal tübül – glukoz (% 100)
 - Proksimal tübül – su (% 100)
 - Distal tübül - aminoasit (% 100)
 - Henle kulbu – Na+ (%65)
 - Distal tübül - Cl (% 80)

7. İdrarın oluşumu sürecindeki temel aşamalarını düşününüz. İdrar olarak, idrar torbasında toplanacak sıvı miktarını basitçe hesaplamak istersek bu miktarı kabaca nasıl formülize ederiz?
- A. Filtre edilen miktar + Geri emilen miktar = İdrar hacmi
 - B. Filtre edilen miktar + Geri emilen miktar – Sekrete edilen miktar = İdrar hacmi
 - C. Filtre edilen miktar + Geri emilen miktar + Sekrete edilen miktar = İdrar hacmi
 - D. Filtre edilen miktar + Sekrete edilen miktar - Geri emilen miktar = İdrar hacmi
 - E. Filtre edilen miktar - Geri emilen miktar = İdrar hacmi
8. Miksiyon ile ilgili olarak aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
- A. Miksiyon kontrolü refleks olarak gerçekleştirilen bir olaydır.
 - B. İdrar birikip mesane duvarı gerilmeye başladığında miksiyon hissi oluşur.
 - C. Bebeklik döneminden itibaren miksiyonu istemli olarak kontrol edebiliriz.
 - D. Erişkin dönemde miksiyon istenilen zamanda başlatılabilir.
 - E. Mesanenin boşalması miksiyon olarak adlandırılır.
9. Böbreklerin idrar oluşumu dışında düzenleyici rol oynadığı birçok homeostatik düzenleme bulunmaktadır. Aşağıdakilerden hangisi bu düzenlemele dahil değildir?
- A. Solunumun Düzenlenmesi
 - B. pH Düzenlenmesi
 - C. Na⁺ Atılımının ve Sıvı Miktarının Düzenlenmesi
 - D. Eritropoez Düzenlenmesi
 - E. Kan Basıncının Düzenlenmesi
10. Renin -anjiyotensin-aldosteron sistemi sıvı homeostazisinin korunmasında en etkili sistemlerden biridir. Anjiyotensin II nasıl oluşur?
- A. Anjiyotensin II makula densa hücrelerinde sentezlenir.
 - B. Anjiyotensin II jukstoglomerüler aparattan salgılanır.
 - C. Anjiyotensin II ACE aracılığı ile Anjiyotensin I den oluşur.
 - D. Anjiyotensin II böbrek üstü bezinden salgılanır.
 - E. Anjiyotensin II proksimal tubulden salgılanır.

Cevaplar: E/B/A/D/B/A/D/C/A/C

11. SİNDİRİM SİSTEMİ - I

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

11.1. Sindirim fonksiyonu

11.2. Sindirim sisteminin fonksiyonel yapısı

11.2.1. Ağız

11.2.2. Farenks (yutak)

11.2.3. Özofagus (yemek borusu)

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Sindirim tanımı yapabilir ve sindirim sisteminin genel fonksiyonlarını sıralayabilir.	
	Sindirim kanalının genel yapısını ve fonksiyonlarını açıklayabilir.	
	Yardımcı sindirim organlarını tanımlar ve sindirime katkılarını sıralayabilir. Defekasyon işlevini tanımlayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Sindirim ne demektir? Sorusu sorulsa belki de birçoğumuzun aklında ilk olarak “beslenme ve daha sonra alınan besin maddelerinin emilmesi” cevabı belirir. Aslında sindirim, dışarıdan aldığımız büyük ve karmaşık moleküllü besinleri, hücre zarından geçebilecek hale gelene kadar en küçük yapıtaşlarına ayırma, parçalama işlevidir. Karbonhidrat, yağ ve protein gibi karmaşık yapılu besinlerden yararlanabilmek için organizma ilk olarak bunları parçalamalıdır. Kullanılabilecek kadar sindirilen besin maddeleri daha sonra hücrelere taşınarak, gerek enerji elde edilmesi için gerekse yeni moleküllerin sentez edilebilmesi için kullanılır. Peki, besinler nasıl sindirilir yani parçalanırlar?

11.1. Sindirim Fonksiyonu

Besinler fiziksel veya kimyasal olarak sindirilirler. Besinler dil, diş ve sindirim organlarının hareketleri ile fiziksel olarak sindirime uğrar ve daha küçük parçalara ayrılır. Bu sindirim mekanik sindirim olarak adlandırılır. Mekanik sindirim sırasında besinler ayrıca sindirim kanalı boyunca salgı yapan birçok bez tarafından üretilen sindirim sıvıları ile karışırlar. Bu sıvılar aslında hem maddelerin sindirim kanalları boyunca ilerlemesini kolaylaştıran hem de mekanik sindirim ile belirli oranda parçalanmış olan moleküllerin sıvı içerisindeki enzimler tarafından emilebilecek kadar küçük hale getirilmesini sağlayan salgılardır.

Sindirim sistemimiz ve onu oluşturan yapıların ve organların tamamının görevi, hücrelerin metabolik aktivitelerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan enerji ve yapı taşlarının sağlanabilmesi için besinleri sindirmek ve sindirilen molekülleri emerek kan dolaşımına, oradan da hücrelere ulaştırabilmektir.

Sindirim sistemimiz ağızdan başlayarak anüse kadar uzanan içi boşluklu, kaslı bir tüptür. Sindirim sistemini oluşturan organların genel yapısına bakıldığında içten dışa doğru 4 katmandan oluşuğu görölür. Bunlar,

- Tunika mukoza: İç kısmını döşeyen epitel doku.
- Tunika submukoza: Düzensiz bağ doku ve sinir dokular (Meissner pleksusu).
- Tunika muskularis: Dairesel ve uzunlamasına yerleşmiş düz kas tabakası ve sinir dokular (Auerbach pleksusu)
- Tunika seroza (adventisya): Dış bağ doku

Sindirim kanalındaki duvar yapısı ve hareketlerin kontrolü hemen hemen tüm kanal boyunca benzerdir.

Mukoza tabakasını oluşturan epitel dokunun farklı farklı kısımlarda farklı karakterde salgı yapan hücrelere dönüştüğü görölür. Sindirim salgıları yalnızca sindirim kanalı hücreleri tarafından değil, yardımcı sindirim organları olarak adlandırılan salgı organları tarafından da üretilir. Gerek kimyasal gerekse mekanik yollar ile sindirilen maddeler aynı zamanda sindirim kanalını döşeyen epitel tarafından emilirler. Yani aslında sindirim sistemi bu fonksiyonu yerine getirirken 4 temel faaliyet gerçekteştir.

Bunlar sırası ile; hareket, salgılama, sindirim ve emilim faaliyetleridir.

Hareket (motilite): Sindirim kanalına giren içeriğin (besin maddesi) karıştırılması ve ilerletilmesini sağlayan hareket düz kas tabakası sayesinde gerçekteşir.

Salgılama (sekresyon): Besin maddelerin sindirim kanalları boyunca ilerlemesini kolaylaştıran ve sindirilmesini sağlayan sindirim sıvılarının salgılanmasıdır.

Sindirim: Besin maddelerinin mekanik ve kimyasal olarak emilebilecek düzeye kadar parçalanmasıdır.

Emilim (absorbsiyon): Emilebilecek düzeye kadar sindirilmiş moleküllerin kan dolaşımına katılması işlevidir.

Sindirim sisteminin temel işlevlerinden bahsettikten sonra sindirim sistemini oluşturan yapıları ve fonksiyonlarını irdelemek gerekir.

11.2. Sindirim Sisteminin Fonksiyonel Yapısı

Sindirim sistemini oluşturan yapılar aslında yiyeceklerin ilerletildiği ve yukarıda bahsedilen işlemlerin gerçekleştirildiği yani sindirim fonksiyonunun gerçekleştirildiği bir kanaldır. Düz kas tabakası sayesinde besinler kanal boyunca ilerletilerek sindirim fonksiyonu düzenlenir. Kas tabakası kanal boyunca boyuna (longitudinal) ve enine dairesel (sirküler) olarak yerleşmiştir. Kasların hareketi otonom sinir sisteminin kontrolü altındadır. Parasempatik ve sempatik sinir sistemi kassal hareketlerin yanı sıra salgı üreten hücreler üzerine de etkilidirler.

Parasempatik uyarının sindirim sistemi üzerindeki etkisi; motilite ve sekresyon fonksiyonlarını arttırmaya yöneliktir. Sempatik sistem ise motilite ve sekresyonu azaltıcı yönde etki gösterir. Otonom sinir sisteminin etkisinin yanı sıra homeostasis konusundan hatırlanacağı üzere; sindirim sisteminin kendi otonomiyasyon özelliği bulunmaktadır. Bu özelliği oluşturan yapı sindirim kanalında bulunan kendine has sinir yapısıdır. Özellikle longitudinal ve sirküler kas tabakası arasında bulunan miyenterik pleksus (Auerbach pleksusu) ve submukozal pleksus (Meissner pleksusu) sırası ile kas kasılmalarını ve salgı fonksiyonların düzenlerler. Örneğin; ağızda çiğnenen bir lokma yutulduğunda lokmanın özofagus duvarına uyguladığı gerim, lokmanın mideye doğru ilerleme hareketini tetikleyecektir. Peristaltik hareketler olarak adlandırılan bu hareketler halka şeklindeki ilerletici kasılmalar olarak karşımıza çıkarlar.

11.2.1. Ağız

Sindirim faaliyeti ağız boşluğunda başlar. Ağız da bulunan dil, dişler ve salgısını bu bölgeye boşaltan tükürük bezleri sindirimde önemli rol oynarlar. Dil yediklerimizin tadını algılayan bir duyu organı olmanın yanı sıra ağızda sindirimle ilgili önemli görevler üstlenir. Besin maddelerini tükürük ile karıştırıcı hareketler yapmak ve yutma işlevi gerçekleşirken besinleri yutağa doğru itmek bu görevler arasındadır. Dişler besinlerin mekanik olarak parçalanmasını sağlar. Besin maddeleri dişlerin etkisi ile parçalandıkça tükürük ile daha fazla temasa geçer ve sindirimi kolaylaştırır. Gerek dil gerekse dişler ağızdaki mekanik sindirimi sağlayan yapılarıdır.

Çiğneme

Çene kemiği (mandibula),dil ve dişler aracılığı ile ağızda fiziksel sindirimin ilk adımları atılır ve büyük besinler küçük parçalara ayrılırlar. Çiğneme yani **mastikasyon** istemli olarak

başlatılan ancak refleks olarak devam eden bir olaydır. Diş hassasiyetleri ya da çene rahatsızlıkları bulunan hastalarda çiğneme zorlaşacağından yumuşak besinlerin yenmesi uygun olacaktır. Çiğneme gerek yutma gerekse tükürük salgısının başlatılmasında önemli rol oynar.

Tükürük bezleri salgıladıkları tükürük ile ağızda kimyasal sindirimi sağlarlar. Bizler günde ortalama 1500 ml tükürük üretiriz. Ancak tükürük fonksiyonel olarak sadece sindirimle alakalı görevler üstlenmediğinden tükürük salgısına özel bir başlık açmak gerekir.

Tükürük salgısı ve fonksiyonları

İnsanda üç çift tükürük bezi bulunur. Bunlar dilaltı (sublingual), çene altı (submandibular) ve kulak altı (parotis) bezleridir. Her birinin tükürük salgısı içerik oranları anlamında farklılık gösterir. Tükürük içeriği bakımından oldukça zengin bir sindirim salgısıdır. Tükürükte; su, mukus, Na^+ , Ca^{+2} , HCO_3^- , Cl^- gibi elektrolitlerin yanı sıra α -amilaz (pityalin), lingual lipaz gibi sindirici enzimler, lizozim, peroksidaz ve immunglobulin A (IgA) gibi anti bakteriyel etkili ajanlar ve daha birçok madde bulunur.

Mukus ağıza alınan maddelerin kolay çiğnenebilmesi ve yutulabilmesi için kayganlaştırıcı ve birleştirici bir rol üstlenir. α -amilaz (pityalin) nişasta (karbonhidrat) sindiriminde rol oynayan enzimdir. Polisakkaridlerin, disakkaridlere parçalanmasında önemli rol oynar. Nişasta sindiriminin yaklaşık % 30'luk kısmı ağız boşluğunda gerçekleşir. Lingual lipaz enzimi ise özellikle yeni doğanlarda yağ sindirimi için önemlidir. Lizozim, peroksidaz ve immunglobulin A (IgA) gibi anti bakteriyel etkili ajanlar ise ağız ve diş hijyeninin sağlanmasında önemli rol oynarlar. Tükürük salgısı refleks olarak kontrol edilir ve otonom sinir sisteminin kontrolindedir. Bir besin maddesini görmek, kokusunu almak ya da tadına bakmak tükürük salgısını uyandırır.

11.2.2. Farenks (Yutak)

Ağızda çiğnenen besinlerin yemek borusuna (özofagus) geçişini sağlayan kısımdır. Ağız ve burun boşluğunun açıldığı ortak noktadır. Sindirimde direkt bir katkısı yoktur ancak yutma işlevinin gerçekleşmesinde görev alır. Yutma işlevi istemli olarak başlayan ancak refleks olarak devam eden bir olaydır ve üç evrede incelenir.

İstemli evre: Ağızda bulunan besin maddesi yutma kararı verildiğinde dil aracılığı ile farinkse doğru itilir ve yutma refleksi başlatılır.

Faringeal evre: Ardından besinin hava yollarına kaçışının engellenmesi için yutak kapağı (epiglottis) soluk borusunu kapatır (trakea) ve besin maddesi özofagus a yönlendirilir.

Özofagial evre: Besin maddesi özofagusun başlangıç kısmındaki sfinkterin (büzgeç) gevşemesi ile kanala (lümen) girer ve mideye doğru ilerletilir. Besin maddesi özofagus lümenine girdikten sonra **bolus** olarak isimlendirilir.

11.2.3. Özofagus (Yemek Borusu)

Özofagus farinks ile mideyi birbirine bağlayan içi boşluklu kaslı bir tüptür. Yaklaşık 25 cm lik bir uzunluğa sahiptir ve direkt olarak sindirim işlevine katılmaz. Bolus özofagusa girdikten sonra özofagusun kas tabakası bolusun arka tarafında kasılma, alt tarafında (mideye doğru) gevşeme cevabı (peristaltik hareket) oluşturarak bolusun mideye doğru hareketini sağlarlar. Mideye geçmeden hemen önce bolus mide ile özofagusun geçiş noktası olan alt özofagial sfinkteri geçmelidir. Bu sfinkterin genişlemesi ile bolus mideye taşınır. Alt özofagiyal sfinkter mide içeriğinin özofagusa geri kaçışını engellemek anlamında da önemli rol üstlenir. Bu sfinkterin yetmezliği (tam kapanamaması) “**Gastroözofagiya Reflü**” olarak adlandırılan rahatsızlığa neden olacaktır. Bu hareketler aslında tüm sindirim sistemi boyunca oluşacak ilerletici hareketlerin bir örneğidir ve hareketi oluşturan bu kaslarda oluşan gerimdir. Tunika submukozada yerleşmiş olan meissner pleksusunu oluşturan sinir ağları bu hareketlerin oluşumunda rol oynar.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Sindirim tanımı yapabilmeyi, sindirim sistemimizi oluşturan yapıları ve fonksiyonlarını öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Sindirim ne anlama gelir? Aşağıdaki tanımlamalardan sindirimi en iyi şekilde açıklayanı işaretleyiniz.
 - A. Besin ihtiyacını karşılamaktır.
 - B. Canlıların büyüüp gelişebilmesi için gerekli yapıtaşlarını dışarıdan almasıdır.
 - C. Besinleri tüketerek ihtiyaç duyulmayan kısımlarını uzaklaştırmaktır.
 - D. Büyük ve karmaşık moleküllu besinleri, en küçük yapıtaşlarına ayırmak, parçalamaktır.
 - E. Alınan besin maddelerinin emilmesidir.
2. Ağızda başlayan sindirim, sindirim sistemi boyunca devam eder. Ağızda gerçekleşen fiziksel sindirimde aşağıdakilerden hangisi etkili değildir?
 - A. Dil hareketleri
 - B. Dişler
 - C. Çene kasları
 - D. Tükürük enzimleri
 - E. Dudaklar
3. Aşağıda sindirim sistemimizi oluşturan organların genel yapısını oluşturan doku katmanları ve içerdikleri doku tipleri eşleştirilmiştir. Yanlış eşleşmeyi bulunuz.
 - A. Tunika mukoza - epitel doku.
 - B. Tunika submukoza - bağ ve sinir doku.
 - C. Tunika muskularis - kas doku.
 - D. Tunika mukoza - sinir doku.
 - E. Tunika muskularis - sinir doku.
4. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi sindirim faaliyetini oluşturan temel faaliyetlerden biri değildir?
 - A. hareket
 - B. salgılama
 - C. ısıtma
 - D. sindirim
 - E. emilim
5. Aşağıda temel sindirim faaliyetleri ve görevleri verilmiştir. Yanlış eşleştirmeyi işaretleyiniz.
 - A. Motilite - besin maddesinin karıştırılması ve ilerletilmesinin sağlanması
 - B. Sekresyon - besin maddelerin sindirilmesini sağlayan enzimlerin salgılanması
 - C. Sindirim - besin maddesinin mekanik ve kimyasal olarak parçalanması
 - D. Absorbsiyon- besin maddesinin enzimatik parçalanması
 - E. Sekresyon - besin maddelerin ilerletilmesinin sağlanması

6. Sindirim sisteminin fonksiyonel yapısı düşünülduğünde aşağıdaki önermelerden hangisi yanlıştır?
- Sempatik sistem sekresyonu artırır.
 - Kasların hareketi otonom sinir sisteminin kontrolü altındadır.
 - Düz kas tabakası sayesinde besinler kanal boyunca ilerletilirler.
 - Parasempatik uyarı motiliteyi artırır.
 - Otoregülasyon özelliği bulunmaktadır.
7. Aşağıdaki enzimlerden hangisi tükürük içerisinde bulunur?
- Pityalin
 - Tripsin
 - Kimotripsin
 - İntestinal lipaz
 - Gastrin
8. Sağlıklı bir insan normal koşullarda günde ortalama kaç litre tükürük salgılar?
- 0,5 L
 - 3 L
 - 1,5 L
 - 7 L
 - 4 L
9. Alt özofagiyal sfinkter mide içeriğinin özofagusa geri kaçışını engellemek anlamında önemli rol üstlenir. Bu sfinkterin yetmezliği neye neden olur?
- Akalazya
 - Gastrit
 - Gastoözofagiyal reflü
 - İştahsızlık
 - Duodenal ülserasyon
10. Yutma işlevinin oluşumu ile ilgili önermeleri doğru biçimde sıraya sokunuz.
- Özofagusun başlangıç kısmındaki sfinkter gevşer
 - Yutak kapağı (epiglottis) soluk borusunu kapatır
 - Ağıza alınan besini yutma kararı verilir.
 - Dil aracılığı ile lokma istemli olarak farinkse doğru itilir
 - Besin maddesi özofagusa girer.
- I, II, III, IV, V
 - II, I, III, IV, V
 - III, I, II, IV, V
 - I, II, V, III, IV
 - III, IV, II, I, V

Cevaplar: D/D/D/C/D/A/A/C/C/E

12. SİNDİRİM SİSTEMİ - II

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

12.1. Mide

12.2. İnce Bağırsak

12.3. Kalın Bağırsak

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Sindirim tanımı yapabilir ve sindirim sisteminin genel fonksiyonlarını sıralayabilir.	
	Sindirim kanalının genel yapısını ve fonksiyonlarını açıklayabilir.	
	Yardımcı sindirim organlarını tanıyabilir ve sindirime katkılarını sıralayabilir. Defekasyon işlevini tanımlayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Sindirim sisteminin en geniş kısmı olan mide ve en uzun kısmı olan bağırsakların yapı ve fonksiyonlarını inceleyelim.

12.1. Mide

Mide sindirim sisteminin en geniş kısmıdır. Özofagus ile ince bağırsağın ilk kısmı olan duodenum (onikiparmak bağırsağı) arasında bulunur. Mide boşken yaklaşık 50 ml'lik bir iç hacme sahiptir. Ancak beslenme ile bu hacim 1-1,5 litreyi aşabilecek kadar artar. Midenin iç kısmı çift katlı ve kıvrımlı bir mukoza tabakası ile örtülüdür. Mukoza tabakasının hemen dışında ise enine, boyuna ve çapraz yönde yerleşmiş düz kas tabakası bulunur. Midenin hemen girişinde, özofagus ile birleştiği yerde alt özofagiyal sfinkter, çıkış kısmında ise pilorik sfinkter bulunur. Bu iki sfinkter mide içeriğinin miktarının düzenlenmesinde önemli rol oynar. Özellikle pilorik sfinkter midenin boşalmasını kontrol eder ve besinlerin sindirilmesi için gerekli zamanı sağlar. Mide yanı zamanda bir besin deposu olarak işlev görür. Mideye giren bolus burada fiziksel ve kimyasal sindirime devam eder. Bolus mide içeriği ile karıştığında artık **kimus** olarak anılır. Midede gerçekleşen kimyasal sindirim sırasında birçok mide salgısı ve bunları salgılayan farklı mukoza hücreleri görev almaktadır. İsterseniz bunlara kısaca değinelim.

Mide salgıları ve sindirim

Mide mukozasında bulunan üç tip farkı hücre ve bunların salgıları mideden salınan sindirim sıvısının temel bileşenlerini oluşturur. Bunlar;

Boyun Hücreleri: Mukus salgırlar. Mukus: su, elektrolitler (HCO_3 den zengin) ve glikoproteinler den oluşan kıvamlı bir salgıdır. Besinlerin kanal boyunca kolayca ilerlemelerini sağlar. Ancak midedeki temel görevi, mide mukozasını asidik mide içeriğine ve kimyasal etkilere karşı koruyucu bir örtü oluşturmaktır. Aksi takdirde asidik mide içeriği ve enzimler mide mukozasını haraplayacak ve gastrit oluşumuna neden olacaktır.

Peptik Hücreler (Esas ya da şef hücreler): Pepsinojen salgırlar. Pepsinojen protein sindirimini sağlayan **pepsin** enziminin aktive olmamış formudur. Pepsinojen, pariyetal hücrelerden salgılanan hidroklorik asit (HCl) ile aktive olurlar. Yani aktive olabilmesi için asidik pH ortamına ihtiyaç duyar.

Pariyetal hücreler (Oksintik hücreler): HCl ve intrinsek faktör salgırlar. HCl, pepsinojen aktivasyonunda ve dolayısı ile protein sindiriminde etkiliyken, intrinsek faktör B₁₂ vitaminin (siyanokobalamin) emilimi için kritik öneme sahip bir faktördür. Mide mukozasının haraplandığı ve intrinsek faktörün salgılanamadığı durumlarda bağırsaklardan B₁₂ vitaminin emilimi bozulur. B₁₂ vitamini eritrosit üretiminde folik asidin (B₉ vitamini) düzenlenmesine ve demir kullanımına yardımcı olur. Dolayısı ile B₁₂ eksikliği pernisiyöz anemilere ve sinirsel (nörolojik) semptomlara neden olabilir.

Midede ayrıca yağ ve karbonhidrat sindiriminde etkili olan gastrik lipaz ve gastrik amilaz enzimleri üretilir. Ayrıca midedeki pilorik bezlerin G hücrelerinden, **gastrin** hormonu salgınır. Bu hormon aynı zamanda duodenum ve pankreastan da salınmaktadır ve pariyetal hücrelerden HCl salınımını uyarır.

Kusma: Kusma koruyucu bir reflektir. Kusma, mide içeriğinin özofagus ve ağız yoluyla dışarıya atılmasıdır. Mide bulantısı ardından bir kusma duygusu oluşabilir. Karın kaslarının kasılmasıyla zorlu bir biçimde özofagus yoluyla ağıza ya da ağızdan çıkartılması sonucu kusma gerçekleşir. Bulantı sıklıkla kusmaya öncülük eder ya da onunla birlikte gelişir. Kusma refleksinin merkezi beyin sapında bulunur. Birçok nedene bağlı olarak kusma gerçekleşebilir. Bozuk besinlerin alınması, bağırsak tıkanmaları ya da periton inflamasyonları gibi durumlarda ortaya çıkabildiği gibi psikojenik etkilerden de kaynaklanabilir.

12.2. İnce Bağırsak

İnsanlarda ince bağırsak mide ile kalın bağırsak arasında bulunan 5-6 metrelik bir sindirim kanalıdır. İnce bağırsak mukozası çok sayıda kıvrımlar içerirler. Bu kıvrımlar villus denen parmaksı çıkıntılardır ve bağırsakların emilim yüzeyini arttırlar. İnce bağırsaklar 3 kısma ayrılır. Bunlar; duodenum, jejunum ve ileum kısımlarıdır. İnce bağırsaklar sindirimin son basamaklarının ve emilimin gerçekleştiği alanlardır. İnce bağırsağın ilk kısmı olan duodenum sindirim enzimleri bakımından çok zengin salgıların bulunduğu ve özellikle yağ sindiriminin gerçekleştiği alandır. Duodenumu özel kılan neden, pankreas ve safra kesesinin sindirimle ilgili salgılarının da ilgili kanallar aracılığı ile bu kısma salınmalarıdır. Bu kanallar Oddi sfinkteri ile çevrilmiş olan Vaper papillası içinden duodenuma açılırlar.

Mideden gelen kimüs duodenuma geçiş yaptığında burada bulunan salgı bezlerini uyarırlar (Brünner bezleri). Bu bezler alkali nitelikte mukus salgırlar. Bunun amacı asidik bir içerik olan kimusun duodenumdaki sindirim enzimlerinin çalışması için elverişli olmayışdır. Dolayısı ile kimüs nötrale edilmelidir. Ayrıca bu amaçla pankreastan HCO_3 den zengin bir sıvı da bu alana serbestlenir ve asidik içerik nötrale edilmeye çalışılır. Duodenum da bulunan S hücrelerinden salınan **sekretin** adlı hormon pankreastan HCO_3 içeren salgının tetiklenmesini sağlar.

Pankreastan salgılanan bir başka içerik karbonhidrat, yağ ve proteinlerin sindiriminde etkili olan sindirim enzimlerini içerir. Bu salgının kontrolü ise duodenum da bulunan I hücrelerinden salınan kolesistokininin hormonudur.

Pankreasın sindirim enzimleri;

- Pankreatik amilaz: Polisakkaritleri disakkaritlere parçalar.
- Pankreatik lipaz: Trigliseritleri, kolesterol ve fosfolipidleri, yağ asidi ve gliserole parçalar.
- Tripsin ve kimotripsin: Proteinleri peptidlere parçalarlar.
- Karboksipeptidazlar: Peptidleri aminoasitlere parçalarlar.
- Nukleazlar: Nükleik asitleri nükleotitlere parçalarlar.

Özellikle yağlı bir içeriğin duodenuma girmesi ile tetiklenen kolesistokinin hormonu aynı zamanda safra kesesinin kasılması ve safra içeriğinin duodenuma boşaltılmasını sağlar. Karaciğerde üretilen safra, safra kesesinde toplanır ve koledok kanalı aracılığı ile vater papillasına açılır. Safra salgısı içeriğindeki safra tuzları yağların emulsifikasyonunu sağlayarak sindirimlerini kolaylaştırır. Emulsifikasyon yağların damlacıklar şeklinde su ile karışması yani emülsiyon oluşturmaktır. Yağ sindirimindeki bir başka etki ise safra tuzlarının parçalanmış yağ molekülleri ile birleşip kolayca emilebilen miçeller oluşturmaktır. Bahsedilen hücre ve salgılar dışında ince bağırsak mukozası tarafından salgılanan intestinal lipaz, intestinal peptidaz ve sukraz, maltaz, izomaltaz ve laktaz gibi enzimlerde sindirim olayında önemli rol oynarlar. Özellikle laktaz enzimi az olan hastalarda doğada yalnız sütte (süt ürünleri) bulunan laktozu tam olarak sindiremezler. Bu durum laktoz intoleransı olarak adlandırılır. Bebeklik ve çocukluk dönemlerinde daha sık rastlanan bu durum ince bağırsaklardaki sıvı-elektrolit dengesini olumsuz bir biçimde etkileyerek diyare ye (ishal) neden olur.

İnce bağırsaklar sindirim kanalının en uzun kısmıdır ve kıvrımlı yapısı ve villusları sayesinde emilimin en yoğun olarak gerçekleştirildiği alanlardır. Pankreas ve safra salgılarının yanı sıra bağırsak mukozasından salgılanan intestinal enzimler sayesinde karbonhidrat, yağ ve protein sindiriminin son ürünleri bağırsak mukozasından emilerek kan dolaşımına katılır. Bağırsaklardan yalnızca besin maddeleri değil elektrolitler ve vitaminlerde emilerek kana verilir.

12.3. Kalın Bağırsak

Kalın bağırsaklar çekum, kolon ve rectum bölümlerinden oluşur. Kalın bağırsak, ince bağırsak ile anüs arasındaki sindirim kısmıdır. İnce bağırsağın kalın bağırsak ile birleştiği bölgede ileoçekal valf adı verilen bir sfinkter bulunur. Bu sfinkter ince bağırsak içeriğinin kalın bağırsağa geçişini kontrol eder. Kalın bağırsak sindirim işlevine katılmaz. Çekum kısmında bir miktar su ve elektrolit emilimi gerçekleşir. Ancak kalın bağırsakların asıl görevi depolama işlevidir. Kalın bağırsaklarımızda yerleşmiş olan bakteriler bir miktar selüloz sindirebilirler ve **K vitamini** ve **B₁₂ vitamini** üretirler. K vitamini sentezi pıhtılaşma (koagülasyon) faktörlerinin sentezi için kritik öneme sahiptir. Bu faktörler karaciğerde sentezlenirken K vitaminine ihtiyaç duyulur. Kalın bağırsağın son kısmı olan rektum dışkılama (defekasyon) fonksiyonunda önemli rol oynar. Defekasyon refleksi bir olaydır. 2 yaşına kadar istemsiz olarak defekasyon gerçekleşir. Ancak 2 yaşından sonra istemli olarak engellenebilir. Dışkı bağırsak hareketleri ile rektuma itildiğinde refleksi olarak gelişen defekasyon dış anal sfinkterin kasılmasıyla ertelenebilir.

Konstipasyon (kabızlık)

İnsanların normal dışkılama sıklıkları kişiden kişiye değişmek kaydı ile günde 1 kez ya da 2-3 günde 1 kez dir. Dışkılama sırasında normal dışı aşırı gayret göstermeyi gerektiren, kendini aşırı zorlayan ve sonunda sıkıntılı sert ve az miktarda dışkı çıkaran insanlarda kabızlıktan bahsedilebilir. Kolunun ve/veya rektum hareketlerini bozan durumlar konstipasyon sebebidir. Bu sebepler nörojenik (sinirsel) olabileceği gibi nörojenik olmayan sebepler hatta ilaç kullanımları ile ilgili dahi olabilir.

Diyare (ishal)

Kolon ve ince bağırsaklardan aşırı miktarda su, Na⁺ ve K⁺ kaybına neden olan ve çok çeşitli nedenleri olan diyare özellikle bebeklerde ölümlere yol açabilir. Diyare birçok ciddi hastalığın bir semptomu olarak da ortaya çıkabilir. İki haftadan daha kısa süren diyareler akut diyare olarak isimlendirilir. Nedenine göre tedavi edilir. Genelde yeterince sıvı ve elektrolit takviyesi yeterli olacaktır. Takviye sırasında Na⁺ ve glukozun birlikte verilmesi önemlidir. Takviye edilmezse, sıvı ve elektrolit kaybı, dehidratasyon, hipovolemi sonucu şok ve kardiyovasküler yetmezlik ile sonuçlanabilir.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Sindirim in tanımını yapabilmeyi, sindirim sistemimizi oluşturan yapıları ve fonksiyonlarını öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Mide ile ilgili önermelerden yanlış olanı seçiniz.
 - A. Mide boşken yaklaşık 50 ml'lik bir iç hacme sahiptir.
 - B. Beslenme ile midenin hacmi 1-1,5 litreyi aşabilir.
 - C. Midenin girişinde, özofagus ile birleştiği yerde pilorik sfinkter bulunur.
 - D. Mide içeriğine kimus adı verilir.
 - E. Mide sindirim sisteminin en geniş kısmıdır.
2. Midedeki hücrelerden hangisi mukus salgısı yapar?
 - A. Esas hücreler
 - B. Pariyetal hücreler
 - C. Boyun Hücreleri
 - D. Oksintik hücreler
 - E. G hücreleri
3. Midedeki hücrelerden hangisi intrinsek faktör salgısı yapar?
 - A. Esas hücreler
 - B. Pariyetal hücreler
 - C. Boyun Hücreleri
 - D. Şef hücreler
 - E. G hücreleri
4. Midedeki hücrelerden hangisi pepsinojen salgısı yapar?
 - A. Esas hücreler
 - B. Pariyetal hücreler
 - C. Boyun Hücreleri
 - D. Oksintik hücreler
 - E. G hücreleri
5. Bağırsaklardan siyanokobalamin emilimi mideden salınan bir glikoprotein ile sağlanmaktadır. Bu salgı aşağıdaki şıklardan hangisinde doğru olarak belirtilmiştir?
 - A. Pepsinojen
 - B. Mukus
 - C. HCl
 - D. gastrin
 - E. intrinsek faktör
6. Kusma ile ilgili olarak sıralanan önermelerden yanlış olanı seçiniz.
 - A. Koruyucu bir reflekstir
 - B. Mide bulantısı ardından bir kusma duygusu oluşabilir.
 - C. Kusma, mide içeriğinin özofagus ve ağız yoluyla dışarıya atılmasıdır.
 - D. Kusma refleksinin merkezi midede bulunur.
 - E. Mide içeriği, karın kaslarının kasılmasıyla zorlu bir biçimde ağızdan dışarı çıkar.

7. Sekretin hormonu nerden salgılanır?
- Brüner bezleri
 - S hücreleri
 - Oksintik hücreler
 - G hücreleri
 - Safra kesesi
8. Pankreas sindirim enzimleri ve sindirdikleri maddeler eşleştirilerek verilmiştir. Yanlış eşleştirmeyi bulunuz.
- Pankreatik amilaz - Polisakkaritleri disakkaritlere parçalar.
 - Pankreatik lipaz - Trigliseritleri, kolesterol ve fosfolipidleri, yağ asidi ve gliserole parçalar.
 - Tripsin ve kimotripsin - Proteinleri peptidlere parçalarlar.
 - Karboksipeptidazlar - Peptidleri aminoasitlere parçalarlar.
 - Nukleazlar - Polisakkaritleri aminoasitlere parçalar.
9. Doğada yalnız sütte (süt ürünleri) bulunan tam olarak sindiremeyen insanlar bu ürünleri tükettiğinde karın ağrısı, ishal gibi semptomlar gelişir. Boşluklu yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?
- Sukroz
 - Maltoz
 - Laktoz
 - Lipaz
 - Peptidaz
10. Kalın bağırsaklarımızda yerleşmiş olan bakteriler bir miktar selüloz sindirebilirler. Bu bakteriler aşağıdaki vitaminlerden hangisinin üretimini sağlarlar?
- A vitamini
 - D vitamini
 - E vitamini
 - K vitamini
 - C vitamini

Cevaplar C/C/B/A//E/D/B/E/C/D

13. ENDOKRİN SİSTEM - I

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

13.1. Hormonların sınıflandırılması

13.2. Hipotalamus ve hipofiz bezi ile ilişkisi

13.3. Hipofiz bezi

13.3.1. Adenohipofizden (ön hipofiz) salgılanan hormonlar

13.3.2. Intermediate lob (ara lob)dan salgılanan hormonlar

13.3.3. Nörohipofizden (arka hipofiz) salgılanan hormonlar

13.4. Tiroid bezi

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Homeostazisin korunmasında endokrin sistemin önemini açıklayabilir.	
	Temel hormonları ve görevlerini sıralayabilir.	
	Hormonların mekanizmalarını etkisini açıklayabilir.	

Anahtar Kavramlar

Giriş

Homeostazis konusundan hatırlanacağı üzere kontrol mekanizmalarından bir tanesi sinir sistemi bir tanesi ise endokrin sistemdir. Homeostazisin devamlılığı ve kontrolünde önemli rol oynayan **hormonlar** endokrin sistemin temel elemanlarıdır. Peki, hormon nedir? Hormon çok hücreli organizmalarda bir salgı bezi tarafından üretilerek dolaşım sistemine verilen ve dolaşım yolu ile hedef hücrelerine ulaşarak fizyolojik ve/veya davranışsal bir değişiklik ya da düzenleme oluşturan bir çeşit sinyal molekülleridir. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere bir salgı bezinin yaptığı her salgı hormon olarak adlandırılmaz. Bunun nedeni bazı salgıların direkt komşu bir hücreyi etkileyebilecek oluşu hatta salgının kendi hücrelerinde etkili olabileceği durumudur. Kana karışmadan lokal olarak etkili olabilecek salgılar hormonal değil, parakrin (komşu hücreye etkili) salgı yada otokrin (kendi kendine etkili) salgılar olarak adlandırılır. Yine homeostazis konusundan hatırlanacak olan hormonların salınımlarının kontrolü sinirsel kontrol ile ve negatif feedback ve pozitif feedback mekanizma ile kontrol edilmektedir.

13.1. Hormonların Sınıflandırılması

Homeostazisin düzenlenmesinde kritik öneme sahip bu moleküllerin sınıflandırmaları, yapılarına veya fonksiyonlarına bağlı olarak farklılık gösterir.

Kimyasal yapılarına göre hormonlar:

- Peptid ve protein yapılı hormonlar: Aminoasitlerden sentezlenen bu hormonlar zincir uzunluğuna göre polipeptid ve protein yapılı hormonlardır. Peptid yapılı hormonlara örnek olarak atriyal natriüretik peptid (ANP) verilebilir. Protein yapılı birçok hormondan ise ön hipofizden salgılanan prolaktin hormonu örnek verilebilir.

- Glikoprotein yapılı hormonlar: Proteinlere kovalent bağlar ile bağlanmış karbonhidrat grubu içeren hormonlardır. Eritropoietin hormonu örnek olarak verilebilir.

- Steroid yapılı hormonlar: Genel olarak kolesterol den köken alan hormonlardır. Glukokortikoidler, mineralokortikoidler, östrojenler, androjenler ve progesteronlar olarak sınıflandırılırlar.

- Amin yapılı hormonlar: Tirozin aminoasidinden türetilen hormonlardır. Tiroid bezi ve böbrek üstü bezi medullasından salgılanan (adrenal medulla) hormonlardır.

Fonksiyonları bakımından hormonlar:

- Eftör hormonlar: Hedef organ yada dokuda etkili hormonlar. Örneğin tiroid hormonları.

- Tropik hormonlar: Eftör hormonların sentez ve salgılanmasını kontrol eden hormonlar Örneğin tiroid stimulan hormon (TSH).

- Serbestletici ya da inhibe edici hormonlar. Örneğin tirotropin serbestleştirici hormon (TRH).

Hormonların sınıflandırılması yapıldıktan sonra insanda endokrin sistemi oluşturan başlıca salgı bezleri ve bunların salgıladığı hormonları geniş olarak ele almak gerekir. İlk olarak endokrin sistemin regülasyonunda, sinir sistemi ile entegrasyonunda kilit rol oynayan hipotalamustan ve hipotalamus ile hipofiz bezi arasındaki ilişkisinden bahsetmek gerekir.

13.2. Hipotalamus ve Hipofiz Bezi İle İlişkisi

Hipotalamus, beyinde talamus kısmının hemen alt bölgesinde bulunan ve birçok nöron kavuzunun oluşturduğu çekirdekleri barındıran bir bölgedir. Birçok homeostatik regülasyonun düzenlendiği bir bölge olarak kritik rol oynar. Vücut ısısının düzenlenmesi, açlık tokluk dengesi, sirkadiyen ritmin düzenlenmesi (uyku-uyanıklık döngüsü) gibi kritik düzenlemeleri yapar. Hemen altında yerleşmiş olan hipofiz bezi üzerinde bir kontrol oluşturur ve hipofiz bezinin salgılarını düzenler. Hipofiz bezi genel kabule göre ön ve arka olmak üzere iki lobdan

oluşan bir bezdir. Hipotalamus ile hipofiz arasında hem sinirsel (hipofiz arka lob ile) hem de portal (damarsal)(hipofiz ön lob ile) bir bağlantı aracılığı ile (hipofizer sap) hipofiz hormonunun salgıları regüle edilir. Bu bağlantılar aracılığı ile hipofize ulaşan ve hipotalamustan sentezlenen nörohormonların bir kısmı serbestleştirici (releasing), bir kısmı ise baskılayıcı (inhibitör) fonksiyon gösterir.

13.3. Hipofiz Bezi

Hipofiz bezi hipotalamusun salgıladığı nörohormonların (nöronlar tarafından ile üretilen hormon) kontrolünde çalışır. Genel kabul olarak hipofiz bezi ön ve arka lob olmak üzere iki kısımdan oluşur ancak bazı kaynaklarda bir üçüncü lobun varlığı kabul edilmektedir. Bu kısım ara lob ya da intermediate lob olarak adlandırılır ve melanosit stimüle edici hormonun (MSH) salgılandığı kısımdır.

Hipofiz ön lobunun hipotalamus ile ilişkisi damarsal bir bağlantı ile sağlanır. Hipotalamo-hipofizer portal sistem olarak adlandırılan bu bağlantı hipotalamustaki nöronlarda salgılanan nörohormonların hipofiz bezine ulaşmasını ve hipofiz ön lobunda bulunan ilgili hücre gruplarına etki ederek salgılanacak birçok hormonun kontrolünü sağlarlar. Bu nedenle hipofiz ön lobu **adenohipofiz** olarak da anılır. Hipofiz arka lobundan salgılanan hormonlar ise aslında hipofiz bezinde üretilmez. Buradan kana karışan hormonlar, gövdeleri hipotalamusta bulunan magnosellüler nöronlar tarafından üretilir. Bu nöronların aksonları hipotalamus ile hipofiz arasında uzanırlar ve hipotalamo-hipofizer trakt'ı oluşturular. Bu nöronların sonlanmaları hipofiz arka lobunda olur ve salgılanan hormonlar burada kana karışır. Bu nedenle hipofiz arka lobu **nörohipofiz** olarak da anılır.

13.3.1. Adenohipofizden (Ön Hipofiz) Salgılanan Hormonlar

▪ *Büyüme hormonu (Growth hormone, GH)*

Küçük bir protein yapılı hormondur. Vücudumuzda tüm hücrelerde mitozun çoğalması ve tüm dokuların büyümesinden sorumludur. Genel olarak hücrelerde protein sentezini artırır. Yağ dokusundan yağ asitlerini çözerek kana verir ve yağ asitlerinin enerji maddesi olarak kullanılmasını sağlar. Tüm vücutta glikoz tüketimini sınırlar. Hücrelerde glikojen olarak depolanmayı sağlar.

Büyüme hormonunun salgılanması günün farklı saatlerinde farklılık gösterir. Açlık durumunda özellikle öğlen saatlerinde ve derin uyku fazında gece yarısından sonra salınımının arttığı bilinmektedir. Düzenli uyku ve egzersiz büyüme hormonunun salgısını artırır. Büyüme döneminde aşırı yağlı ve karbonhidratla beslenme, uyku yetersizlikleri büyüme hormonunun salınımını azaltır.

Büyüme hormonu ile ilgili bozukluklar

Çocukluk döneminde büyüme hormonunun salgısının yetersiz olması durumunda **cücelik** oluşur. Sevimli (düzgün) cüceler olarak adlandırılan hastaların beden bölümleri

uyumludur. Bu durumun nedeni genelde ön hipofiz bezinin yetersizliğidir. Erişkinlerde tümörlere bağlı olarak gelişebilir ancak vücutta pek çok bozukluk ortaya çıkar.

Büyüme hormonunun aşırı salgılanması **devlik** oluşturur. Tüm dokular hızla büyür ve boyları 2 metrenin üzerinde bireyler oluşabilir. Bu hastalık kalp yetmezliği, böbrek ve karaciğer yetmezliği gibi ciddi komplikasyonlara neden olur. Ergenlik sonrası ortaya çıkan bir aşırı hormon salgısı **akromegali** denilen hastalığa neden olur. Epifizyal plaklar kapandığından büyüme sona ermiştir. Kemikler boyuna uzayamaz ve eğilmeye başlarlar. Çene ve alın kemikleri genişler, aşırı yorgunluk ve uyuşukluk gelişir. Organ yetmezlikleri oluşur. Büyüme hormonu aşırı salınımı genellikle hipofiz bezinde gelişen bir tümör sonucu oluşur. Tümörün çıkartılması gereklidir aksi takdirde ölüm kaçınılmazdır.

- *Tiroid stimüle edici hormon (TSH)*

Glikoprotein yapıda bir hormondur. Tiroid bezinin aktivitesini ve tiroid hormonlarının (T₃ ve T₄) salgılanmasını sağlar. Dolaşımdaki tiroid hormon seviyesine göre negatif feedback mekanizma ile TSH seviyeleri düzenlenir. TSH seviyesi çok azalacak olursa tiroid aktivitesi azalır ve tiroid bezi atrofiye olur. TSH seviyesi artarsa tiroid bezi belirgin olarak büyür ve **guatr** olarak adlandırılan durum ortaya çıkar.

- *Adrenokortikotropik hormon (ACTH)*

Polipeptid yapıda bir hormondur. Adrenal korteksten glikokortikoidlerin ve kortizolün salınımını artırır. ACTH gün boyunca düzensiz bir şekilde patlamalar halinde salgılanır. Özellikle sabah saatlerinde daha sık salgılanırken gece vaktinde salgılanma sıklığı azalır. Plazma kortizol düzeyleri bu salınımlara yanıt olarak artış ve azalış gösterir. Stres durumlarında kortizol salgısı artar.

- *Folikül stimüle edici hormon (FSH)*

Glikoprotein yapıda bir hormondur. İnsan vücudunun gelişim, büyüme, ergenliğe erişim ve üreme fonksiyonları ile ilgili birçok süreçte rol oynar. Kadın üreme sisteminde ovaryum gelişimi (oogenez) ve östrojen üretiminde önemli rol oynar. Erkeklerde ise sperm üretimi (spermatogenez) süreçlerinde etkilidir. Lüteinleştirici hormon ile sinerjistik olarak çalışır.

- *Lüteinleştirici hormon (LH)*

Glikoprotein yapıda bir hormondur. Kadın üreme sisteminde ovulasyonun tetiklenmesinde ve korpus luteum oluşumunda rol alır. Erkeklerde ise leydig hücrelerini uyararak testosteron salınımını sağlar.

- *Prolaktin (PRL)*

Protein yapıda bir hormondur. Gebelik döneminde plasenta dan da salınır. Kadında meme bezlerinin gelişimi ve süt üretiminin tetiklenmesi en bilinen fonksiyonudur. Bebeğin beslenmesi ve gelişimi emzirme etkisi ile artan prolaktin salınımına bağlıdır. Erkeklerde ise

LH reseptörlerinin yapımını artırdığı ve leydig hücrelerinden steroid hormonların salınımını etkilediği bilinmektedir.

13.3.2. Intermediate lob (ara lob) dan salgılanan hormonlar

- *Melanosit stimüle edici hormonlar (MSH)*

Bu ailede hem protein yapılı hormon ve nöropeptidler bulunmaktadır. MSH ların temel görevi deride ve diğer bazı dokularda bulunan melanositleri uyarak melanin salınımını sağlar. Melaninler deri, saç ve iris (göz)in renkli tabakasına rengini veren doğal pigmentlerdir. İnsanların melanin salgısını çok az yapabildiği ya da hiç yapamadığı metabolik bozukluk **albinizm** olarak adlandırılır.

13.3.3. Nörohipofizden (Arka Hipofiz) Salgılanan Hormonlar

- *Oksitosin*

Peptid yapılı bir hormondur. Kadınlarda meme başının uyarılması ve uterus serviksini uyarılması oksitosin salgısının refleksi olarak tetiklenmesini sağlar. En iyi bilinen etkileri sütün indirilme refleksi ve doğum sırasında uterus kasılmalarını arttırıcı etkileridir. Homeostazis konusundan hatırlanacağı üzere doğum ile ilgili etkisi **pozitif feedback mekanizmaya** iyi bir örnek oluşturmaktadır. **Sütün indirilme refleksi** ise bebeğin annesinden süt emmesi sırasında tetiklenir. Meme başı uyarısı ile buradan kalkan afferent duysal lifler ile algılanan duyum omurilik ile yukarı taşındıktan sonra oksitosinin sentezlendiği magnoselüler nöronlara ulaşır ve oksitosin hipofiz arka lobundan kana verilir. Kana karışan oksitosin meme dokusundaki miyoepitelyal hücrelerin kasılmasını ve sütün meme dokusundan çıkmasını sağlar. Dolayısı ile bebek beslenmiş olur. Ayrıca oksitosin emzirme döneminde kadının korkularıyla baş edebilmesini, huzurlu, sabırlı ve mutlu olmasını sağlar. Maternal (annelikle ilgili) davranışların gelişiminde önemli rol oynar. Erkeklerde ise oksitosin spermlerin tubul içerisinde canlı kalması gibi üreme sistemiyle ve davranışsal değişimlerle ilgili etkiler oluşturur.

- *Anti-diüretik hormon (ADH) veya vazopressin*

Peptid yapıdaki hormonun hem sıvı homeostazisinin sağlanmasında, böbreklerde su ve Na⁺ geri emiliminde, hem de kan basıncının düzenlenmesindeki etkileri nedeni ile önceleri ayrı ayrı hormonlar olduğu düşünülmüş ve iki farklı isim verilmiştir ancak son yıllarda farklı iki etkininde aynı hormondan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Vazopressin ismi hormonun damarlar üzerindeki daraltıcı etkisinden ileri gelmektedir. Damar yarıçapını azaltarak, sistemik periferik direnci arttıran dolayısı ile kan basıncını artıran bir etki gösterir.

13.4. Tiroid Bezi

İnsanda tiroid bezi boynun ön tarafında, trakeanın hemen önünde ve larinksin hemen altında yerleşmiş olan çift loblu bir endokrin bezdir. Zengin bir kan dolaşımı vardır. Tiroid bezinin histolojik yapısı incelendiğinde foliküler bir yapısı olduğu gözlenir. Tiroid hormonları

bu foliküllerde yapılır ve sentezlenen hormonlar foliküllerin orta kısmında depo edilir. Aynı zamanda foliküller arasında bulunan “C hücreleri” **kalsitonin** denilen ve kan kalsiyum düzeyinin düzenlenmesinde rol oynayan bir başka hormonun salgılandığı hücrelerdir. Kalsitonin ile ilgili bilgi “kalsiyum düzenleyen hormonlar” kısmında anlatılacaktır.

Tiroid bezinin sentezlediği hormonlar triyodotironin (T₃) ve tiroksin (T₄) hormonlarıdır. Bu hormonlar foliküllerde tirozin aminoasidine iyot bağlanarak TSH etkisiyle sentezlenir. Sentezlenen miktarın % 90 kadarı T₄, geri kalanı ise T₃ şeklindedir. T₃ miktarı daha az olsa da etkinliği T₄'e oranla daha fazladır. Tiroid hormonları dolaşım sistemine katıldıklarında özel proteinler aracılığı ile taşınırlar (globülin ve albümin gibi) ve hedef reseptörleri hücrelerin sitoplazma ve çekirdeğinde bulunur. Hücre metabolizmasını ve protein sentezini etkilerler.

Tiroid hormonları genel etki olarak vücut metabolizmasını hızlandırıcı etki gösterirler ve bu etkiyi mitokondrilerin aktivasyonu ile yakından ilişkilidir. Sağlıklı bir büyüme ve gelişim için mutlak gerekli olan bir hormondur. Büyüme hormonu ile birlikte karaciğerden “insüline benzer büyüme faktörlerinin” (ILGF) salınımında etkilidir. Protein sentezini hızlandırır, kan glukoz seviyesini artırır, yağ asitlerinin kana geçişini hızlandırır. Hücre membranlarında bulunan aktif transport enzimlerinin yapımını ve çalışmasını etkiler. Tiroid hormonlarının eksikliğinde hipotiroidizm, fazlalığında ise hipertiroidizm oluşur ve bu durumlar ciddi metabolik bozuklukların oluşumunu sağlar. Kısaca bahsetmek gerekirse:

Hipotiroidizm:

Tiroid bezinin yeterli hormon sentezleyememesi (primer hipotiroidizm) , tiroid bezinin cerrahi olarak uzaklaştırılması ya da hipotalamus ya da hipofiz bezinden kaynaklanan olaylardan dolayı (sekonder, tersiyer hipotiroidizm) oluşabilir. Hipotiroidili hastaların metabolizmaları düşüktür. Genelde sürekli üşüyen, soğuğu sevmeyen, uyuklar halde, uyuşuk, kilolu ve olduklarından daha yaşlı görünümlüdürler. Solunum güçlüğü ve yüksek tansiyon problemleri yaşarlar. **Miksödem** tablosu (parmak izi bırakmayan ödem) hipotiroidizmin karakteristik belirtisidir. Doğumsal olarak gerçekleşen hipotiroidizm tablosunda **kreten tipi cücelik** oluşur ve ağır bir gelişim ve zekâ geriliği görülür. Tiroid hormonlarının yapımında iyot gerekli olduğundan iyot eksikliği (beslenme kaynaklı) de önemli bir hipotiroidi nedenidir. İyot yetersizliği durumunda tiroid bezi sürekli olarak hormon sentezlemek için çalışır ve büyür. Tiroid bezinin herhangi bir nedenle büyümesine **guatr** denir. Ülkemizde Isparta, burdur, Batı ve Doğu Karadeniz bölgelerinde endemik guatr görülmektedir.

Hipertiroidizm:

Tiroid hormonlarının sentez ve salgısının arttığı durumlardır. Hastaların metabolizmaları yüksektir. Hastalar genelde aşırı terleyen, sıcağı sevmeyen, sinirli ve zayıf bir görünümler vardır. Otoimmün bir hastalık olan Graves hastalığı hipertiroidizmin en yaygın olarak görüldüğü hastalıktır. Vücutlarında kendi dokularına karşı antikorlar oluşur. Bu hastalar TSH dan bağımsız olarak sürekli T₃, T₄ salgısı yaparlar. Tiroid bezi büyümüştür.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Hipotalamus ve hipofizin endokrin kontroldeki rolünü ve endokrin sistemin homeostazis üzerine etkilerini öğrendik.

Bölüm Soruları

- Aşağıdaki önermelerden hangisi "hormon nedir?" sorusuna verilebilecek en doğru cevaptır?
 - Hormon bir salgı bezinden yapılan salıdır.
 - Bir çeşit sinyal molekülüdür.
 - Parakrin veya otokrin salgılardır.
 - Bir salgı bezinde üretilip dolaşıma katılarak hedefine ulaşan salıdır.
 - Endokrin sistemin bir elemanıdır.
- Aşağıdaki önermelerde hormonlar kimyasal yapılarına göre sınıflandırılarak, örneklendirilmiştir. Hangi eşleştirme yanlıştır?
 - Peptid ve protein yapıli hormonlar – ANP
 - Glikoprotein yapıli hormonlar – Eritropoietin
 - Amin yapıli hormonlar – Triiyodotironin
 - Steroid yapıli hormonlar - Östrojen
 - Glikoprotein yapıli hormonlar – Prolaktin
- Aşağıda tiroid bezinin fonksiyonunu kontrol eden hormonlar ve salgılandıkları dokular eşleştirilmiştir. Doğru eşleştirmeyi bulunuz.
 - Tirotropin serbestleştirici hormon - Hipotalamus
 - Tiroid stimulan hormon – Tiroid bezi
 - Tirotropin inhibe edici hormon – Hipofiz bezi
 - Tiroid Hormonu - Hipofiz bezi
 - Tiroid stimulan hormon – Hipotalamus
- Hipotalamus birçok homeostatik regülasyonun düzenlendiği bir bölge olarak kritik rol oynar. Aşağıdakilerden hangisi hipotalamusun kontrolünde değildir?
 - Vücut ısısının düzenlenmesi
 - Açlık tokluk dengesi
 - Sirkadiyen ritmin düzenlenmesi
 - Hormonal düzenleme
 - Solunum düzenlenmesi
- Aşağıdaki hormonlardan hangisi adenohipofizden salgılanmaz?
 - Prolaktin
 - Büyüme hormonu
 - Oksitosin
 - Tiroid stimulan hormon
 - Adrenokortikotropik hormon
- Aşağıdaki hormonlardan hangisi nörohipofizden salgılanır?
 - Prolaktin
 - Büyüme hormonu
 - Antidiüretik hormon
 - Tiroid stimulan hormon
 - Adrenokortikotropik hormon

7. Aşağıdakilerden hangisi büyüme hormonu salgılanmasını arttırmaz?
- A. Açlık
 - B. Tokluk
 - C. Uyku
 - D. Egzersiz
 - E. Hipoglisemi
8. Büyüme hormonunun ergenlik sonrası aşırı salgılanması aşağıdakilerden hangisine neden olur?
- A. Devlik
 - B. Akromegali
 - C. Guatr
 - D. Cücelik
 - E. Albinizm
9. İnsanlarda melanin salgısının çok az yapıldığı veya hiç yapılmadığı metabolik bozukluk aşağıdakilerden hangisidir?
- A. Diyabet
 - B. Hipertansiyon
 - C. Böbrek yetmezliği
 - D. Albinizm
 - E. Akromegali
10. Besinlerle yeterli düzeyde iyot alınmaması aşağıdaki durumlardan hangisine neden olabilir?
- A. Diyabet
 - B. Osteoporoz
 - C. Cushing hastalığı
 - D. Addison hastalığı
 - E. Guatr

Cevaplar: D/E/A/E/C/C/B/B/D/E

14. ENDOKRİN SİSTEM - II

Bu Bölümde Neler Öğreneceğiz?

- 14.1.** Kalsiyum düzenleyen hormonlar
- 14.2.** Kan şekerini düzenleyen hormonlar (pankreas)
 - 14.2.1.** Şeker hastalığı (diabetes mellitus)
- 14.3.** Böbrek üstü bezi (adrenal bez) hormonları
 - 14.3.1.** Adrenal medulla hormonları (katekolaminler):
- 14.4.** Gonad (üreme sistemi organları) hormonları
 - 14.8.1.** Erkek üreme sistemi hormonları
 - 14.8.2.** Dişi üreme sistemi hormonları

Bölüm Hakkında İlgi Oluşturan Sorular

Bölümde Hedeflenen Kazanımlar ve Kazanım Yöntemleri

Konu	Kazanım	Kazanımın nasıl elde edileceği veya geliştirileceği
	Homeostazisin korunmasında endokrin sistemin önemini açıklayabilir.	
	Temel hormonları ve görevlerini sıralayabilir.	
	Hormonların mekanizmalarını açıklayabilir.	etki

Anahtar Kavramlar

Giriş

Homeostazis konusundan hatırlanacağı üzere kontrol mekanizmalarından bir tanesi sinir sistemi bir tanesi ise endokrin sistemdir. Homeostazisin devamlılığı ve kontrolünde önemli rol oynayan **hormonlar** endokrin sistemin temel elemanlarıdır. Peki, hormon nedir? Hormon çok hücreli organizmalarda bir salgı bezi tarafından üretilerek dolaşım sistemine verilen ve dolaşım yolu ile hedef hücrelerine ulaşarak fizyolojik ve/veya davranışsal bir değişiklik ya da düzenleme oluşturan bir çeşit sinyal molekülleridir. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere bir salgı bezinin yaptığı her salgı hormon olarak adlandırılmaz. Bunun nedeni bazı salgıların direkt komşu bir hücreyi etkileyebilecek oluşu hatta salgının kendi hücrelerinde etkili olabileceği durumudur. Kana karışmadan lokal olarak etkili olabilecek salgılar hormonal değil, parakrin (komşu hücreye etkili) salgı yada otokrin (kendi kendine etkili) salgılar olarak adlandırılır. Yine homeostazis konusundan hatırlanacak olan hormonların salınımlarının kontrolü sinirsel kontrol ile ve negatif feedback ve pozitif feedback mekanizma ile kontrol edilmektedir.

14.1. Kalsiyum Düzenleyen Hormonlar

Kan kalsiyum düzeyi homeostatik mekanizmalar tarafından sürekli olarak belirli sınırlar içerisinde tutulur. Bunun nedeni kalsiyumun, kemik, kas ve sinir dokunun faaliyet gösterebilmesi için gerekli olmasıdır. Normalde plazma Ca^{+2} düzeyi 8,5 - 10,5 mg/dl aralığında tutulur. Bu değerin belirli bir sınırın altına inmesi ya da üstüne çıkması durumu organizmayı ölüme kadar götürebilir. Kalsiyum seviyesinin düzenlenmesini sağlayan temel hormonlar şunlardır:

- *Parathormon (PTH):*

Paratiroid bezinde sentezlenir. Paratiroid bezi, tiroid bezine gömülü olarak bulunan ve 4 lobdan oluşan endokrin bir bezdir. Polipeptid yapılı olan PTH plazma Ca^{+2} değeri azaldığında salgılanır. Vitamin D salınımı ve etkinliğini arttırarak bağırsaklardan Ca^{+2} emilimini arttırır. Böbreklerde Ca^{+2} ' un aktif olarak geri emilimini arttırır. Ayrıca kemik yıkımı ile kana Ca^{+2} geçişi sağlar.

- *Kalsitonin:*

Polipeptid yapıda bir hormondur. Tiroid bezi folikülleri arasındaki C hücrelerinde sentezlenir. Plazma Ca^{+2} değeri arttığında salgılanır ve etkisi artan düzeyi azaltmak yönündedir. Ca^{+2} ' un kemiklerde depolanmasını ve idrarla atılmasını kolaylaştırır.

- *1,25 dihidroksikolekalsiferol (Vitamin D metaboliti):*

D vitamini (Vit. D₃) güneş ışığının etkisi ile deride sentezlenir ancak Ca^{+2} metabolizmasında fonksiyon gören aktif şekli olan *1,25 dihidroksikolekalsiferol*, karaciğerde ve böbreklerde bir dizi kimyasal değişiklik ardından oluşur. Genel etkisi plazma Ca^{+2} değerini arttırmak yönündedir. Böbreklerde Ca^{+2} ' un geri emilimini azaltsa da bağırsaklardan Ca^{+2} emilimini arttırır.

14.2. Kan Şekerini Düzenleyen Hormonlar (Pankreas)

Kan glikoz düzeyi homeostatik mekanizmalar tarafından sürekli olarak belirli sınırlar içerisinde tutulur. Aç bir insanda normal değerler 70-110 mg/dl dir. Yemek sonrası bu değer artsa da düzenleyici mekanizmalar tarafından tekrar normal düzeyine döndürülür. Kan glikoz düzeyine etki eden birçok hormon bulunur. Bunların önemli bir kısmı pankreasta sentezlenir ve salgılanırlar. Bir diğer grup hormon ise adrenal bez hormonlarıdır. Bu hormonlar ise ayrı bir başlıkta incelenecektir. Sindirim sistemi konusunda pankreasın sindirim enzimleri salgıladığından bahsedilmiştir. Bu salgılar pankreasın ekzokrin salgılarıdır ve ilgili konuda bulunabilir. Kan glikoz düzenlenmesini sağlayan salgılar ise pankreasın endokrin salgılarıdır. Bunlar;

- *İnsülin:*

Protein yapıda bir hormondur. Pankreasın beta hücrelerinde üretilir. Kanda glikoz konsantrasyonu yükseldiğinde (hiperglisemi) salınımı artar ve genel amacı artan kan glikozunu normal değerlere indirmektir. Vücudumuzda hemen her hücrede insülin reseptörü bulunmaktadır. Ancak özellikle kaslarda, yağ dokuda ve karaciğerde gerçekleşen glikoz metabolizması değişiklikleri önemlidir. Kanda insülin düzeyi arttığında kaslarda glikoz transportu yükselir. Hücrelere glikoz taşınması insülin bağımlı glikoz taşıyıcı proteinler aracılığı ile gerçekleşir ve bunlar GLUT olarak isimlendirilir. İnsülin GLUT yapımını artırır. Hücrelere glikoz girişi kolaylaşır. Kas ve karaciğer dokuda glikoz, glikojen sentezinde kullanılır ve depo edilir. Yağ dokuda ise glukoz yağlara dönüşür. Membranlardan aminoasit transportunu hızlandırarak protein sentezini artırır.

- *Glukagon*

Polipeptid yapıda bir hormondur. Pankreasın alfa hücrelerinde sentezlenir. Kanda glikoz konsantrasyonu düştüğünde (hipoglisemi) salınımı artar ve genel amacı azalan kan glikozunu normal değerlere çıkartmaktır. En belirgin etkisi karaciğer üzerinde insüline zıt etki göstermesidir. Yani glikojen yıkımını artırır ve glikozun kana karışmasını sağlar. Laktat, piruvat, gliserol ve glukojenik aminoasitler gibi karbonhidrat olmayan maddelerden glikoz yapımını yani glukoneogenezi artırır. Karaciğerde keton sentezini artırır.

- *Somatostatin*

Pankreasın delta hücrelerinin yanı sıra duodenum ve midenin antrum kısmından da salgılanan peptid yapıda bir hormondur. Genel etkisi inhibisyon yönündedir. İnsülin, glukagon salgılarının yanı sıra büyüme hormonu, TSH, kalsitonin gibi birçok hormonun salgılanmasını inhibe eder.

14.2.1. Şeker Hastalığı (Diabetes Mellitus)

Pankreastan yeterli miktarda insülin salgılanamaması ya da insülinin etkisiz kalması durumunda gelişen ve kanda glikoz miktarının yüksek kaldığı hastalıktır. Bu hastalarda idrarla beraber glikoz atılır. Diyabetin ne önemli 3 belirtisi **poliüri** (çok idrara çıkma), **polidipsi** (çok su içme) ve **polifaji** (çok yeme) dir. İki tip diyabet görülür bunlardan insülin ihtiyacı gerektiren tip'e **tip-1 diyabet** denir. Alfa hücrelerinde insülin sentezlenemediği ya da yetersiz olduğundan dışarıdan insülin alınması gereklidir. İnsülin protein yapıda olduğundan ağızdan alınamaz çünkü sindirilir. Dolayısıyla intravenöz olarak alınmalıdır. **Tip-2 diyabette** ise hastaların kanında normal hatta yüksek düzeyde insülin bulunmasına rağmen kan glukoz düzeyi yüksek kalır. Bunun nedeni insüline karşı gelişen duyarsızlık ya da diğer adıyla insülin direncidir. İlerleyen aşamalarda insülin kullanımını gerektirebilir.

14.3. Böbrek Üstü Bezi (Adrenal Bez) Hormonları

Böbreklerin üst kısmında yerleşmiş endokrin bezlerdir. Adrenal medulla ve adrenal korteks olarak isimlendirilen iki ayrı kısımdan meydana gelirler. Her iki kısım birbirinden farklı fizyolojik etkiye sahip hormonlar sentezler.

14.3.1. Adrenal Medulla Hormonları (Katekolaminler)

Otonom sinir sisteminin sempatik bölümü tarafından innerve edilen ve stres durumlarına cevap olarak aktive olan adrenal medulladan **epinefrin (adrenalin)** ve **norepinefrin (noradrenalin)** salgılanır. Stres oluşturan bir uyaran karşısında “savaş ya da kaç” cevabının oluşumunda rol oynar. Hızla gelişen bu cevap ile salgılanan hormonlar, kan basıncını, kan glukoz seviyesini ve yağ asidi yoğunluğunu arttıran bir etki ile organizmayı hazır hale getirirler. Uzun dönemde ise stres cevabında adrenal korteks ten salgılanan glukokortikoidlerin etkisi önem kazanır.

Adrenal korteks hormonları:

- **Mineralokortikoidler:** Steroid yapıda hormonlardır ve organizmanın su ve elektrolit homeostazisinde önemli rol oynarlar. Başlıca mineralokortikoid, **aldosteron** hormonudur. Aldosteronun böbrekler üzerine etkisi boşaltım bölümünde anlatılmıştır. Hücre dışı K^+ iyon artışı aldosteron salınımını tetiklemesi bakımından önemli bir uyarandır. Genel etki olarak, Na^+ geri emilimini arttırırken idrar ile K^+ kaybı sağlar. Renin-anjiyotensin- aldosteron sisteminin üyesi olan aldosteron aynı zamanda böbreklerden su geri emilimi, dolayısı ile kan basıncının düzenlenmesinde de önemli rol oynar.

- **Glukokortikoidler:** Steroid yapıdaki bu hormonlar glikoz metabolizması üzerine etkilidirler. Hipofiz ön lobundan salgılanan ACTH etkisi ile salgılanan **kortizol** stres yanıtın oluşumunda önemli rol oynar. Kortizol karaciğerde glukoneogenezin uyarılması ile kan glikoz seviyesi yükseltilir. Yağ dokusundan yağ asitlerinin çözülmesi ve dolaşıma verilmesi sağlanır. Protein yıkımı arttırılır. Bu etkilerin yanı sıra glikokortikoidler önemli antiinflamatuvar (enflamasyonu engelleyici) ve immünsüpresif (bağışıklık sistemini baskılayıcı) etkiler gösterirler.

14.4. Gonad (Üreme Sistemi Organları) Hormonları

Erkeklerde testisler, kadınlarda ise ovaryum yani gonadlar hem üreme ana hücrelerini oluşturmak hem de üreme fonksiyonunu düzenleyecek hormonları salgılamakla görevlidirler. Puberte yani ergenlik çağına ulaşan birey üreme yetisi kazanmıştır. Bu gelişim hipotalamustan salgılanan serbestleştirici bir hormon olan gonadotropin serbestleştirici hormonun (GnRH) hipofiz üzerine etkisi sonucu hipofizden gonadotropik hormonların (LH ve FSH) salınması ile başlar.

14.4.1. Erkek Üreme Sistemi Hormonları

Erkeklerde gonadlar puberteye ulaşıldıktan yaşam sona erene kadar aktiftirler. LH ve FSH salgısı kontrolünde testislerde sperm üretimi (spermatogenez) ve bir dizi üreme hormonunu yapılı. Spermatogenez sertoli hücrelerinde hipofizden salgılanan FSH etkisi altında gerçekleşir. FSH aynı zamanda sertoli hücrelerinden **androjen bağlayıcı proteinler (ABP), aktivin, inhibin ve büyüme faktörlerinin** salınımını düzenler. Leydig hücreleri ise hipofizden salgılanan LH la uyarılır ve **testosteron** salgırlar. Testosteron erkek üreme

sisteminin gelişiminin yanı sıra maskulinizasyonu yani ikincil erkeksi cinsiyet karakterlerinin oluşumunu sağlar. Bunlar; sesin daha boğuk ve kalın hale dönüşmesi, kıllanmanın vücut geneline yayılması, sakalın belirmesi ve daha kaslı bir vücut yapısının oluşmasıdır.

14.4.2. Dişi Üreme Sistemi Hormonları

Dişilerde üreme hormonlarının etkisiyle ovaryum ve uterusda döngüsel (siklus) değişiklikler meydana gelir. Bu düzenli döngüsel değişiklikler menstrual siklus olarak adlandırılır. Bu siklus ortalama 28 günde bir tekrar eder. Döngüsel değişiklikler 2 fazda incelenir. İlk evre olan foliküler evre ovulasyona (ovumun atılması, yumurtanın atılması) kadar geçen 14 günlük süreçtir. Bu evrede FSH etkisiyle ovaryumlardaki bir folikülde, ovum hücresi gelişmeye başlar. Bu süreçte uterus ciddi değişiklikler oluşur. Sürecin ilk 5 günü menstrual kanama ile geçer. Ancak 5 ila 14. Gün arasında uterus gelişmekte olan ovumu karşılamak için gelişir. Endometriyumun kalınlığı artar ve damarsal yapı gelişir. Gelişmekte olan folikülden salınan östrojen bu gelişimi kontrol eder. Östrojen aynı zamanda ön hipofizden LH salgısını uyarır. Ovulasyonun gerçekleşmesi LH salgısının pik yapmasının hemen ardından gerçekleşir. Olgunlaşan folikül yaklaşık 14. Günde çatlar ve ovulasyon gerçekleşir. Ovum, fallop tüpleri aracılığı ile döllenmek üzere uterusu taşınır. Ovulasyonun ardından luteal evreye geçilir. Çatlayan folikül kanla dolar ve ardından korpus luteum denen yapı oluşur. Korpus luteum progesteron ve östrojen salgılar. Luteal evrede kanda progesteron hormonunun seviyesi yüksek seyredir. Progesteronun yüksek olması LH salgısını inhibe eder. Progesteron ve östrojen aynı zamanda endometriyumun gelişimini devam ettirmesini sağlar. Ovum döllenmezse 28. Güne doğru korpus luteum bozulmaya, progesteron ve östrojen seviyesi azalmaya başlar. Ardından menstrual kanama gerçekleşir. Endometriyum dökülür ve eski haline döner. Kanama yaklaşık 5 gün kadar sürer. Progesteron ve östrojenin azalması FSH ve LH düzeylerinin tekrar artmasını sağlar ve FSH tekrar yeni bir siklusun oluşmasını sağlar.

Fallop kanallarından geçerken ovum döllenecek olursa yani gebelik gerçekleşirse, korpus luteum bozulmaz ve kanda progesteron seviyesi yüksek kalır. Döllenmiş ovum uterusu implante olur ve gelişimine devam eder. Gebelik süresince progesteron seviyesi yüksek kalır. Gebeliğin ilerleyen döneminde progesteron ve östrojen salgısı plasenta tarafından yapılır.

Uygulamalar

Uygulama Soruları

Bu Bölümde Ne Öğrendik Özeti

Hipotalamus ve hipofizin endokrin kontroldeki rolünü ve endokrin sistemin homeostazis üzerine etkilerini öğrendik.

Bölüm Soruları

1. Aşağıdaki hormonlardan hangisi kan kalsiyum seviyesinin düzenlenmesinde ana rolü oynar?
 - A. Tiroid hormonları
 - B. Büyüme hormonu
 - C. İnsülin
 - D. Parathormon
 - E. Glukagon
2. Aşağıdaki vitaminlerden hangisi güneş ışığı etkisi ile deride sentezlenir?
 - A. A vitamini
 - B. B vitamini
 - C. C vitamini
 - D. D vitamini
 - E. E vitamini
3. Sağlıklı bir insanın plazma Ca^{+2} düzeyi kaç mg/dl aralığındadır?
 - A. 1,5 - 3,5 mg/dl
 - B. 3,5 - 5,5 mg/dl
 - C. 5,5 - 8,5 mg/dl
 - D. 8,5 - 10,5 mg/dl
 - E. 10,5 - 15,5 mg/dl
4. Sağlıklı bir insanın plazma glikoz düzeyi kaç mg/dl aralığındadır?
 - A. 10-40 mg/dl
 - B. 40-70 mg/dl
 - C. 70-100 mg/dl
 - D. 100-130 mg/dl
 - E. 130-160 mg/dl
5. Hürelere insülin ile glukoz taşınması aşağıdakilerden hangisi aracılığı ile olur?
 - A. Tripsin
 - B. Tirozin
 - C. Laktat
 - D. Piruvat
 - E. GLUT
6. İnsulin aşağıdaki hücrelerden hangisinde sentezlenir?
 - A. Pankreas alfa
 - B. Pankreas beta
 - C. Pankreas delta
 - D. Böbrek tübül
 - E. Barsak epitel

7. Glukagon aşağıdaki hücreslerden hangisinde sentezlenir?
- Pankreas alfa
 - Pankreas beta
 - Pankreas delta
 - Böbrek tübül
 - Barsak epitel
8. Diyabetin üç önemli belirtisi poliüri polidipsi ve polifajidir. Polidipsi aşağıdakilerden hangisini ifade eder?
- Çok yeme
 - Çok içme
 - Çok idrara çıkma
 - Az içme
 - Az yeme
9. “Savaş ya da kaç” cevabının oluşumunda rol oynayan hormon aşağıdakilerden hangisidir?
- Aldosteron
 - Kotrizol
 - Testosteron
 - Östrojen
 - Adrenalin
10. Menstrual siklus sırasında Lüteinleştirici Hormon (LH) piki kaçınıcı gün gerçekleşir?
5. gün
 - 9.gün
 - 14.gün
 - 20.gün
 - 28.gün

Cevaplar: D/D/D/C/E/B/A/B/E/C

KAYNAKÇA

Tasarımda insan faktörü, İ.Ü. Fen Fakültesi yayınları, (1993), Lütü Çakar

Yüksek okullar için fizyoloji. Yüce Yayım / Nobel Tıp kitabevi. 1.Baskı (2014).

Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 12.Baskı, Philadelphia, (2011), Hall
JE

Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fizyoloji ders kitabı. Cilt-1, Cilt-2, İstanbul (1997), Terzioğlu
M, Çakar L.