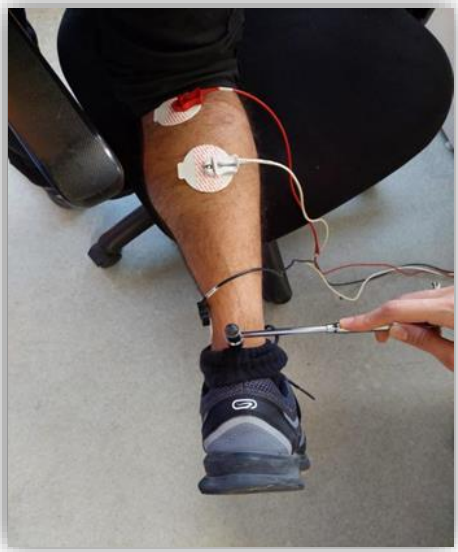
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

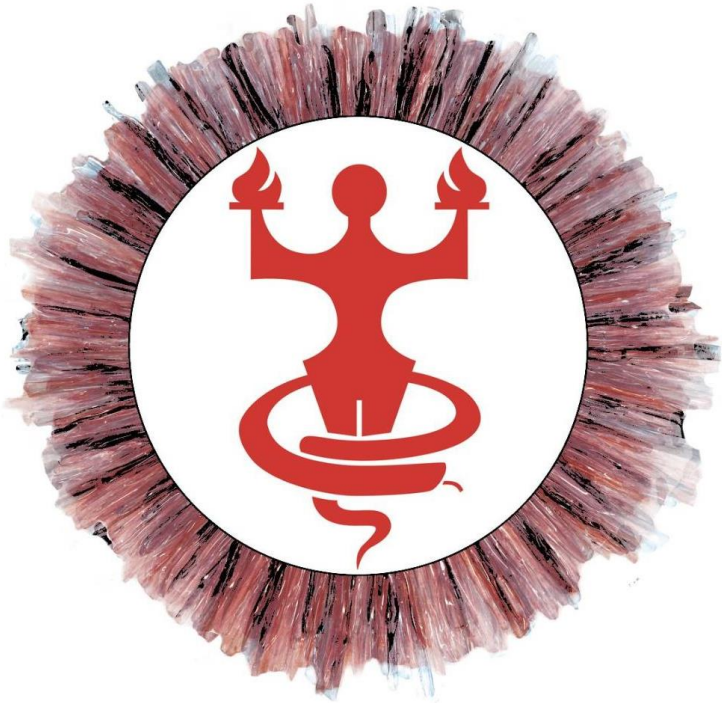
FİZYOLOJİ ÖĞRENCİ LABORATUVAR KİTABI





Editör

PROF.DR. GÜL İLBAY



TIP EĞİTİMİNDE 30 YIL

Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi

Dekanlığının katkılarıyla hazırlanmıştır.

©Copyright 2024

Bu kitabın basım, yayın ve satış hakları KÜV YAYINLARINA aittir. Anılan kuruluşun izni olmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kâğıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz.

Online ISBN
978-605-71873-8-3

Kitap Adı
Fizyoloji Öğrenci Laboratuvar Kitabı

Editör
Prof.Dr. Gül İLBAY
ORCID iD: 0000-0003-2287-8140

Yayın Koordinatörleri
Prof.Dr. Alparslan KUŞ
Prof.Dr. Ayten YAZICI
Prof.Dr. F. İpek KOMSUOĞLU ÇELİKYURT
Hülya ALTAN

Sayfa ve Kapak Tasarımı
Hülya ALTAN
Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi

Logo Tasarım
Doç.Dr. Suna Özgür KARAALAN
Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fak.
Grafik Tasarımı Bölümü

Öğr.Gör. Ziya Yekta ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi
Değirmendere Ali Özbay Meslek YO
Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü

Yayıncı Sertifika No
44496

Kütüphane Kimlik Kartı
Fizyoloji Öğrenci Laboratuvar Kitabı / editör: Gül İlbay
Kocaeli: KÜV Yayınları, 2024.
171 s. : rnk. res., şekil, tablo; 160x230 mm.
Kaynakça var.
ISBN 978-605-71873-8-3

UYARI

Bu üründe yer alan bilgiler sadece lisanslı tıbbi çalışanlar için kaynak olarak sunulmuştur. Herhangi bir konuda profesyonel tıbbi danışmanlık veya tıbbi tanı amacıyla kullanılmamalıdır. KÜV Yayınları ve alıcı arasında herhangi bir şekilde hemşire-hasta, terapist-hasta ve/veya başka bir sağlık sunum hizmeti ilişkisi oluşturmaz. Bu ürün profesyonel tıbbi kararların eşleneği veya yedeği değildir. KÜV Yayınları ve bağlı şirketleri, yazarları, katılımcıları, partnerleri ve sponsorları ürün bilgilerine dayalı olarak yapılan bütün uygulamalardan doğan, insanlarda ve cihazlarda yaralanma ve/veya hasarlardan sorumlu değildir.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ VAKFI
KÜV
YAYINLARI

ÖNSÖZ

Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi fizyoloji dersinin uygulamasında yapılan deneylerde yardımcı kaynak olması için yazılan bu kitabın teorik dersleri tamamlaması amaçlanmıştır. Anabilim dalımızın tüm öğretim üyelerinin ve araştırma görevlilerinin katılımı ile fakültemizin kuruluşunun 30. yılına atfen hazırlanmış olup tüm öğrencilerimize yararlı olmasını dileriz.

Saygılarımızla,

Fizyoloji Anabilim Dalı

YAZARLAR

Prof. Dr. Nurbay Ateş
ORCID iD: 0000-0003-1272-9360

Prof. Dr. Gül İlbay
ORCID iD: 0000-0003-2287-8140

Prof. Dr. Ayşe Karson
ORCID iD: 0000-0003-4909-4012

Prof. Dr. Deniz Şahin
ORCID iD: 0000-0002-6752-0065

Dr. Sabriye Karadenizli Taşkın
ORCID iD: 0000-0002-1402-0163

Dr. Elif Büşra Gökçen
ORCID iD: 0000-0002-4936-5989

Dr. Hasan Hudai Gürbüz
ORCID iD: 0009-0008-0867-9253

Dr. Emine Esra Altıok
ORCID iD: 0009-0007-6763-7099

Dr. Öğr. Vildan Keleş Güler
ORCID iD: 0000-0001-6073-4290

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1. KAS VE SİNİR DOKULARI FİZYOLOJİSİ 1
1.1. Uyarılabilir Dokular ve Sinir–Kas Kavşağı / Çizgili Kasta Uyaran–Yanıt Deneyleri 1
1.2. Elektromiyografi (EMG) 11

BÖLÜM 2. DOLAŞIM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ 20
2.1. Kalp Kasının Uyarılma ve Mekaniksel Özelliklerinin Kurbağa Kalbinde Gösterilmesi 20
2.2. İnsanda Kalp Sesleri, Nabız Sayısı, Kan Basıncı Ölçümü 28
2.3. İnsanda Elektrokardiyografi (EKG) 42
2.4. Kardiyovasküler sistemin egzersize uyumu 52

BÖLÜM 3. KAN FİZYOLOJİSİ 57
3.1. Uyarı ve Önlemler 57
3.2. Kan Alma Yöntemleri 58
3.3. Kan Alma Tüplerinde Kullanılan Antikoagülanlar 61
3.4. Alyuvar – Akyuvar Sayım Yöntemleri 62
3.5. Hct ve Hb ölçümü ve Alyuvarlarda osmotik direnç, kan gruplarının tayini 69
3.6. Kan Yayması ve Lökosit Formülü, Sedimentasyon, Kanama Zamanı ve Pıhtılaşma Zamanı Deneyi 78

BÖLÜM 4. SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ 89
4.1. Solunum Fonksiyon Testleri 89

BÖLÜM 5. SİNDİRİM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ 97
5.1. Bio-Feedback (Biyo-Geribildirim) 97
5.2. Beden Kitle İndeksi 103

BÖLÜM 6. ÜROGENİTAL VE ENDOKRİN SİSTEM FİZYOLOJİSİ 111
6.1. Gebelik Testi ve Semen Analizi 111

BÖLÜM 7. SİNİR SİSTEMİ VE DUYU ORGANLARI 118
7.1. İnsanda ve Kurbağada Reflekslerin İncelenmesi 118
7.2. Total Refleks ve Reaksiyon Zamanı Ölçümü 132
7.3. Polisomnografi ve Uyku Laboratuvarı 141
7.4. Görmenin Fonksiyonel Değerlendirmesi 151
7.5. İşitme Testleri 165

BÖLÜM | 1

KAS VE SİNİR DOKULARI FİZYOLOJİSİ

1.1. Uyarılabilir Dokular ve Sinir–Kas Kavşağı / Çizgili Kasta Uyaran–Yanıt Deneyleri

Prof.Dr. Deniz Şahin[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Direkt ve indirekt uyarı kavramlarını tanımlayabilir,
- Claud Bernard deneyini ve kürarın etki mekanizmasını açıklayabilir.

Kas Hücresi

Tek bir kas hücresi, kas lifi olarak tanımlanmaktadır. Kas hücreleri de sinir hücreleri gibi uyarılabilirler. Bu hücreler uyarıldıklarında hücre zarı boyunca yayılan aksiyon potansiyeli meydana getirirler.

Kas lifleri bağ dokusuyla beraber kasları oluşturur. Kaslar genel olarak iskelet kası, düz kas ve kalp kası olmak üzere 3 tipe ayrılır. Bu bölümde sinir kas kavşağı ve iskelet kası anlatılacaktır.

İskelet Kası

İskelet kası, farklı çaplardaki çok sayıda kas liflerinden meydana gelir. Kas liflerinin yapısındaki miyofibriller, çok sayıda aktin ve miyozin filamentleri içermektedir.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Her kas lifi, tek bir sinir ucu tarafından innerve edilir. Bir motor sinir ve onun innerve ettiği kas lifleri birlikte motor üniteyi oluştururlar. Bir motor nörondaki her aksiyon potansiyeli, motor ünitedeki tüm kas liflerinde motor son plak potansiyeli ve aksiyon potansiyeli oluşturur.

İskelet Kası Kasılma Mekanizması

Sinir-kas kavşağı:

İskelet kası, motor sinirler (α-motor nöron) tarafından innerve edilir. Motor sinirin akson terminali ile kas lifi arasındaki bağlantıya sinir- kas kavşağı (nöromüsküler kavşak) adı verilir. Bu kavşaktaki elektriksel olaylarla motor sinirden kasa ileti başlatılır.

Sinir-kas kavşağı temel olarak üç kısımda incelenir:

Presinaptik kısım: α-motor nöron akson terminali

Postsinaptik kısım: Motor son plak (Kas lifi membranının akson karşısına gelen kıvrımlı alanı)

Sinaptik aralık (sinaptik yarık): Akson terminali ile motor son plak arasındaki boşluk

Nöromüsküler ileti:

- Motor sinirde başlatılan aksiyon potansiyeli sinir boyunca akson terminallerine doğru yayılır.
- Depolarizasyon sonucu akson terminalindeki Ca^{+2} kanalları açılır ve Ca^{+2} iyonları hücre dışı sıvıdan aksonun içine girerek asetilkolin (Ach) içeren veziküllerin sinaptik aralığa ekzositozunu tetikler.
- Ach, motor son plaktaki nikotinik reseptörlerine bağlanarak ligand kapılı katyon kanallarının açılmasına neden olur.
- Kas lifi zarından (sarkolemma) içeri Na^{+} iyonları girer ve motor son plak potansiyeli (EPP) oluşur.
- EPP oluşumunu takiben sarkolemmada aksiyon potansiyeli başlar ve T tübülleri aracılığıyla yayılır.
- Aksiyon potansiyelinin kas lifi boyunca yayılımı tamamlanınca kasılma başlar.

Kürar ve tıpta kullanımı:

Kürar, 1595 yılında Walter Raleigh tarafından Guyana'da keşfedilen, yerlilerin avlanırken kullandıkları bir zehirdir. Nöromüsküler kavşakta asetilkolinin nikotinik reseptörlere bağlanmasını engelleyerek kasılmayı önler, paraliziye sebep olur.

Günümüzde kürar benzeri kimyasal alkaloidler cerrahi müdahalelerde kas gevşetici olarak kullanılmaktadır. Bu maddeler, sadece çizgili kasları etkilediğinden kalbin çalışması engellenmez fakat solunum kasları duracağı için hasta ventilatöre bağlanır. Kürar etkisiyle hastanın operasyon süresince tamamen immobilize kalması sağlanır.

İskelet kası fizyolojisi laboratuvar dersi, kurbağa üzerinde yapılan Claud-Bernard deneylerini içeren videolar ile anlatılacaktır.

DENEY 1

Claud Bernard Deneyi (Sinirden Kasa İletinin Kurbağada Gösterilmesi)

Claud Bernard, 1813-1878 yılları arasında yaşamış olup deneysel bilimin kurucularındandır. Fransız kökenli fizyolog, 1844 yılında kurbağa üzerinde kürar deneylerini gerçekleştirmiştir. Bu deneylerinin yanı sıra homeostazis kavramı üzerinde sıkça durmuş; karaciğer, pankreas ve vazomotor sinirlerle ilgili çalışmalarda da bulunmuştur.

Kurbağadan Sinir-Bacak Preparatı Hazırlanması

Araç - Gereçler:

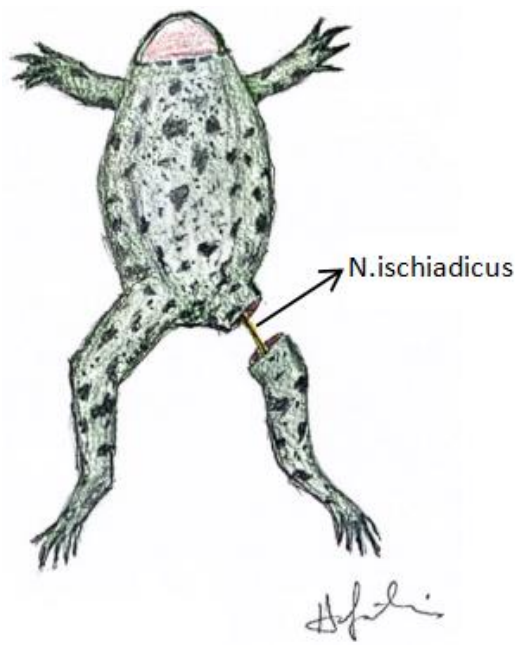
- Deneyde kullanılacak solüsyonlar (Ringer Laktat, %1'lik kürar çözeltisi)
- Kurbağa diseksiyon tepsisi
- Makas, iplik, stative, stile
- Elektrot, stimülatör

Uygulama:

1. Eter anestezisi altındaki kurbağanın ağzından sivri bir makas yardımıyla girilerek gözlerin hemen arkasındaki timpan zarların arkasından kesilir. Uzun ve sivri bir aletle (stile gibi) medulla spinalis tamamen tahrip edilir.

Bu sayede kurbağanın refleksleri ortadan kalkar. Deneyin sonraki aşamasına geçilir.

2. Kurbağayı düz zemine yatırarak arka bacaklarından birinin derisini femur doğrultusunda kestikten sonra *m.ileofibularis* ile *m.semimembraneus* birbirinden ayrılır. *n.ischiadicus* açığa çıkarılır.
3. *N.* ischiadicus'un yanında seyreden *a.femoralis* iki yanından bağlanır ve bağ ortadan kesilir. Kesilecek bacak parçasının kan dolaşımı engellenmiş olacaktır (Şekil 1.1.1).
4. Bir makas yardımıyla *n.ischiadicus'*un altından girerek femur (üst bacağı) yaklaşık olarak ortadan kesilir. Böylece kesinin altında kalan bacağın gövdeyle tek bağlantısı *n.ischiadicus* olacaktır.

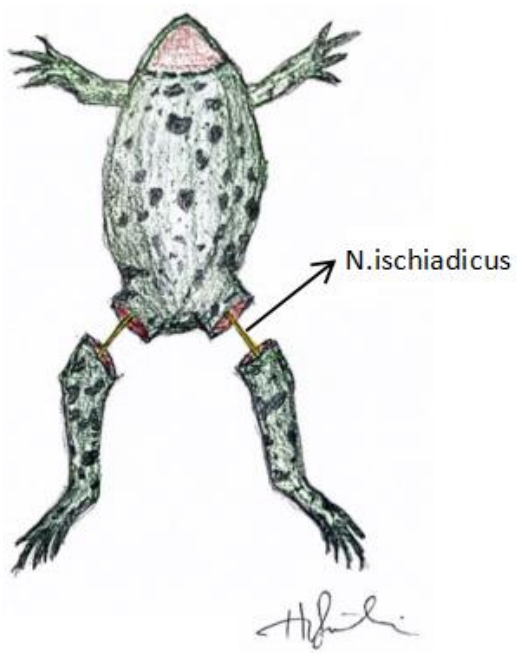


Şekil 1.1.1. Deserebre kurbağada sağ bacak *n.ischiadicus* diseksiyonu (H.H.Gürbüz)

5. Kurbağanın sırtındaki lenfatik dolaşıma kürar çözeltisinden 0,4 ml enjekte edilir. Kürar etkisi, kesik bacak dışında vücudun her yerine yayılacaktır.
6. Biri kürarsız diğeri kürarlı bacaktan iki sinir-bacak preparatı hazırlanır (Şekil 1.1.2).

7. Kürarsız bacak hem direkt hem indirekt uyarıya yanıt verirken kürarlı bacak, yalnızca direkt uyarıya yanıt verecektir. Bu deneyin sonucunda küraın nöromusküler kavşağa etki ederek kasın uyarılmasını engellediği anlaşılır.

Not: *Derisinden sıyrılan dokular deney boyunca Ringer laktat solüsyonuyla ara ara ıslatılır. Bu sayede buharlaşan suyun ekstraselüler sıvıda elektrolit dengesizliği oluşturması engellenmiş olur.*



Şekil 1.1.2. Deserebre kurbağada sağ ve sol bacakta *n.ischiadicus* diseksiyonu (H.H. Gürbüz)

DENEY 2

Çizgili Kasta Uyaran - Yanıt Deneyleri: Kas üzerine direkt elektriksel uyarı verileceği için kurbağadan kas preparatı hazırlanmalıdır.

Araç- Gereçler:

- Bilgisayar ve poligraf
- Stimülatör
- Kuvvet transdüseri

- Kurbağa diseksiyon tepsisi
- Makas, iplik, stative

Kas preparatı hazırlanışı:

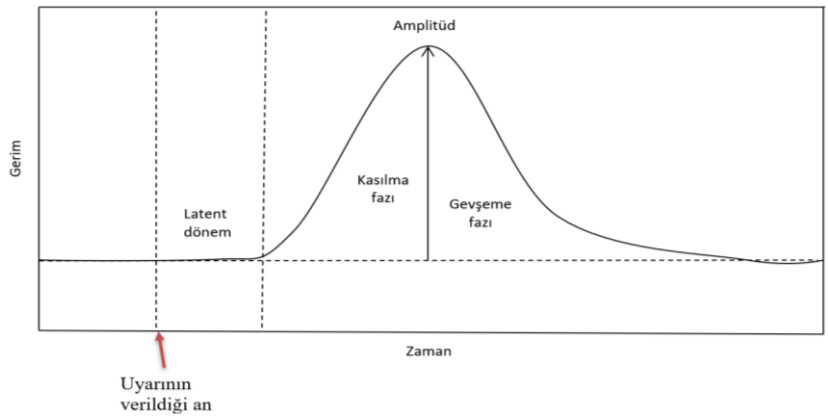
1. Önceki deneyde hazırlanan kürarlı sinir-bacak preparatının siniri kesilir, alt bacak derisi soyularak uzaklaştırılır.
2. *M. gastrocnemius* tibia kemiğinden ayrılarak izole edilir. Bu kas preparatı iki ucundan kurbağa tepsisine sabitlenir (çok sıkı ve çok gevşek olmayacak şekilde). Sonra sırasıyla aşağıdaki deneyler yapılır.

a) Çizgili kasta sarsı eğrisi

1. Kas preparatı şeklinde hazırlanmış deney düzeneği kas sarsı eğrilerini çizdirebilmek için bağlantı kablosuyla bilgisayara bağlanır.
2. Stimülatör, kasta maksimum yanıt alınabilecek en düşük uyaran şiddetine (≈10 V) ayarlanır. Kasın üzerine uyarıcı elektrotların iki ucu değdirilerek kasa tek bir uyarı verilir.
3. Elektriksel stimülusa yanıt olarak oluşan kas sarsı eğrisi bilgisayar ekranında gözlenir.

Uyarı verildikten sonra aksiyon potansiyeli kas liflerine yayılır. Aksiyon potansiyelinin yayılması tamamlandığında kasılma gerçekleşir. Uyarının verildiği andan kasılmanın başladığı ana kadar geçen dönem latent dönemdir. Kas sarsı eğrisinde kastaki elektriksel olay latent dönem içinde kalır.

4. Sarsı eğrisinde; latent dönem, kasılma fazı ve gevşeme fazı gözlemlenir (Şekil 1.1.3.).



Şekil 1.1.3. Kas sarsı eğrisi (gerim - zaman)

b) Çizgili kasta hep - hiç yasası:

- Gastroenteroloji kas preparatındaki deney düzeneği kullanılır.
- Kas üzerine elektrotlar yardımıyla gittikçe artan şiddette uyaranlar verilir. Artan uyaran şiddetine kasın verdiği yanıt, kasılma eğrileri şeklinde bilgisayarda kaydedilir.
- Eşik değer, maksimal uyaran, submaksimal uyaran değerleri belirlenir.

Kası uyaracak en az düzeydeki uyaran şiddeti **eşik değer** olarak tespit edilir. Bu değerin altındaki uyaran şiddetinde kasılma yanıtı görülmez.

Eşik değerden sonra uyaran şiddeti arttıkça kasılma kuvveti belli bir değere kadar artar. Bilgisayar ekranında gittikçe artan yükseklikte kasılma eğrileri çizdirilir.

Kasılma kuvvetinin en yüksek olduğu, kası oluşturan bütün liflerin kasılmasını sağlayan uyaran şiddetine **maksimal uyaran** denir. Maksimal uyarandan sonra uyaran şiddeti artırılsa da oluşacak kasılma eğrilerinin yüksekliği değişmeyecektir.

Eşik değerden başlayıp maksimal uyarana kadar şiddet artırıldıkça, kaydedilen kasılma amplitü artar. Aradaki bu değerlere **submaksimal uyaran** denir.

c) Çizgili kasta sumasyonun gösterilmesi:

Kas gevşemesi tamamlanmadan kasa ikinci bir eşik üstü uyarı gelirse kasılma, kısmen birinci kasılmaya eklenir. Böylece ikinci kasılma yanıtı birinciden daha büyük olur. Kasılma kuvvetlerinin bu şekilde birikmesine sumasyon denir.

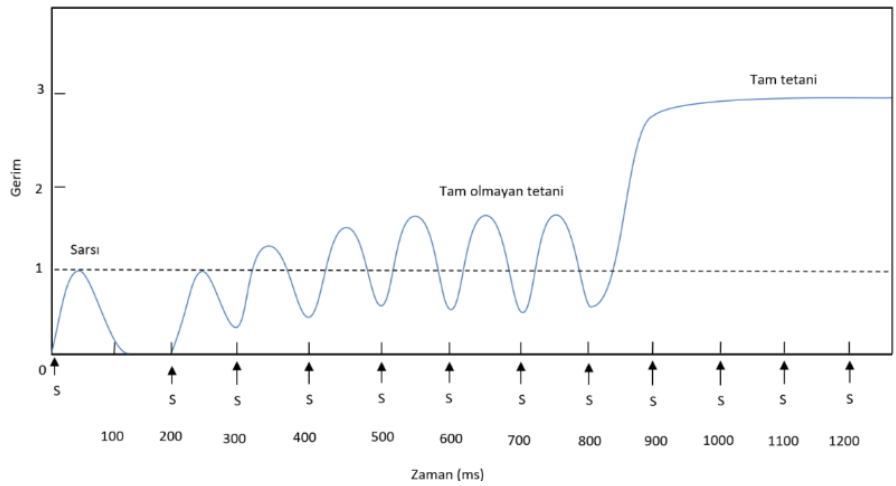
Kasın tam gevşemesine olanak sağlanmadan (Ca^{+2} hücre içine alınmadan) ikinci bir uyarı geldiği için kas lifi içindeki Ca^{+2} iyonu miktarı artar ve kas, daha güçlü kasılır. Aksiyon potansiyellerinin frekansı kademeli olarak artacağından sumasyon nedeniyle gerimin derecesi de artacaktır.

- Deney düzeneğindeki stimülatör, maksimal uyaran şiddetinde 1 Hz frekansa ayarlanır.
- Sarsı eğrilerinde sumasyon gözlenene kadar frekans arttırılır.

d) Çizgili kasta tetani oluşumunun gösterilmesi:

Kasın gevşemek için hiç vaktinin olmadığı sıklıktaki (sumasyon oluşturan frekans değerinin üstünde) tekrarlayan uyarılarda kasılmanın devamlı hale gelmesine tetani denir. Kas lifi az miktarda da olsa gevşeyebiliyorsa tam olmayan tetani oluşacaktır (Şekil 1.1.4.).

Tam tetanide kasılma gücü maksimuma ulaşmıştır. Tetani kasılmasındaki gerim, tek bir kasılmanın oluşturduğu gerimden 3 ila 5 kat daha fazla olabilir.

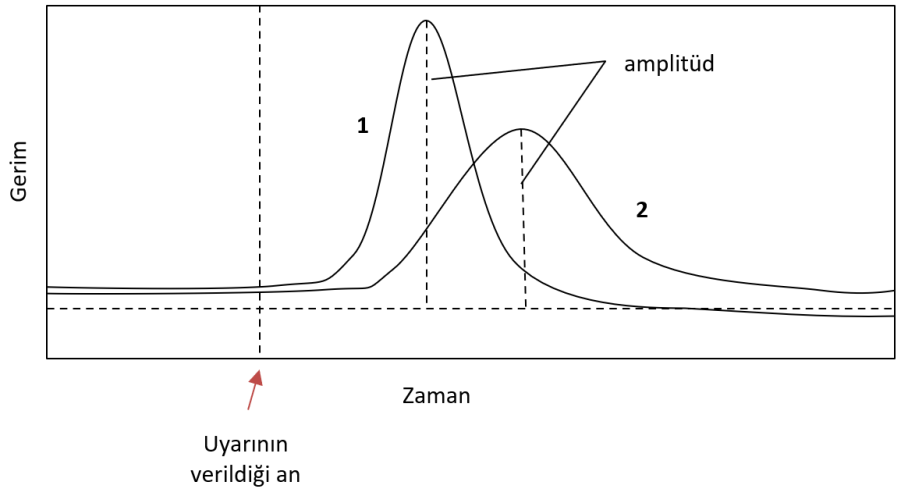


Şekil 1.1.4. İskelet kasında sumasyon, tam olmayan tetani ve tetani.

e) Çizgili kasta yorgunluğun gösterilmesi:

Uzun süren kasılma aktivitesine yanıt olarak kasın maksimum kuvvet üretiminde azalma olması kas yorgunluğu olarak tanımlanır. Yorgunluk oluşmuşsa; kas gerimi azalmıştır, sarsı eğrisinde amplitüd düşer. Kas daha yavaş kasılır (daha yavaş kasılır) ve daha yavaş gevşer, kas sarsı eğrisinin süresi uzar. Yorulan kasta uyarılara daha yavaş yanıt verilir, yani latent dönem uzar (Şekil 1.1.5.).

Kas lifi tipine ve kasılmanın niteliğine göre yorgunluk başlangıcı ve gelişimi farklıdır. Kas yorgunluğunun meydana geldiği kasta metabolik, kimyasal ve fiziksel değişiklikler gözlenir.



Şekil 1.1.5. İskelet kasında yorgunluk öncesi kasılma eğrisi (1) ve kas yorgunluğu eğrisinin (2) karşılaştırılması

Fizyolojinin deneysel uygulamalarında neden kurbağa seçiliyor?

Beyin yokluğunda ve medulla spinalis harabiyetinde intrensek dolaşım sistemi dakikalarca devam eder. Doku kanlanması sürdüğü için in vitro ortamda doku özelliklerinin incelenmesine olanak sağlar.

KAYNAKLAR

1. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.

2. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.

3. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.

4. Widmaier E. P., Raff H., Strang K. T. Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function. 15th Edition. New York: McGraw – Hill Education; 2016.

5. Köylü H. Klinik Anlatımlı Tıbbi Fizyoloji. 3.Baskı. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2019.

1.2. Elektromiyografi (EMG)

Prof.Dr. Deniz Şahin[1]
Dr. Hasan H. Gürbüz[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- İskelet kasında kasılma gücünün artışı ile motor birimlerin birikimini elektromiyografi (EMG) yöntemi ile gözlemler ve aralarındaki ilişkiyi kurabilir,
- Sıkma kaslarının oluşturduğu kuvveti ve kas yorgunluğunu değerlendirir,
- Sağ - sol kol arası maksimum kuvveti belirler ve karşılaştırır.

Motor birim, motor nöron ve kas liflerinden oluşur. Beyin ve spinal kord kontrolünde aktive olan motor birimler kas kasılmasına yol açar. Bir nöron birçok (2-2000) kas lifini uyarabilir. Bu nöronlardaki aksiyon potansiyeli kas liflerinde uyarıma ve kasın gerimine neden olur.

Aktive edilen motor birim ile kasılma kuvveti doğru orantılıdır. Örneğin 10 kg ağırlığı kaldırırken uyarılan birim, 5 kg ağırlığını kaldırırken uyarılan birimden fazladır.

Beyin, uyarılacak motor birim sayısı miktarını kas, tendon ve eklemlerdeki aktif ve pasif gerim reseptör bilgilerine göre ayarlar.

Örneğin bir nesne kaldırıldığında, o nesnenin kaldırılmış durumda kalması için yaklaşık olarak aynı sayıda motor birim çalışır, zamanla yorgunluğun önlenmesi amacıyla aynı sayıda farklı motor birimler arasında dönüşüm yapılır. Bu sayede yakıt kaynaklarının yenilenmesi de sağlamış olur.

Bir ağırlık için aktiflenen birimlerin yetersizliği durumunda ek olarak daha fazla birim uyarılır, bu ardışık aktivasyona **motor birimlerin birikmesi** denilir.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Maksimum akut kasılma veya maksimum altı tekrarlayan kasılma nedeniyle üretilebilenden daha çok yakıt harcanırsa kasta **yorgunluk** oluşur. Ayrıca atık ürünler (metabolitler) de meydana gelir. Bu ürünler kasın yorgunluğunun başladığının işaretleri olarak ağrı ve kramp gibi belirtilere yol açar. Kas yorgunluğunun merkezi sinir sistemine ait bileşenleri de bulunmaktadır.

Bu derste EMG yöntemiyle ve dinamometri aracılığı ile **motor birimlerin birikmesi** ve **iskelet kasında yorgunluk** incelenecektir.

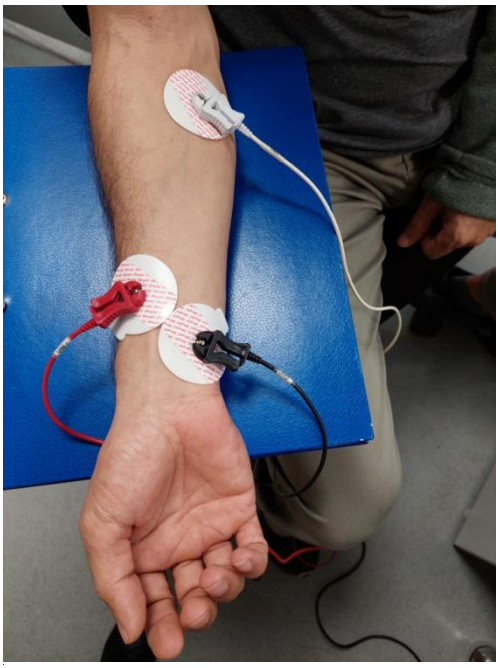
İskelet kasının kasılmasıyla oluşan voltaj değişikliklerinin deriden algılanması, yükseltilmesi ve kaydedilmesine **elektromiyografi** ve bu kayda **elektromiyogram** denir.

Güç (power) birim zamanda yapılan iştir ve bu derste sıkma gücü el dinamometresi ile (dyno=güç, meter=ölçme) yapılacaktır.

Araç - Gereçler:

BIOPAC öğrenci laboratuvar cihazı ve ilgili aparatları

- Biopac elekrot uç seti (SS2L)
- Biopac tek kullanımlık elektrotlar
- Elektrot jeli, yapışkan ped
- Biopac el dinamometresi
- Biopac kulaklık
- Windows 95/98/NT 4.0/2000 çalışan PC (Biopac yazılımı için en az 4 MB ek RAM)
- Biopac öğrenci lab. yazılımı v3.0 veya üstü
- Biopac veri toplama ünitesi (MP36)
- Biopac adaptör
- Biopac seri kablo



Şekil 1.2.1. EMG elektrotlarının yerleşimi

Kurulum

1. Bilgisayarı açınız.
2. BIOPAC MP36 biriminin kapalı olduğundan emin olunuz.
3. Ekipmanları aşağıdaki gibi bağlayınız.
   - El dinamometresi (SS25L)---CH2
   - Elektrot ucu (SS2L)---CH1
   - Kulaklık (OUT1)---birimin arkası
4. BIOPAC MP36 birimini açınız.
5. Üç elektrodu ön kola yerleştiriniz. (Şekil 1.2.1)
6. Elektrot uç setini (SS2L) renk kodlarını izleyerek elektrotlara tutturunuz.
7. Biopac öğrenci laboratuvar programını başlatınız.
8. "L02-EMG" dersini seçiniz ve **OK**'e tıklayınız.
9. Dosya adı yazınız.
10. **OK**'e tıklayınız.

KALİBRASYON

HIZLI KALİBRASYON YOLU

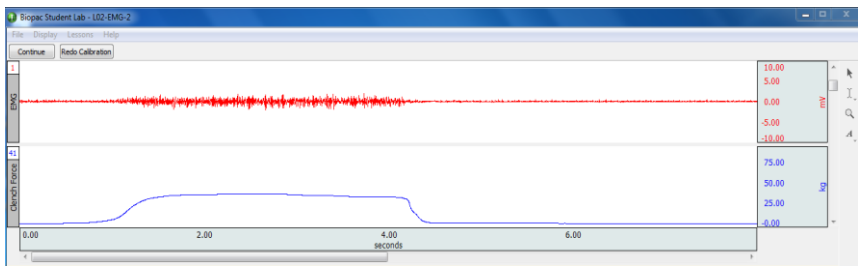
1. **Calibrate**'e tıklayınız
2. El dinamometresini serbest bırakınız ve **OK**'e tıklayınız.
3. BIOPAC el dinamometresini mümkün olduğunca yatay parçaya yakın fakat değmeden kavrayınız.

Önemli: *Her bir koldan yapılacak tüm ölçümler için dinamometreyi aynı pozisyonda tutmanız gerekmektedir. Bu yüzden ilk segment için yatay parçaya göre el pozisyonunuzu not ediniz ve diğer segmentlerde de bu durumu tekrarlamaya gayret ediniz.*

4. Birbirini takip eden iki penceredeki yönergeleri izleyiniz ve her biri hazır olduğunda **OK**'e tıklayınız.
5. İki saniye bekleyiniz, sonra el dinamometresini mümkün olduğunca kuvvetli sıkınız daha sonra gevşetiniz.
6. Kalibrasyonun durmasını bekleyiniz.
7. Kalibrasyon verileri inceleyiniz.
   - Doğru ise veri kayıt bölümüne (**recording section**) geçiniz.
   - Yanlış ise kalibrasyon tekrar (**redo calibration**) edilir.

Sekiz saniyelik kalibrasyon kaydının sonunda ekran Şekil 1.2.2.'ye benzeyecektir.

Kalibrasyon kaydı sıfır taban çizgisi (baseline) ile başlamazsa (denek 2 saniye beklemeden sıkmışsa) Şekil 1.2.2.'ye benzer şekli elde etmek için kalibrasyonu tekrarlamanız gerekecektir.



Şekil 1.2.2. Kalibrasyon örneği

Veri kaydı için detaylı açıklamalar:

Her bir önkolda iki segment kaydedeceksiniz:

a. Segment 1 motor ünite birikmesini kaydeder.
b. Segment 2 yorgunluğu kaydeder.
c. Segment 3 ayrıca EMG'yi dinleme seçeneğiniz de olacaktır.

Yazılım, kalibre edilmiş sıkma kuvvetini baz alarak optimum grid ekranını ve kuvvet artışlarını belirler. Ekranı kontrol ediniz ve kayıt boyunca kuvvetin artırılması söylendiğinde artışları belirtildiği şekilde yapınız. Grid ekranı aşağıdaki gibi ayarlanacaktır:

Kuvvet kalibrasyonu	**Belirlenmiş Artış**
(Force calibration)	(Assigned increment)
0-25 kg	5 kg
25-50 kg	10 kg
>50 kg	20 kg

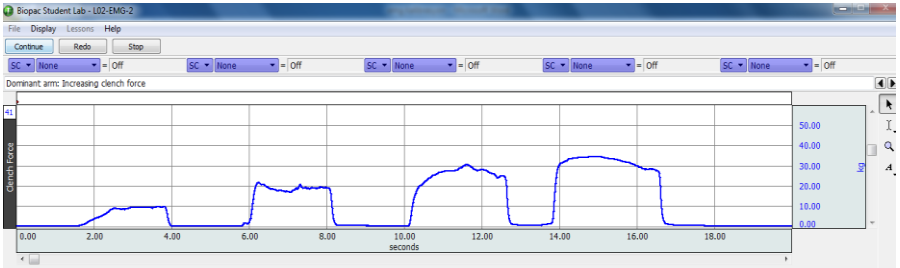
Record'a tıkladıktan sonra, ekran sadece el dinamometresi kanalını gösterecek ve görsel olarak kuvvet seviyesini incelemeniz için sizin artırım miktarınızı kullanarak grid ayarlanacaktır. Verileri kaydetmeye başlayacaksınız.

Sık-bırak-bekle döngüsünü sonraki döngüye başlamadan önce 2 saniye sıkılı tutarak ve bıraktıktan sonra 2 saniye bekleyerek tekrarlayınız. Maksimum sıkma kuvveti elde edilene kadar belirlenmiş kuvvet artış seviyesi ile başlayınız (5,10, 20 kg).

Ve belirlenmiş artış miktarı kadar artırınız (örneğin 5-10-15, 10-15-20 veya 20-40-60).

Kayıt işlemi, verileri incelemenize ve Önkol 1 kayıt segmentini hazırlamanıza zaman verecek şekilde durmalı.

Her şey yolunda giderse verileriniz Şekil 1.2.3.'e benzemelidir. Sizin için önemli olan verilerinizin birden çok tepe (peak) değeri göstermesidir (sıkma döngülerini gösterir).



Şekil 1.2.3. Kademeli kuvvet artışı kaydı

VERİ KAYDETME

HIZLI KAYIT YOLU

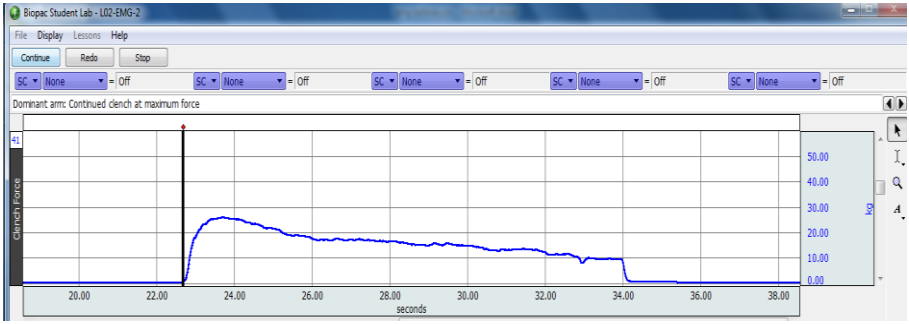
1. Kayıt için hazırlanınız.

   SEGMENT 1 - Motor birimlerin birikmesi:

2. **Journal** (kayıt sonu raporu) başlığı altında belirlenmiş artış seviyenizi not ediniz.
3. **Record** üzerine tıklayınız.
4. Sık-bırak-bekle işlemin yapınız ve artan sıkma kuvvetleriyle tekrarlayınız.
5. **Suspend** üzerine tıklayınız.
6. Ekrandaki verilere bakınız.
   - Doğru ise Adım 8'e gidiniz.
   - Yanlış ise Adım 7'ye gidiniz.
7. Verileriniz yanlış ise **Redo**'ya tıklayınız ve Adım 3-6'yı tekrarlayınız.

   SEGMENT 2 - Yorgunluk:

8. **Continue**'e tıklayınız.
9. Maksimum gücünüzle el dinamometresini sıkınız. Bu kuvveti not ediniz ve sürdürmeye çalışınız.
10. Ekranda gösterilen maksimum sıkma kuvveti %50'den fazla azaldığında **Suspend**'e tıklayınız.
11. Ekrandaki verileri inceleyiniz.
    - Doğruysa Adım 13'e gidiniz.
    - Yanlışsa Adım 12'ye gidiniz.
12. Verileriniz yanlış ise **Redo**'ya tıklayınız ve Adım 8-11'i tekrarlayınız.
13. **Stop**'a tıklayınız.



Şekil 1.2.4. Yorgunluk yanıtı kaydı

Eğer **Suspend'**e erken tıklanmışsa veya yönergeler doğru takip edilmemişse verileriniz yanlış olacaktır.

Redo'ya tekrar tıklayınız ve Adım 3-6'yı tekrarlayınız. Unutmayınız ki **Redo**'ya bir kez bastığınızda son olarak kaydettiğiniz bilgiler silinecektir.

Continue'a tıkladığınızda "Continued clench at maximum force" (en fazla kuvvetle sıkmaya devam) etiketli işaretleyici otomatik olarak araya girecektir ve kayıt kaldığı yerden devam edecektir.

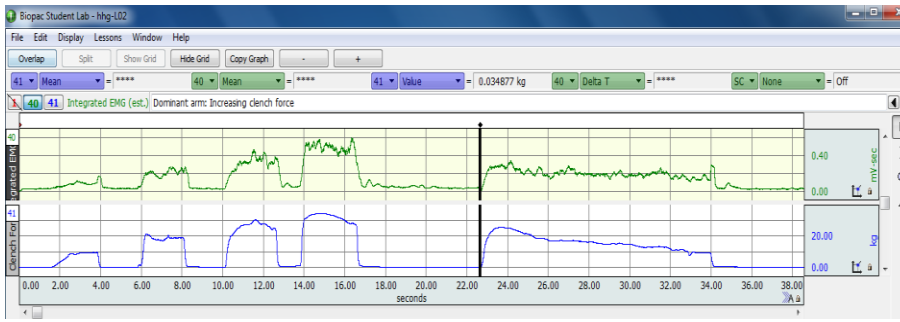
Kuvvetin %50 (maksimum kuvvet görüş dışına çıkabilir) azaldığını belirleyebilmeniz için maksimum sıkma kuvvetini not ediniz. Maksimum sıkma kuvvetini sürdürmeye çalışınız (önkol yorulacak ve kuvvet azalacaktır).

Maximum sıkma kuvvetinin %50 azalıp, yorgunluğun ortaya çıktığı süre bireyler arasında değişkenlik gösterebilir (Şekil 1.2.4.).

Suspend'e tıkladığınızda, kayıt işlemi iki no'lu segment verilerini incelemeye yeterli zamanı verecek şekilde durmalıdır.

Her şey yolunda giderse verileriniz Şekil 1.2.5.'e benzeyecektir.

Segment 2'nin başlangıcını takip eden ilk tepe değerinin maksimum sıkma kuvvetini temsil ettiğine dikkat ediniz.



Şekil 1.2.5. Motor birimlerin birikmesi ve yorgunluk kaydı

Bu durumlarda **Redo**'ya tıklayınız ve deneği dinlendiriniz ki kol kasları da dinlensin ve yorgunluk verileriniz anlamlı olsun. Hazır olduğunda Adım 8-11'i tekrarlayınız. Unutmayınız ki **Redo**'ya bir kez bastığınızda, son olarak kaydettiğiniz bilgiler silinecektir.

Stop'a bastığınızda, kaydı durdurmak istediğinizden emin olduğunuzu soran bir diyalog kutusu belirecektir. **Yes'**e tıklama veri kayıt segmentini sonlandıracak ve otomatik olarak verileri kaydedecektir. **No'**ya tıkladığınızda sizi tekrar "**Continue"** ve "**Stop"** seçeneklerine geri götürecektir. Bu, son kayıt segmentini tekrarlamaya ihtiyacınız olmadığını doğrulayan son bölümdür.

Yes'e tıkladığınızda program otomatik olarak yeni kaydedilmiş verileri ekli dosya adı uzantısı ile kaydeder.

SEGMENT - 3 EMG'nin kulaklıkla dinlenmesi:

14. EMG sinyallerini dinlemek istiyorsanız, Adım 15'e gidiniz veya dinlemeyi atlamak ve Ön kol 2'yi kaydetmek için Adım 20'ye gidiniz. Kaydı sonlandırmak istiyorsanız Adım 23'e gidiniz.
15. Denek kulaklıkları takar.
16. **Listen**'a tıklayınız.
17. Dinlerken değişik sık-bırak-bekle döngülerini deneyiniz ve ekranda verilerin nasıl değiştiğini izleyiniz.
18. **Stop**'a tıklayınız.
19. Tekrar dinlemek için **Redo**'ya tıklayınız.
20. Ön kol 2'ye tıklayınız veya her iki kolu da da kaydetmişseniz, Adım 23'e gidiniz.

21. “Ön kol 2”yi kaydetmek için elektrotları deneğin diğer koluna tutturunuz (Adım 5 ve Adım 6).
22. Ön kol 2 için tüm kalibrasyon bölümünün ve kayıt bölümünün buraya kadar olan kısmını tamamlayınız (Şekil 1.2.2).
23. **Done**’a tıklayınız.
24. Elektrotları ön koldan çıkarınız.

***Not**: EMG sinyalleri ses sinyallerine çevrilip dinlenebilmektedir. EMG sinyallerini dinlemek kastaki anormal durumları belirlemede değerli bir araç olabilir.*

Ekranda gösterilirken EMG sinyallerini kulaklıkta dinleyeceksiniz. Ekran üç kanalı gösterecek: CH 1 kuvvet, CH 2 EMG, CH 40 tümleşik EMG. Ekrandaki veriler kaydedilmeyecek, **Stop’**a basana kadar sinyal devam edecektir.

Laboratuvar grubunuzdaki diğer kişiler EMG sinyalini dinlemek istiyorlarsa **Stop**’a basmadan önce kulaklıkları onlara veriniz.

Önkol 2 (Forearm 2)’ye tıkladığınızda, program sizi kalibrasyon düzenine geri döndürecektir.

Elektrot ve elektrot uçlarının uygun yerleşimi için kurulum bölümüne bakınız.

Tüm kalibrasyon bölümünü tamamlayınız (önceki bölümde özetlenen) ve sonra tüm kayıt işlemlerini takip ediniz.

KAYNAKLAR

1. Biopac systems, Inc. MP36 Öğrenci Laboratuvar El Kılavuzu. Öveçler, Ankara: Commat Ltd. Biopac systems, Inc. Türkiye Genel Distribütörü. (www.commat.com.tr, www.biopac.com)
2. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.

BÖLÜM | 2

DOLAŞIM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

2.1. Kalp Kasının Uyarılma ve Mekaniksel Özelliklerinin Kurbağa Kalbinde Gösterilmesi

Dr.Sabriye Karadenizli Taşkın[1]
Dr.Elif Büşra Gökçen[1]
Dr.Hasan H. Gürbüz[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Öğrenim Hedefleri

Öğrenci bu dersin sonunda;

- *İn-situ* kurbağa kalp kasında pace-maker aktiviteyi, fizikokimyasal uyaranların (adrenalin, sıcak, soğuk, K, Ca) etkilerini açıklar,
- Sinus venosus ile sinoatriyal düğüm arasındaki ilişkiyi kurar,
- Eşik değer, hep-hiç yasası, refrakter dönem kavramlarını tanımlar.

Kurbağa kalp işlevlerinin *in-situ* incelenmesi:

Kalp vücuda kan pompalamaktan sorumlu hayati bir organdır. Memeli ve sürüngen kalbi farklı anatomik özellikler göstermesine rağmen fizyolojik çalışma prensipleri bakımından birbirine benzerdir. Kurbağa kalbi; düşük metabolizması, ince çeperli yapısı ve koroner kan damarlarının bulunmaması nedeniyle kalp fizyolojisini incelemek için ideal bir modeldir. İnsanlar gibi kurbağalar da kalp atışlarını başlatan, pacemaker hücreleri olarak adlandırılan özel hücre topluluklarına sahiptir. Bu hücre toplulukları kurbağalarda, insan sinoatriyal düğüme benzer bir yapı olan sinüs venosusda bulunur. Kurbağa kalbi anatomik olarak iki atrium ve bir ventrikülden

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

oluşmaktadır. Sinüs venosusda başlayan kasılma döngüsü, önce her iki atriyuma yayıldıktan sonra ventriküle geçer.

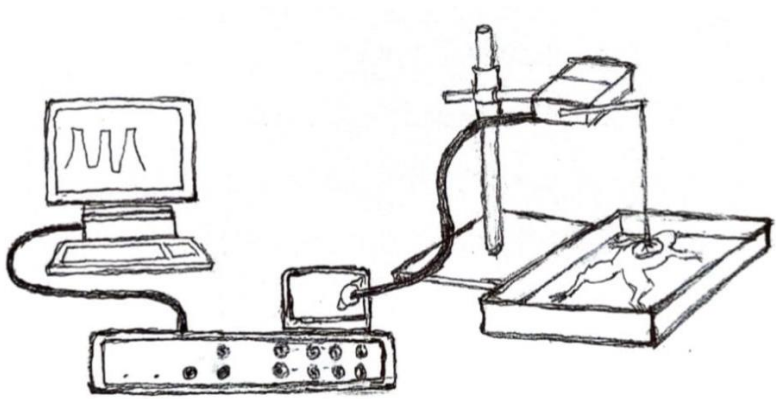
Kurbağa kalp işlevlerinin in-vitro incelenmesi laboratuvar dersi, kurbağa üzerinde yapılan deneyleri içeren videolar ile anlatılacaktır.

Araç - Gereçler:

Diseksiyon makası, pens, bistüri, toplu iğne, diseksiyon tablası, yazdırıcı sistem (bilgisayar), serfin, 25°C ısısında Ringer çözeltisi (sürüngenler için uygun ortamı sağlar), transdüser, stimülatör

Uygulama:

1. Kurbağanın ağzından bir makas yardımıyla girilerek gözlerin arkasındaki timpan zarların arkasından kesilir. Bu haldeki kurbağaya dekapite kurbağa adı verilir.
2. Uzun ve sivri bir aletle (stile gibi) kanalis vertebralise girilerek medulla spinalis tamamen tahrip edilir.
3. Kurbağa, diseksiyon tepsisine yatırılarak ekstremitelerinden sabitlenir. Karın kasları yanlara doğru kesilirek sternuma ulaşılır. Sternumun perikart bağlantısı kesilerek kalp açığa çıkarılır.
4. Serfin adı verilen kıskaç yardımıyla kalp apeksinden transdüsere bağlanır.
5. Kalp kontraksiyonları kaydedilir (Şekil 2.1.1.).



Şekil 2.1.1. *İn-situ* kurbağa kalbi preparatı ve bilgisayar düzeneği

Stannius Bağları:

Uygulama:

Normal kardiyogram veya mekanogramdaki deney düzeneği kullanılır (Şekil 2.1.1.).

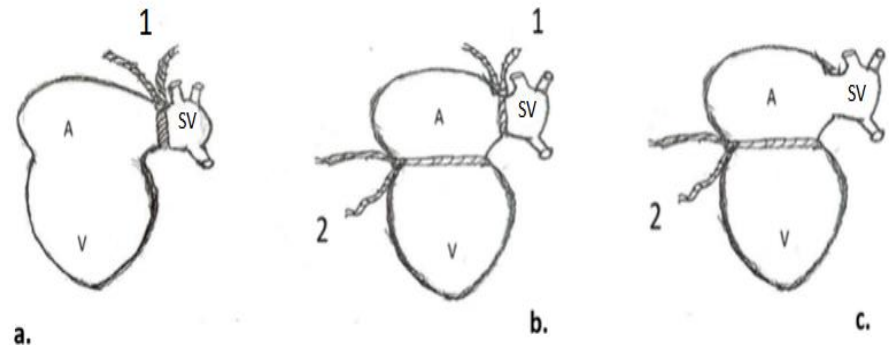
Manivelaya tutturulmuş kurbağa kalbinde sinus venosusla sağ atrium arası ip ile bağlanır (**Stanniusun birinci bağı**). Kalpte, sinus venosus ritmik faaliyetine devam ederken atrium ve ventrikül diyastolde durur.

Stanniusun birinci bağı ile nomotop eksitasyon merkezinin sinus venosusda olduğu deneysel olarak gösterilmiştir.

Birinci bağdan sonra atriyumla ventrikül arası ikinci bir iple bağlanırsa (**Stanniusun ikinci bağı**) atriyoventriküler alan mekanik etkiyle uyarılır ve ventrikül, yavaş bir ritimle çalışmaya başlar.

Stanniusun ikinci bağı ile heterotrop eksitasyon merkezinin atriyoventriküler düğümde olduğu deneysel olarak gösterilmiştir.

Birinci bağ konulmaksızın kalp, atriumlar ve ventriküller arasından geçen bir iple bağlanırsa (sadece Stanniusun ikinci bağı atılırsa) sinus venosusdaki nomotop eksitasyon merkezi etkisiyle atriumlar normal ritimde çalışır. Ventrikül ise atrioventriküler alandaki heteretrop eksitasyon merkezinin uyarılmasıyla daha yavaş bir ritimde çalışacaktır (Şekil 2.1.2.).



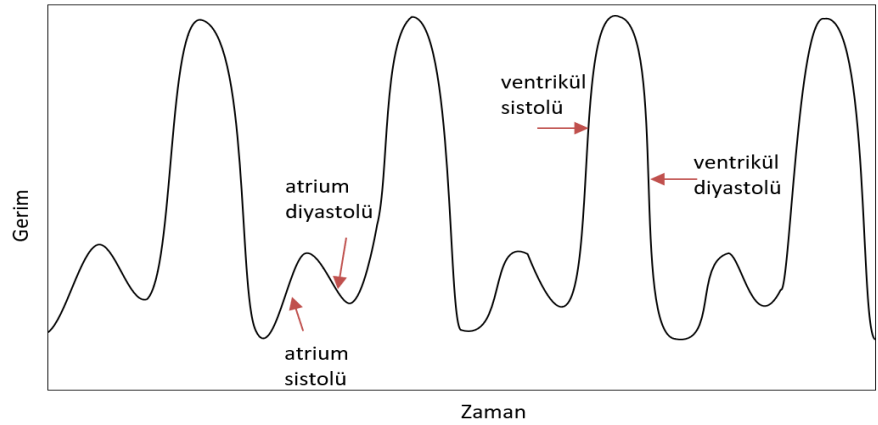
Şekil 2.1.2. a. Stannius'un birinci bağı (A: atrium, V: ventrikül, SV: sinüs venosus), **b.** Stannius'un birinci (1) ve ikinci bağı (2), **c.** Stannius'un ikinci bağı (2)

Eşik değer:

Kalp, sinus venosus ile sağ atrium arasından geçen bir iple bağlanır (Stannius'un birinci bağı).

Kalp yüzeyine stimülatöre bağlı elektrotlar yardımıyla giderek artan şiddette uyarılar verilir. Kalbin kasılma yanıtı oluşturduğu en düşük şiddet (voltaj) değeri, eşik değer olarak kaydedilir.

Giderek artan şiddetteki uyarılara kalbin verdiği yanıtlar, bilgisayar ekranında gözlenir. Eşik değerden sonra giderek artan uyaran şiddetine karşı kalp kasındaki yanıt eğrilerinin amplitüdleri değişmeyecektir.



Şekil 2.1.3. Kurbağa kalbinde normal mekanogram

Refrakter dönem ve dinlenme dönemi:

Normal mekanogram çizdirmek için hazırlanmış deney düzeneği kullanılır. Deney başlangıcında normal mekanogram eğrisi çizdirilir. Sonra kalp yüzeyine stimülatöre bağlı elektrotlar yardımıyla uyarı verilir. Kalbe mutlak refrakter dönemde uyarı verilecek olursa bu uyarılara yanıt alınamaz.

Kalbe rölatif refrakter dönemde uyarı verilecek olursa kalp bu uyarıya ekstra atımla (ekstrasistol) cevap verir.

Her ekstrasistolden sonra normal atım (yeni sistol) oluşana kadar geçen süreye ise kalbin **dinlenme (kompansatuar) dönemi** denir.

Isının kalp kasılması üzerine etkisi:

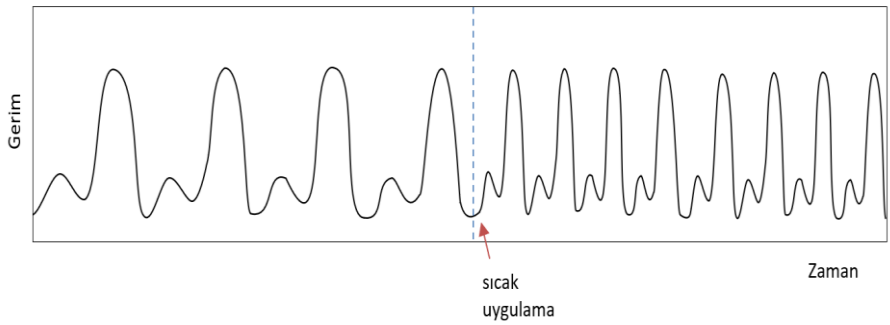
İzole kalp preparatında perfüzyon sıvısında meydan gelen ısı değişimleri kalp kasının kasılma özelliklerini etkilemektedir. Perfüzyon sıvısında ısı artışı kalp atışını hızlandırır. Ancak ısının azalması tam tersi kalp atım hızını yavaşlatacaktır. Vücut sıcaklığı kalp kası üzerine etkisini sinoatriyal düğüm aracılığıyla göstermektedir. Isının artmasıyla birlikte sinoatriyal düğümde metabolizma hızlanır ve bu durum kalp atım frekansının artmasına neden olmaktadır.

Araç - Gereçler:

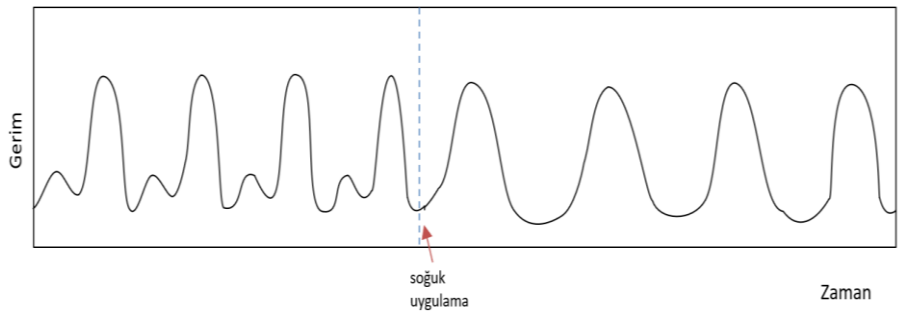
35-40°C'lik sıcak ringer çözeltisi, 4°C'lik soğuk ringer çözeltisi

Uygulama:

1. Öncelikle istirahat halinde kalbin mekanogram eğrisi kaydedilir.
2. Kurbağa kalbinin ısıdan etkilenen bölgesi olan sinus venosusa pipet aracılığıyla önce sıcak ringer çözeltisi damlatılır.
3. Sıcak uygulamasının kalp kası kasılması üzerine etkisini görebilmek için mekanogram kaydedilir (Şekil 2.1.4.).
4. Sıcak uygulamasından sonra oda ısısında ringer çözeltisi uygulanarak kalp ısısı dengelenir.
5. Dengeleme işleminden sonra sinus venosus üzerine soğuk ringer çözeltisi uygulanır.
6. Soğuk uygulamasının kalp kasının kasılması üzerine etkisini görebilmek için mekanogram kaydedilir (2.1.5.).



Şekil 2.1.4. Kurbağa kalp kasında sıcak uygulama sonrası mekanogram kaydı



Şekil 2.1.5. Soğuk uygulama sonrası mekanogram kaydı

Hep - hiç yasası:

Kalp kası eşik ve üstü tüm uyarılara aynı büyüklükte kasılma yanıtı verir. Bunun sebebi kalp kasındaki fonksiyonel sinsisyum oluşumudur. Eşik değerdeki bir uyarı maksimal yanıtı oluşturur, şiddeti artırmakla bu yanıt değişmez (Şekil 2.1.3.)

Araç - Gereçler:

Bilgisayar, amplifikatör, transduser, stimulator, diseksiyon tablası, ringer çözeltisi, ip

Birinci bağdan sonra duran kalbin üstüne elektrotlar ile stimülatörden 0 voltajdan başlayarak gittikçe artan uyarılar verilir, en düşük şiddet (eşik değer) saptanır. Voltaj eşikten daha yükseğe çıkartılarak kalbin cevabı gözlenir.

İyonların ve nörohormonların insitu kurbağa kalbindeki etkileri:

Kurbağa kalbine, vücut dışında iken bazı iyonların, ilaçların ve nörohormonların etkileri gözlemlenebilir.

Araç - Gereçler:

Ringer çözeltisi, adrenalin (1/10000), asetilkolin (1/10000), atropin (1/10000), %1 $CaCl_2$ (kalsiyum klorür), % 0,9 KCl (potasyum klorür)

Merkezi sinir sistemi etkisiz hale getirilen kurbağanın kalbi açığa çıkarıldıktan sonra adrenalin, asetilkolin, atropin, KCl, $CaCl_2$ sinüs venozusa damlatılır.

Adrenalin (epinefrin): Böbreküstü bezinden ve bazı nöronlardan salgılanan; kalbin hızını, kasılma kuvvetini, ileti hızını arttıran bir maddedir (Şekil 2.1.6).

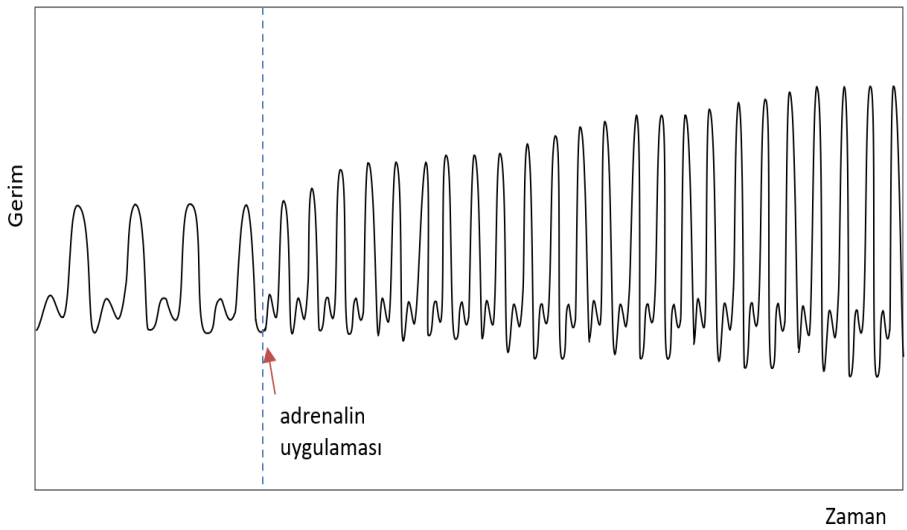
Asetilkolin: Kalpte muskarinik reseptörlere bağlanarak kalbin hızını azaltır (Şekil 2.1.7.).

Atropin: Asetilkolinin fizyolojik antagonisti olarak asetilkolinin reseptörlerine bağlanarak etkisini tersine çevirir ve kalbin hızını arttırır.

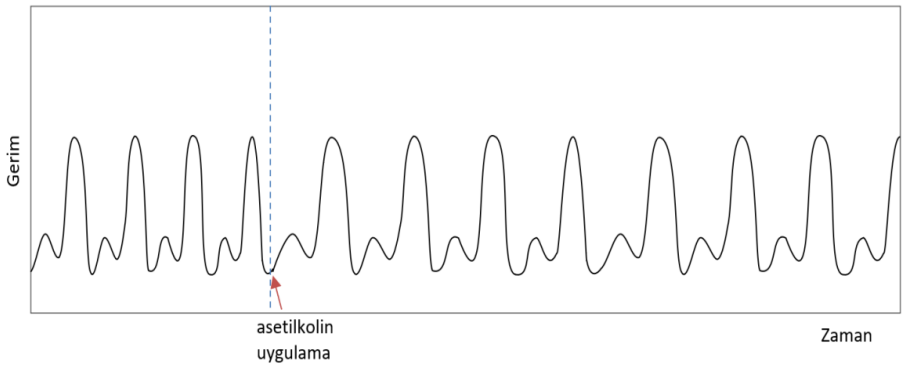
K^+: Hücre dışında potasyum konsantrasyonu arttığında kalp uyarılara yanıt veremez kasılma kuvveti azalır ve diyastolde kalp durabilir.

Ca^{+2}: Hücre dışında kalsiyum konsantrasyonu arttığında kalbin kasılma kuvvetinin arttırır.

Bir maddeden diğerine geçerken kalbin ringer çözeltisi ile yıkanması gerekmektedir (asetilkolin - atropin çifti dışında).



Şekil 2.1.6. Adrenalin uygulaması sonrası mekanogram kaydı



Şekil 2.1.7. Asetilkolin uygulaması sonrası mekanogram kaydı

KAYNAKLAR

1. Widmaier E. P., Raff H., Strang K. T. Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function .15th Edition. New York: McGraw – Hill Education; 2016.
2. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvar Uygulama Föyü; 2011.
3. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.
4. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
5. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.

2.2. İnsanda Kalp Sesleri, Nabız Sayısı, Kan Basıncı Ölçümü

Prof.Dr. Gül İlbay[1]
Dr. Öğr. Vildan Keleş Güler[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- İnsanda kalp seslerini dinleme odaklarını açıklayabilmeli,
- Kalp seslerini stetoskopla dinleyebilmelidir.

Kalp Sesleri

Laboratuvarda Gruplar:

Bu laboratuvarda öğrenciler kalp seslerini dinlemek için iki kişiden oluşan gruplar halinde çalışacaklardır.

Araç - Gereçler:

- Stetoskop
- Alkollü Pamuk

Hazırlık:

Bu uygulama için varsa kendi stetoskobunuzu getiriniz (Şekil 2.2.1.). Kendinize ait olan stetoskopların kalitesi daha iyi olacağından düşük şiddetli olan kalp seslerinin duyulması kolay olacaktır. Laboratuvardaki stetoskobu kullanacak iseniz kulağa yerleştireceğiniz kısımları alkollü pamuk ile siliniz ve kurumasına izin veriniz.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı



Şekil 2.2.1. Stetoskop ve kısımları

Kalp seslerinin daha iyi duyulabilmesi için dikkat edilecek noktalar:

- Ortamın yeterince sessiz bir ortam olması gerekmektedir.
- Kalp seslerinin kalitesini ve şiddetini belirleyeceğinden dolayı stetoskobun kulak parçasının ve diyaframının pozisyonuna dikkat edilmelidir. Dış kulak yoluna stetoskobun kulaklıkları ileri yönde açılı şekilde yerleştirildiğinde ses iletimi en iyi şekilde olacaktır.
- Stetoskop diyaframının göğüs duvarında hafif hareketi ile sesi netleştirebilirsiniz.
- Diyaframın doğrudan cilt üzerine yerleştirilmesi durumunda sesler en iyi duyulur. Bunun için giysilerin çıkartılması veya stetoskobun giysinin altına yerleştirilebilmesi gerekir.
- Stetoskop başlığı, cilt ile stetoskop arasında boşluk kalmayacak bir şekilde fakat mümkün olduğu kadar az basınçlı olarak iterek yerleştirilmelidir.

Birinci kalp sesi 'lap' (atriyoventriküler kapakların kapanma sesi):

Birinci kalp sesini duymak için stetoskobun diyaframını erkeklerde meme ucunun neredeyse hemen altındaki sol beşinci interkostal aralığa (mitral odak) yerleştirin.

Bu pozisyon, stetoskop diyaframını göğüs duvarına yakın olan kalbin apeksi üzerinde ortalayacaktır.

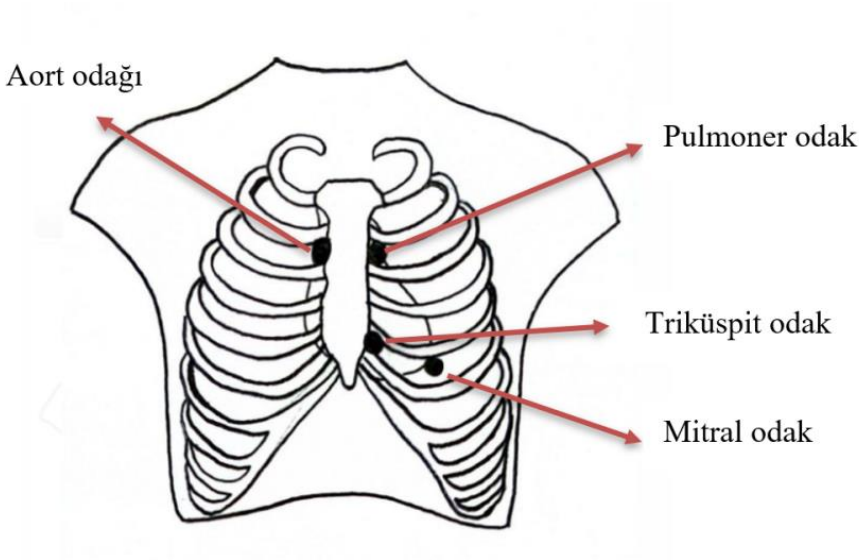
Stetoskop yatay olarak medial yönde sternumun sağ kenarına doğru hareket ettirildiğinde (5. interkostal aralıkta) atriyoventriküler kapağın (triküspid kapak) sesi duyulacaktır.

Her iki kapakçığın sesi de birinci kalp sesine katkıda bulunur, ancak triküspid odak triküspid kapağın katkısının daha iyi duyulabildiği odaktır (Şekil 2.2.2.).

İkinci kalp sesi 'dap' (aort ve pulmoner kapakların kapanma sesi):

İkinci kalp sesinin aort kapağı tarafından oluşturulan kısmını daha iyi duymak için stetoskobun diyaframını sternumun sağında ikinci interkostal aralığa (aort odağı) yerleştirin.

İkinci kalp sesinin pulmoner kapak tarafından oluşturulan kısmını daha iyi duymak için stetoskobun diyaframını sternumun solunda ikinci interkostal aralığa (pulmoner odak) yerleştirin (Şekil 2.2.2.).



Şekil 2.2.2. Kalp seslerini dinlemek için rutin stetoskop pozisyonları

Kalp Hızı (Nabız) Ölçümü

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Palpasyon ile nabız ölçümü yapabilmeli,
- Kalp hızının normal değerlerini tanımlamalıdır.

İnsanda dinlenim kalp hızı (nabız) ölçümü:

Normal dinlenim kalp hızı dakikada 60 ila 100 atım (ortalama 75 atım/dak) arasındadır. İyi antrene olmuş sporcuların kalp atım hızları aralığın alt ucunda olacaktır. Ritim genellikle düzenlidir ancak bazı kişilerde solunumsal kardiak aritmi görülebilir. Normal hızda nefes alan sağlıklı genç bireylerde solunumun değişik fazlarında kalp atım hızı değişiklik gösterir; nefes alırken hızlanır, nefes verirken ve özellikle solunumun derinliği artacak olursa yavaşlar.

Laboratuvarda Gruplar:

Bu laboratuvarda öğrenciler önce kendi kalp hızlarını ölçecekler sonrasında ikili gruplar halinde çalışacaklardır.

Hazırlık:

Kronometre: Bir dakika boyunca kalp hızı (nabız) ölçümü için gerekmektedir.

Kalp Hızının Saptanma Metodu

Radial nabız elle yoklama (palpasyon):

- Yer çekiminin ve egzersizin etkilerinden kurtulmak için en az beş dakika oturarak dinlenme yapılacaktır. Bu şekilde kalp hızı stabilize edilmiş olacaktır.
- Radyal nabzı palpe etmek için kişi, yazı yazmak için kullanmadığı elinin işaret ve orta parmaklarını (başparmağını değil), nabız hissedilene kadar yazı yazmak için kullandığı el bileğindeki radyal artere doğru hafifçe bastıracaktır (Şekil 2.2.3.).
- Kişi nabzı hissettiğinde 60 saniye boyunca sayım yapacak ve kalp hızını saptayacaktır.
- Bütün öğrencilerin bu sayımı yapması ve kayıt etmesi gerekmektedir.

- Sonuçları normokardi, bradikardi ve taşikardi açısından yorumlayınız.
- Öğrencilerin nabzın ritim ve dolgunluğuna da dikkat etmeleri gerekmektedir.



Şekil 2.2.3 Radyal nabız palpasyon

Uyarı: *Nabzı belirlemek için brakial, femoral, popliteal, tibialis posterior ve dorsalis pedis gibi diğer yüzeyel arterler de kullanılabilir. Ancak nabzı belirlemek için karotid arteri kullanmayın çünkü bu damar üzerindeki basınç karotid sinüste basınç yapacak, kan basıncında refleks düşüşe ve dolayısıyla kalp atış hızında azalmaya neden olacaktır.*

İnsanda Kan Basıncı Ölçümü

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Arteryel sistolik ve diastolik kan basıncını indirekt yolla ölçebilmeli,
- Kan basıncını ölçerken dikkat edilmesi gereken detayları açıklayabilmeli,
- Normal kan basıncı değerlerini tanımlamalıdır.

Kan basıncı, kalbin kanı pompalaması ile kanın arterlerin duvarlarına uyguladığı basınçtır; yani arter duvarlarına karşı kan akımı kuvvetinin bir ölçümüdür. Basınç kalbin her sistolü sırasında artar ve her diyastolde kalp kası gevşediğinde azalır. Ventrikül kasının kasılması sırasında en yüksek arteryel basınç oluşur ve sistolik basınç olarak adlandırılır. Diyastol sırasında

kalp istirahatte iken arteryel kan basıncı düşer. Bu istirahat dönemindeki en düşük basınç diyastolik basınç olarak adlandırılır.

Hem sistolik hem de diyastolik basınçlar hastanın kan basıncı durumunun değerlendirilmesi için kullanılır.

Laboratuvarda Gruplar:

Bu laboratuvarda öğrenciler kan basıncını ölçmek için beş kişiden oluşan gruplar halinde çalışacaklardır.

Araç - Gereçler:

- Stetoskop
- Tansiyon aleti
- Alkollü pamuk

Hazırlık:

Bu uygulama için varsa kendi stetoskop ve tansiyon aletlerinizi getiriniz. Laboratuvardaki stetoskobu kullanacak iseniz kulağa yerleştireceğiniz kısımları alkollü pamuk ile siliniz ve kurumasına izin veriniz.

Yöntem:

Kan basıncının koldan ölçümü:

- Yer çekiminin ve egzersizin etkilerinden kurtulmak için en az beş dakika oturarak dinlenme yapılacaktır. Bu şekilde kişinin kan basıncı stabilize edilmiş olacaktır.
- Kan basıncını aşağıda anlatıldığı şekilde ölçünüz ve kaydediniz.
- İlk olarak kişinin yazı yazmak için kullandığı kolunu kullanınız. Gerektiği takdirde diğer koldan da ölçünüz.

1. Adım

- Tansiyon aletinin manşonunun yerleştirildiği kolda radyal nabzı palpe etmek için, ikinci ve üçüncü parmaklarınızı kişinin bileğinin ön, yan yüzeyine, başparmağın tabanına yakın bir yere yerleştirin

Not: *Başparmağınızı kişinin nabzını almak için kullanmayınız.*

- Tansiyon aletinin manşonunu şişirdikçe radyal nabız kaybolacaktır (Radyal nabız manşon basıncı sistolik basınçtan yüksek olduğu zaman kaybolur).
- Manşon basıncı azaltılırken radyal nabız tekrar alınmaya (sistolik basıncın altına düştüğünde) başlanacaktır.
- Nabzın kaybolduğu ve ortaya çıktığı basınç değerlerini tansiyon aletinin göstergesinden elde ediniz.

2. Adım

Seslerin ortaya çıkışı:

- Tansiyon aletinin manşonu kişinin kolunda ve radyal arter nabzı hissedilirken manşonu hızlıca radyal nabzın kaybolduğu noktanın (birinci adımda saptadınız) 20 mm Hg üzerine kadar şişiriniz. Daha sonra tansiyon aletinin manşon basıncını saniyede 2-3 mm Hg hızında, tansiyon aletinin valfini ayarlayarak yavaş ama sabit bir şekilde azaltınız.
- Öğrenci radyal nabzın yeniden ortaya çıkmasını palpe edebilir. Aynı anda stetoskobun çanını antekübital fossaya hafifçe bastırarak, Korotkoff seslerini dinleyebilir; bu ses, radyal nabzın öğrenci tarafından palpasyonla hissedildiği basıncın 10 mm Hg'sı civarında ortaya çıkacaktır.
- Korotkoff seslerinin ilk duyulduğu basınca dikkat ediniz.

Seslerin kaybolması:

- Manşon basıncı azaltılmaya devam edilirken Korotkoff sesleri daha da yoğunlaşacak ve sonra aniden boğuklaşıp kaybolacaktır. Boğuklaşmanın ortaya çıktığı basınç ile sesin tamamen kaybolduğu basınç birbirine çok yakındır.
- Kan basıncı ölçümü amacıyla seslerin ortaya çıktığı ve kaybolduğu andaki basınç değerlerine dikkat ediniz.

Seslerin duyulduğu basınç sistolik kan basıncı ve kaybolduğu basınç diyastolik kan basıncı olarak adlandırılır. Sistolik ve diyastolik basınçları mmHg olarak not defterinize kaydediniz (Şekil 2.2.4).

Uyarı:

1. *Manşonu şişirdiğinizde arteri tıkamış ve kolun aşağı kısmına kan akışını durdurmuş olursunuz. Manşonu gerekenden daha fazla süre tamamen şişirilmiş halde bırakmayınız.*
2. *Stetoskoptan uygun seslerin elde edilmesi için gerekli olan durum, diyaframın arter üzerine çok sıkı bir basınç uygulamamasıdır. Diyafram üzerindeki ağır basınç bu seslerin uygun şekilde yükseltilmesine izin vermeyecektir.*
3. *Aynı ekstremitede tekrarlanan kan basıncı ölçümleri yapıldığında, her seferinde, manşonun havasını tamamen söndürün ve bir dakika bekleyin. Bu, normal akışın geri dönmesine olanak tanır.*



Şekil 2.2.4 Kan basıncının koldan ölçümü

Hesaplamalar:

1. Nabız Basıncı

Nabız Basıncı = Sistolik Basınç - Diyastolik Basınç

Nabız basıncı da mmHg olarak ifade edilir.

2. Ortalama Arteryel Kan Basıncı

Ortalama arteryel kan basıncı nabız basıncının 3'e bölünmesi ve diyastolik basıncın bu değere eklenmesi ile elde edilir.

Ortalama Arteryel Kan Basıncı = (Nabız Basıncı/3) + Diyastolik Basınç

Sonuçları normal değerler, hipertansiyon ya da hipotansiyon açısından yorumlayınız.

EK:

Kan Basıncı Ölçümü İçin Gerekli Detaylı Bilgiler

Kan basıncı anlık olarak değişebilir, kişi heyecanlandığında artabilir ve dinlenimde azalır. Kişiler bu nedenle kan basınçlarının ölçümlerinden önce bir süre dinlendirilir.

Kan Basıncını Nasıl Ölçersiniz?

Direkt ölçümler

Kan basıncının doğrudan ölçümü, bir kateterin artere yerleştirilmesini ve küçük çaplı bir borucuk aracılığıyla damardaki basıncı kaydeden bir manometreye bağlanmasını gerektirir. Ancak bu teknik, zor, karmaşık, riskleri olan bir tekniktir ve özel durumlarda hastanelerde yapılabilir.

İndirekt ölçümler

İndirekt (dolaylı ölçüm), kan basıncı manşonunun distalindeki arteryel nabzın palpe edilmesiyle ve/veya kan basıncı manşonunun distalindeki Korotkoff seslerinin oskültasyonuyla yapılabilir. Korotkoff sesleri arteryel akım, kısmen

bloke olduğunda açığa çıkar. Arteryel basıncı indirek olarak ölçmek için bir stetoskop ve basınç manometresine ihtiyacınız olacaktır.

Stetoskop

Kulaklarınızı vücudun üzerine dayayarak deriden gelen sesleri dinleyebilseniz de (Örneğin göğüs duvarı üzerinden kalp seslerinin duyulması), bu metod keskin bir duyma ve değerlendirme sağlayamaz. Çünkü çevre gürültüsü işitmeyi engeller. Bu nedenle seslerin saptanmasındaki genel metod (oskültasyon) bir stetoskobun kullanılmasıdır. Stetoskop sesleri kulaklara ilettiği için çevresel gürültü bloke olur. En iyi sonuçlar stetoskobun diyaframının kişinin derisine doğru sıkıca dayanmasıyla elde edilir.

Stetoskop, dinleme parçasından (diyafram ve/veya çandan) ve onu kulak parçalarına bağlamak için esnek plastik borudan oluşur (Şekil 2.2.1).

- Kulaklıkların uçları, kulak kanalının açısına uygun şekilde açılıdır. Böylece kulak parçaları kulaklara yerleştirildiğinde sesi dinleyicinin kulak zarına doğru yansıtacaktır.
- Diyafram, düşük perdeli sesleri filtreler ve arteryel sesler gibi yüksek perdeli sesleri tespit etmek için kullanılır. Çan kalp üfürümleri gibi düşük frekanslı sesleri tespit etmek için kullanılır.

Basınç manometresi

Basınç manometresi aşağıdakileri içerir:

- Basınç manşonu: İçinde şişirilebilir bir lastik kese bulunan geniş kumaş bant yani manşon.

Not: *Manşon çok küçükse, anormal derecede yüksek kan basıncı ölçümleri meydana gelebilir ve manşon çok büyükse kan basıncında düşük ölçümler yapılabilir.*

- Keseyi hava pompasına ve manometreye bağlayan tüpler
- Keseyi şişirmek için elle tutulan bir hava pompası (puar)
- Basınç manometresi (cıvalı veya aneroid basınç ölçer)
- Biz laboratuvarımızda her ikisini de kullanacağız (Şekil 2.2.5.).



Şekil 2.2.5. Cıvalı (sol) ve aneroid (sağ) tansiyon aleti ve kısımları

Cıvalı manometreler: Bu tip tansiyon aletlerinde bir cam tüp içindeki cıva sütununun yüksekliği kese içindeki basıncı gösterir. Bu tip tansiyon ölçerler en doğru olanlardır.

Diğer bir yaygın alet aneroid manometre tipi basınç göstergesidir; bu, laboratuvarda daha çok kullanılacak tiptir.

Arteryel sesler

Stetoskopla duyulan arteryel sesler Korotkoff sesleri olarak adlandırılır.

Sesler sessiz bir odada, kan basıncı ölçüm aşamalarında bir stetoskop aracılığıyla duyulabilir. Çok boğuk davul vuruşlarına benzerler. Bu nedenle dikkatli dinlemeniz gerekmektedir. Sesler stetoskopun diyaframının arter üzerinde bulunan antekübital boşluğa yerleştirilmesiyle duyulabilir.

Pozisyon

Tansiyon aleti ayakta duran, oturan veya yatan bir kişi üzerinde kullanılabilir ve kan basıncı değerleri sağ veya sol koldan alınabilir.

Ayakta veya oturma pozisyonunda, manşonun yerleştirildiği ekstremite, hatalı düşük okumayı önlemek için kalbe eşit bir seviyede konumlandırılmalıdır.

Kişi oturuyorsa kolu masanın üzerine, sandalyenin koluna, kucağına veya tansiyonu ölçen kişinin ön kolunun üzerine yerleştirilmelidir.

Kişi ayakta duruyorsa kolu yan tarafta gevşek olmalıdır.

Yatarken kol düz ve kişinin yattığı yüzeyde rahat olmalıdır.

Manşonun yerleştirilmesi

Manşondan çıkan tüpler antekübital boşluğun üzerinde olmayacak şekilde manşonu üst kolun üzerine yerleştiriniz.

Manşon üzerinde genellikle brakiyal arterin üzerine hizalanması gereken bir ok bulunur ve oku arterin üzerine yerleştiriniz.

Manşonu kola takarken, omuz ile dirsek arasında orta noktaya yerleştirildiğinden emin olunuz.

Manşonun alt kısmı, antekübital boşluğun yaklaşık 2,5 cm üzerinde olmalıdır. Manşon, kolun çevresine çok sıkı olmayacak şekilde takılmalı, ya manşonun iç kısmındaki kendinden yapışkanlı şeritlerle ya da manşonun üzerindeki metal kancalarla sabitlenmelidir.

Manşonun şişirilmesi ve söndürülmesi

Stetoskobun kulak parçalarını kulaklarınıza yerleştiriniz. Bir elinizle stetoskop başlığını manşonun hemen altına ve antekübital boşluğun üzerine yerleştiriniz.

Stetoskop başlığı sıkı bir şekilde fakat mümkün olduğu kadar az basınçla ve cilt ile stetoskop arasında boşluk kalmayacak şekilde uygulanmalıdır.

Diğer elinizle manşonu şişirmeye başlayınız.

Manşonu şişirmek için puar üzerindeki hava serbestleştirici valfi kapatmalısınız. Bu valf başparmak ve işaret parmağı arasında, puar ise avuç içinde tutulmalıdır.

Puarı sıkarak manşondaki keseyi şişirdiğinizde manometre (gösterge) üzerindeki iğnenin harekete başladığını fark edeceksiniz.

Manşonun altında kalan radyal arter üzerinde bulunan parmak uçlarınızla nabzın hangi noktada durduğunu tespit edebileceksiniz. Üzerine 20 mmHg daha şişirin ve daha sonra valfi saat yönünün tersine çevirerek manşetin havasını yavaşça tamamen indiriniz. Bu esnada kişinin hareketsiz kalması gerekir. Ayrıca havanın boşalması sırasında iğnenin hareket hızının saniyede 2-5 mmHg'yi geçmemesi gerekmektedir. Havayı boşaltma hızının kontrollü olması kan basıncını doğru ölçebilmek için şarttır.

Eş zamanlı olarak arterin üzerine yerleştirdiğiniz stetoskobunuzda sesleri dinleyiniz.

Korotkoff sesleri

- Manşonun havası söndükçe kan akışı tekrar artere doğru başlayacaktır.
- Daha önce açıklandığı gibi stetoskobu arterin üzerinde tutarak dikkatlice dinleyin; ilk ses son derece zayıftır (boğuk bir gümbürtü).
- Bu sesi duyduğunuzda göstergeyi okuyun, göstergedeki değer sistolik basınçtır.
- Manşonun havası daha fazla söndükçe, sesler daha da şiddetlenecek ve gümbürtüye dönüşecektir.
- Kan akışı arttıkça sesin şiddeti azalarak kaybolacaktır (kan akımı laminar akıma dönüşecektir). Bu kaybolma dikkatlice dinlenecektir. Seslerin kaybolduğu değer diyastolik basınçtır.
- Sesler kısmen daralmış bir arterden kanın geçmesinden kaynaklanır. Sesler, arterdeki kanın manşon bölgesinden ilk kez geçmesiyle başlar, manşon basıncının azaldığı süre boyunca devam eder ve son olarak arter tüm kalp döngüsü boyunca açık kalabildiğinde kaybolur.

Sistolik kan basıncının belirlenmesi

- İlk olarak sistolik basınç saptanır. Ventriküler kas kasıldığında ve sistemik basınç en yüksek değerine yükseldiğinde alınır.
- Manşondaki hava basıncı, arterdeki basınçtan daha düşük bir değere düştüğünde, arter bir miktar açılır ve arteryel (Korotkoff) sesler duyulmaya başlar.
- Sistolik basınç, ilk vuruş sesinin ardışık en az iki atım boyunca duyulduğu değerdir. Bu esnada iğnenin kadran üzerindeki konumunu not edin ve sistolik basıncı kaydedin.

Diyastolik kan basıncının belirlenmesi

- İkinci olarak diyastolik ölçüm ventriküler kas gevşediğinde ve basınç düştüğünde alınır.
- Diyastolik basınç, arterin tamamen açık olması nedeniyle sesin kaybolduğu değerdir.
- Kan basıncı, ilk olarak en yüksek basınç değeri (sistolik) ve sonra en düşük basınç (diyastolik) değeri olacak şekilde kaydedilir. Elde ettiğiniz değer yazılır, örneğin 120/80 mmHg gibi.

KAYNAKLAR

1. Barret K. E., Barman S. M., Brook H. L., Yuan J. Ganong's Review of Medical Physiology. 26th edition. New York: McGraw-Hill; 2019.
2. Capman R.A., Howard L., Tunstall J. Experiments in Physiology. The Palmer Biosciences 400 Series Washinton Oscillographs Aplications Manual; 1998.
3. Fox S. I. ve Rompolski K. Human Physiology. (15th edition). New York: McGraw-Hill; 2019.
4. Loğoğlu G. Fizyoloji Laboratuvar Kılavuzu, Adana: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; 1994.
5. Lowell D. ve Neudeck A. Laboratory Manual for Human Physiology. New York: McGraw-Hill; 1998.
6. Rhoades R.A. ve Tanner G.A. Medical Physiology. (2nd edition). Pensilvanya: Lippincott Williams & Wilkins; 2004.
7. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.
8. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.

2.3. İnsanda Elektrokardiyografi (EKG)

Prof. Dr. Gül İlbay[1]
Dr. Öğr. Vildan Keleş Güler[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Kalpteki elektriksel olayları değerlendirebilmek için EKG çekebilmeli,
- EKG üzerindeki dalga, interval ve segmentleri tanımlayabilmeli,
- Kalp ritmini belirleyebilmeli ve kalp hızını hesaplayabilmeli,
- Kalbin ortalama elektriksel eksenini çizebilmelidir.

Elektrokardiyogram (EKG) kalbin elektriksel aktivitesinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. EKG, kalbin elektriksel aktivitesi sonucu, kalp kasının depolarizasyon ve repolarizasyon döngüsünden kaynaklanan potansiyel değişikliklerin vücut yüzeyinden bir kaydıdır. Bu aktivite, deri üzerindeki belirli noktalara yerleştirilen elektrotlar ile kaydedilir.

BIOPAC bilgisayarlı kayıt sistemi (data acquisition sistem) (MP 36) bu laboratuvarda bize unipolar elektrotlar kullanarak deri üzerindeki tek bir nokta ile sıfır potansiyel arasındaki veya bipolar elektrotlar kullanarak iki nokta arasındaki potansiyel farkı ölçmemizi sağlar. Aynı zamanda klinikte kullanılan EKG cihazı ile de kayıtlama yapılacaktır (Şekil 2.3.1.).

Uygulama:

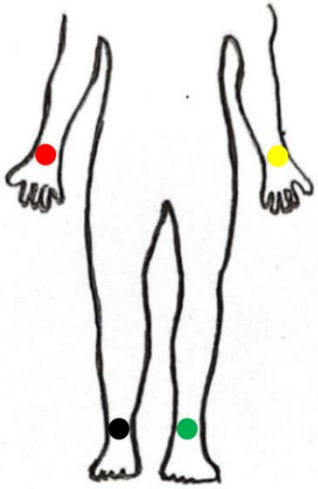
İyi bir elektrik teması sağlamak için elektrot jelini kullanarak deri elektrotlarını şekilde gösterildiği gibi kişiye yerleştiriniz.

Her bileğin palmar yüzeyine bir elektrot, ayak bileğinin hemen üzerindeki her bacağın iç yüzeyine bir elektrot takılmalıdır (Şekil 2.3.2.). Diğer elektrotlar göğüs duvarı üzerindeki belirli noktalara yerleştirilecektir (Şekil 2.3.3.). Daha sonra EKG kayıtları başlatılacaktır.

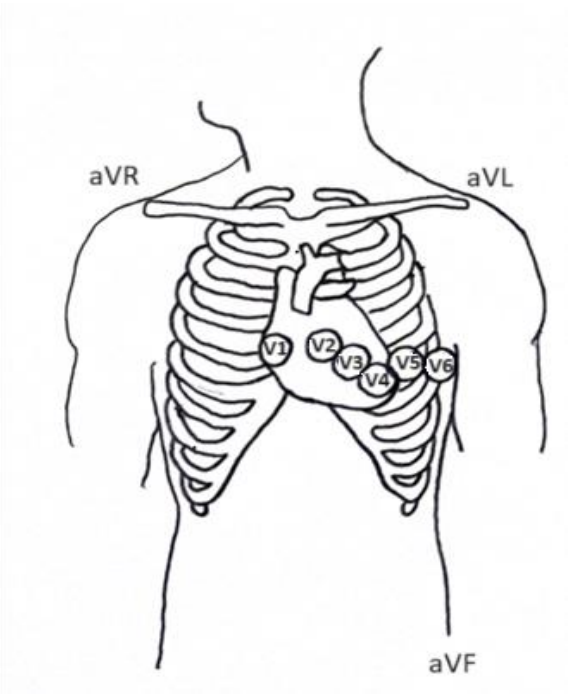
[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı



Şekil 2.3.1. Klinikte kullanılan EKG cihazı



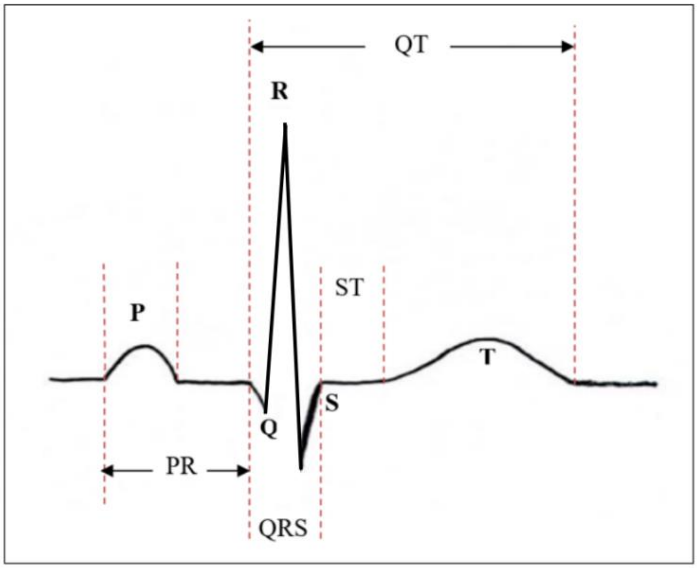
Şekil 2.3.2. Konvansiyonel EKG elektrot yerleşimleri:
Sağ kol kırmızı elektrot
Sol kol sarı elektrot
Sol bacak yeşil elektrot
Sağ bacak siyah (toprak-ground) elektrot



Şekil 2.3.3. Unipolar ekstremite ve göğüs EKG elektrotlarının yerleşimleri:
V1: 4.interkostal aralıkta sternumun hemen sağında;
V2: 4.interkostal aralıkta sternumun hemen solunda;
V4: 5.interkostal aralıkta orta klavikula çizgisi üzerinde;
V3: V2 ve V4'ün arasında ortada;
V5: 5.interkostal aralıkta ön koltuk altı çizgisi üzerinde;
V6: 5.interkostal aralıkta orta koltuk altı çizgisi üzerinde.

EKG farklı derivasyonlarda karmaşık dalga şekillerinden oluşsa da kalpte buna yol açan elektriksel değişiklikler, I. Derivasyonda P, Q, R, S ve T dalgaları olmak üzere en az 5 farklı dalga kaydına neden olur. EKG kaydederken P, R, T dalgaları izoelektrik çizgiye göre yukarı veya pozitife doğru saptanır. Q ve S dalgaları aşağı doğru veya negatife doğru saptanır (Şekil 2.3.4.).

Uyarının kalp üzerindeki yayılımının hem büyüklüğü hem de yönü olduğundan, pozitif bir sapma elektrota yaklaşan depolarizasyonu veya elektrottan uzaklaşan repolarizasyonu belirtirken, negatiflik bunun tersini gösterir. Sonuç olarak elektrot yerleri değiştiğinde dalgaların izoelektrik hattan aşağı ya da yukarı hareket şeklindeki kayıtları da değişecektir.



Şekil 2.3.4. EKG dalgaları bazı önemli interval ve segmentler

Normal bir elektrokardiogramdaki dalgalar, bazı önemli interval ve segmentlere eşlik eden kalp olayları şöyledir:

P dalgası: Atriyal depolarizasyon

QRS kompleksi: Ventriküler depolarizasyon

T dalgası: Ventriküler repolarizasyon

PR interval: Uyarının SA düğümden AV düğüme geçmesi için geçen süre

ST segmenti: Ventrikül depolarizasyonu tamamlanmış yani izoelektrik hat

QT interval: Ventriküler depolarizasyon + ventriküler repolarizasyon

Elektrot Grupları:

Bipolar ekstremite derivasyonları

DI, Sağ kola negatif ve sol kola pozitif elektrot

DII, Sağ kola negatif elektrot ve sol bacağa pozitif elektrot

DIII, Sol kola negatif ve sol bacağa pozitif elektrot

Bipolar ekstremite derivasyonları iki ekstremite arasındaki potansiyel farkı verir.

Unipolar ekstremite derivasyonları

aVR, Araştırıcı elektrot sağ kolda

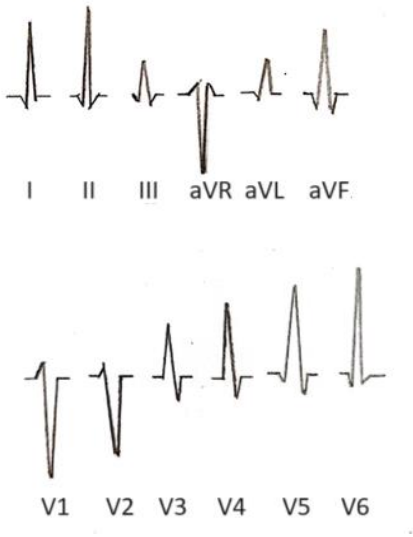
aVL, Araştırıcı elektrot sol kolda

aVF, Araştırıcı elektrot sol bacakta

Unipolar göğüs derivasyonları

V1'den V6' ya kadar sıralanan araştırıcı elektrotlar göğüs duvarı üzerindedirler. Bir unipolar derivasyon, bir araştırıcı elektrot ve bir referens input (indiferent elektrot) arasındaki potansiyel farkı verir.

I., II. ve III. derivasyonda kaydedilen dalgaları karşılaştırın; QRS kompleksinin genliğindeki (amplitüd) farklılıklara dikkat edin (Şekil 2.3.5.).



Şekil 2.3.5. Ekstremite (üst) ve göğüs (alt) derivasyonlarında kaydedilen EKG dalga formlarındaki değişiklikler

Unipolar derivasyonların aVR, aVL ve aVF kayıtları incelendiğinde çeşitli sapmalar hala görülebilse de kutupları tersine dönebilmektedir. Bu değişiklikleri kalbin normal uyarılma yolu açısından düşünün ve anlamaya çalışın. Göğüs elektotları, aktif elektrotun konumundan beklenebileceği gibi

daha büyük bir amplitüd ile mevcut tüm özellikleri bir kez daha göstermektedir.

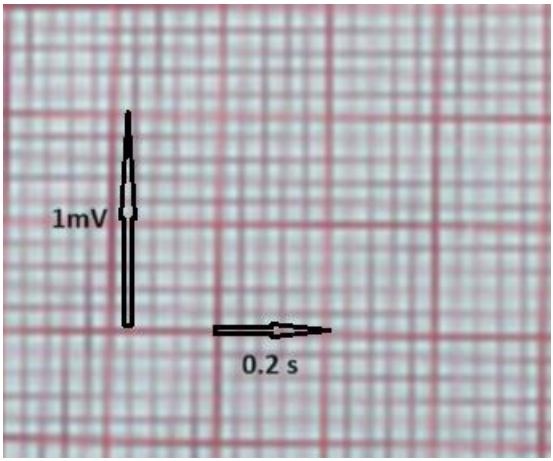
EKG'de kalp atım hızının hesaplanması

Dakikadaki ventrikül sistolü sayısı: 60 /R-R (sn) = 1500/R-R (mm)

Normal Kalp Ritmi

Normal insan kalbinde her kalp atımı SA düğümden kaynaklanır (**normal sinüs ritmi**). Normal sinüs ritminde P dalgası normal QRS kompleksi tarafından takip edilir. P-R ve Q-T intervalleri normaldir ve R-R intervali düzenlidir.

Not. Elektrokardiogramın bütün hekimler tarafından aynı doğrulukla yorumlanabilmesi için standart milimetrik bir kağıda, standart bir kalibrasyonla kaydedilmesi gerekir. Bu kayıtlar genellikle standart kayıt hızı (25 mm/sn) ve amplifikasyonda (1 mV=1 cm) yapılır (Şekil 2.3.7.).



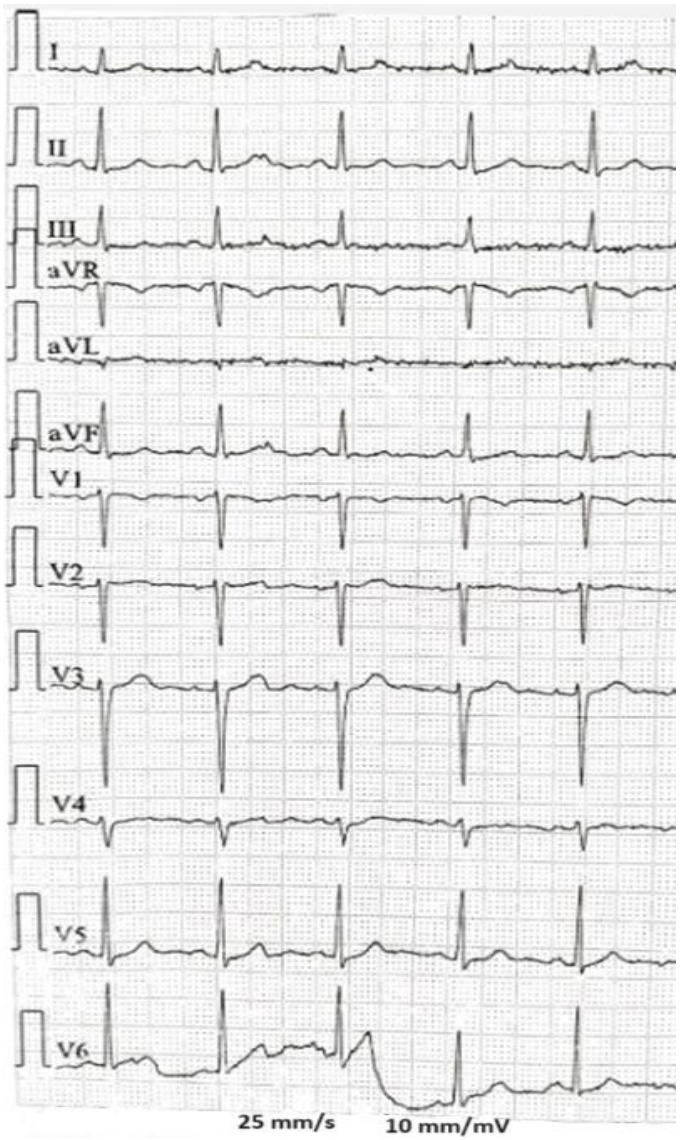
Şekil 2.3.6. Standart kayıtta kullanılan milimetrik kağıdın örneği

Standart kayıtta kullanılan milimetrik kağıdın örneği yukarıdaki şekilde görülmektedir (Şekil 2.3.6.).

Bu kağıt üzerindeki düşey mesafeler voltaj değerlerini, yatay mesafeler ise zamanı temsil eder.

Voltaj: 1 mV = 10 küçük kare = 1 cm

Zaman: 0.04 saniye = 1 küçük kare = 1 mm
1 sn = 5 büyük kare = 2.5 cm



Şekil 2.3.7. Normal EKG

Kalbin Elektriksel Ekseni

Elektrokardiyogram tarafından kaydedilen potansiyel farklılıklar, kalbin depolarizasyonları ve repolarizasyonları yayılırken oluşan akım değişikliklerinden kaynaklanır.

Herhangi bir derivasyondaki kayıt, kalbin elektrik ekseni boyunca herhangi bir anda akan akımın büyüklüğüne ve yönüne bağlı olarak gerçekleşir.

Kalbin elektrik ekseni kalp döngüsü boyunca değiştiğinden, döngünün ortalama elektrik eksenini hesaplamak olağandır; bu, ventriküler depolarizasyon piki olan R dalgasının eksenidir.

Ortalama elektrik eksenini hesaplamak için I, II ve III numaralı üç derivasyonun bir eşkenar üçgenin kenarlarını oluşturduğu varsayılır. Bu eşkenar üçgen Einthoven Üçgeni olarak bilinir (Şekil 2.3.8.).

Her kenarın bir yönü vardır, yani pozitiften negatife, bu da kabloların polaritesine karşılık gelir.

Sıfır potansiyel kenarın tam merkezindedir. Sıfır noktasından kenarlara dik açıyla çizilen çizgi üçgenin merkezinde kesişir. Bu noktanın kalbin elektrik merkezi olduğu varsayılmaktadır.

Kalp aktif iken elektriksel eksenini belirlemek için herhangi iki ekstremite derivasyonundaki R dalgasının genliği ölçülür (mm olarak).

Bu genlik daha sonra üçgendeki ilgili derivasyonların kenarına yansıtılır.

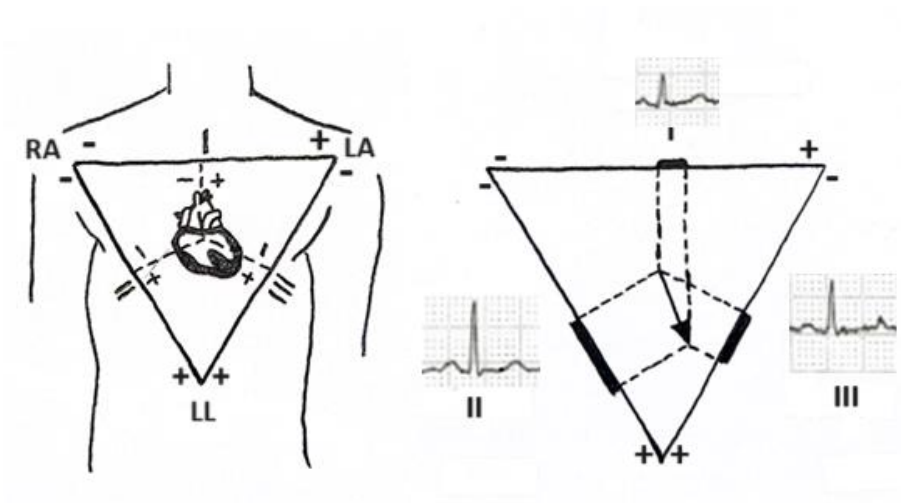
Maksimum sapma noktasına dik olarak çizilen çizgiler yine üçgenin içinde kesişecektir.

İki kesişim noktasını kalbin elektriksel merkezine birleştiren çizgi, kalbin ortalama elektrik ekseninin büyüklüğünü ve yönünü verecektir. Bir açı ölçer ile vektörün açısı ölçülebilir. Kalbin normal elektriksel ekseni 0-90 derece (ortalama 60) arasındadır.

Kalbin elektriksel ekseninin değişimine yol açabilecek durumları ve bu değişikliklerin çeşitli derivasyonlardaki elektrokardiyografik komplekslerde nasıl değişikliklere yol açabileceğini tartışınız.

Ayrıca bu incelemede üçüncü derivasyondaki R dalgasının amplitüdünü tahmin etmenin mümkün olduğunu da fark etmelisiniz. Einthoven yasasına göre I. ve III. derivasyonlardaki voltajların toplamı II. derivasyon voltajına eşittir.

Örnek:



Şekil 2.3.8. Einthoven üçgeni (sol) ve kalbin ortalama QRS ekseninin hesaplanması (sağ). RA:sağ kol, LA:sol kol ve LL:sol bacak.

DI' de Q = -1 mm, R = 5 mm, S = 0 mm; Cebirsel toplam:4

DII' de Q = 0 mm, R = 10 mm, S = 0 mm; Cebirsel toplam:10

DIII' de Q = -1 mm, R = 8 mm, S = -1 mm; Cebirsel toplam:6

DI+DIII= DII

4mm+6mm=10mm

Not: *Pratik uygulamamız sırasında EKG örneklerinde ortalama QRS eksenini hesaplamanız için milimetrik Einthoven üçgeni örnek kağıdı verilecektir.*

KAYNAKLAR

1. Barret K. E., Barman S. M., Brook H. L., Yuan J. Ganong's Review of Medical Physiology. (26th edition). New York: McGraw-Hill; 2019.
2. Biopact Student Laboratory Manual. www.biopac.com.

3. Capman RA, Howard L, Tunstall J. Experiments in Physiology. The Palmer Biosciences 400 Series Washinton Oscillographs Aplications Manual; 1998.

4. Fox S. I. ve Rompolski K. Human Physiology. 15th edition. New York: McGraw-Hill; 2019.

5. Loğoğlu G. Fizyoloji Laboratuvar Kılavuzu, Adana: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; 1994.

6. Lowell D. ve Neudeck A. Laboratory Manual for Human Physiology. New York: McGraw-Hill; 1998.

7. Rhoades R.A. ve Tanner G.A. Medical Physiology. 2nd edition. Pensilvanya: Lippincott Williams & Wilkins; 2004.

8. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.

9. Uçak D. Elektrokardiyografi. 4. Baskı. İstanbul: ALFA Basım Yayım Dağıtımı; 1997.

10. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.

2.4. Kardiyovasküler sistemin egzersize uyumu

Prof. Dr. Nurbay Ateş[1]
Dr. Sabriye Karadenizli Taşkın[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Kardiyovasküler sistemin egzersize uyumunu değerlendirmek için yapılan testleri açıklar,
- Kardiyovasküler fonksiyon testini uygular ve değerlendirir,
- Schneider testini uygular ve değerlendirir.

Kardiyovasküler sistemde, egzersiz sırasında çalışan kasların metabolik talepleri karşılamak için çeşitli uyum mekanizmaları gelişmiştir. Bu değişiklikler oksijen dağıtımını optimize etmek, hayati organlara kan akışını ve fiziksel aktiviteyi sürdürmek için gereklidir. Egzersize uyum süreçleri, kardiyovasküler sağlığı iyileştirmek ve performansı artırmak için gereklidir.

Egzersiz sırasında kardiyovasküler sistemde önemli değişiklikler olmaktadır. Çalışan kaslara daha fazla kan akışı sağlamak için kalp hızı artar, egzersiz yoğunluğu ile birlikte kalp debisi artar. Kalbin kasılma yeteneğinin ve venöz dönüşün artmasıyla birlikte kalp atım hacmi de artar.

Egzersiz sırasında aktif kaslarda kan damarları, kan akışını ve oksijen dağıtımını artırmak için genişler, bu genişlemede nitrik oksit gibi lokal metabolik yan ürünler etkili olmakla birlikte, sempatik sinir sistemi de etkilidir. Kan akışı çalışan kaslara doğru yönlendirilir ve metabolik aktiviteyi destekler. Kılcal damarlar boyunca oksijen difüzyonu kolaylaşır.

Kardiyovasküler sistemin egzersize uyumunu değerlendirmek için kardiyovasküler fonksiyon testi ve Schneider index testi uygulanmaktadır.

Kardiyovasküler fonksiyon testi, fiziksel aktivite sırasında kardiyovasküler sistemin egzersize uyumunu değerlendirmek için kullanılan basit bir testtir. Testin uygulanması sırasında dakikada nabız sayısı istirahat döneminde,

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

yüklenme egzersizinin hemen sonrasında ve egzersiz sonrası dinlenme döneminde ölçülmektedir.

Schneider indeks testi; kalp, solunum ve otonom sinir sisteminin egzersiz sırasında uyumunun değerlendirildiği bir testtir. Bu test ile kişinin fiziksel kondisyonu hakkında kabaca bilgi vermektedir.

Kardiyovasküler fonksiyon testi

Araç - Gereçler: Dakikada nabız sayısı ölçümü için kronometre

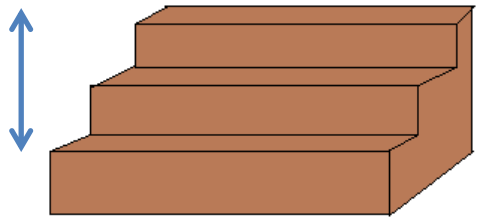
Uygulama:

1. Teste başlarken öncelikle denek 5 dakika dinlendirilir ve dakikada nabız ölçülür (N1).
2. Deneğin 30 saniye içerisinde 30 kere alçak çömelme hareketinin yapılması istenir (yüklenme egzersizi).
3. Yüklenmeden hemen sonra ayakta dakikada nabız sayısı ölçülür (N2).
4. Denek dinlendirilerek yüklenmeden 1 dakika sonra dakikada nabız sayısı tekrar ölçülür (N3).
5. Ölçülen dakikada nabız sayılarını kullanarak, formül aracılığı ile indeks değeri belirlenir. Indeks değeri deneğin kardiyovasküler uyum ile ilgili performansı hakkında bilgi vermektedir (Tablo 2.4.1.).

İndeks formülü: (N1+N2+N3-200) / 10

Tablo 2.4.1. Kardiyovasküler fonksiyon testi indeks tablosu

İndeks	Performans (Kardiyovasküler uyum)
<0	Çok iyi
0-5	İyi
5-10	Orta
11-15	Zayıf
15>	Yetersiz



Şekil 2.4.1. Schneider testinde kullanılan merdiven örneği (yükseklik 50 cm, genişlik 100 cm)

Schneider indeks testi

Araç - Gereçler: 50 cm yükseklikte 3 basamaklı merdiven, tansiyon aleti, sedye, dakikada nabız sayısının ölçümü için kronometre

Uygulama:

1. Öncelikle deneğin sedyede yatar durumda istrahat halinde sistolik kan basıncı ve dakikada nabız sayısı ölçülür.
2. Daha sonra denek kaldırılarak ayakta sistolik kan basıncı ve dakikada nabız sayısı ölçülür.
3. Ölçümlerden sonra deneğe 15 saniye içinde 3 basamaklı merdivene 5 kere çıkıp inerek orta şiddette egzersiz uygulanır.
4. Egzersizden hemen sonra, 15 saniye içerisinde tekrar dakikada nabız sayısı ölçülür.
5. 3-5 dakikalık aralıklar ile nabız sayısının egzersiz öncesine dönme süresi belirlenir. Kaydedilen değerler Schneider indeks tablosunda değerlendirilir ve puanlar hesaplanır (Tablo 2.4.2.). Schneider indeks testi performans değerlendirme tablosuna göre egzersize uyum yorumlanır (Tablo 2.4.3.).

Sorular:

- Kardiyovasküler sistemin egzersize uyumu neden önemlidir?
- Kalp dolaşımı fonksiyon testinde hangi parametreleri değerlendiririz?
- Schneider testinde değerlendirme sonucu 2 puan alan bir kişinin performansını nasıl yorumlarsınız?

Tablo 2.4.2. Schneider indeks tablosu

İstirahatte dakikada nabız sayısı		**Ayakta dakikada nabız sayısı artışı**				
Sayı	Puan	0-10 vurum puan	11-18 vurum puan	19-26 vurum puan	27-34 vurum puan	35-42 vurum puan
50-60	3	3	3	2	1	0
62-70	3	3	2	1	0	-1
71-80	2	3	0	-1	-1	
81-90	1	2	1	-1	-2	-3
91-100	0	1	0	-2	-3	-3
101-110	-1	0	-1	-3	-3	-3
Ayakta dakikada nabız sayısı		**Egzersizden 15 sn sonra ölçülen nabız sayısı artışı**				
Sayı	Puan	0-10 vurum puan	11-20 vurum puan	21-30 vurum puan	31-40 vurum puan	41-50 vurum puan
60-70	3	3	3	2	1	0
71-80	3	3	2	1	0	0
81-90	2	3	2	1	0	-1
91-100	1	1	1	0	-1	-2
101-110	1	1	0	-1	-2	-3
111-120	0	1	-1	-2	-3	-3
121-130	0	0	-2	-3	-3	-3
131-140	-1	0	-3	-3	-3	-3

Nabız sayısının normale dönme süresi (sn)		**Ayakta sistolik basınç değişimi**	
Sayı	Puan	mmHg değişim	Puan
0-30	3	8> artış	3
31-60	2	2-7 artış	2
61-90	1	Hiç artış yok	1
91-120	0	2 ile 5 azalma	0
120'den sonra (2-10 sn artış)	-1	6'dan fazla azalma	-1
120'den sonra (11-30 sn artış)	-2		

Tablo 2.4.3. Schneider indeks testi performans değerlendirme tablosu

Değerlendirme tablosu	Performans (Egzersize uyum)
17-18 puan	Çok iyi
14-16 puan	İyi
8-13 puan	Yeterli
7<	Zayıf

KAYNAKLAR

1. https://www.guresdosyasi.com/testler.html
2. Arıcı R., Kurt İ., Erfidan H., Dalçınar H., vd. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi 1. Sınıf Öğrencilerinin Kardiyovasküler Performanslarının Kardiyovasküler Uyum Testi (Schneider Testi) İle Değerlendirilmesi. Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi. 2019; 1(1), 15-18.
3. Yiğit R., İşoğlu-Alkaç Ü., Üçok M.D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2003.
4. Yaşar S. Antrenman Bilgisi. Nobel Akademik Yayıncılık; 2006.

BÖLÜM | 3

KAN FİZYOLOJİSİ

3.1. Uyarı ve Önlemler

- Kan fizyolojisi pratik dersleri sırasında invaziv işlem yapılacağından yaralanma ve kontaminasyon riskine karşı dikkatli olunmalıdır.
- Uygulama boyunca beyaz önlük düğmeleri kapatılmalı, mutlaka her iki ele de eldiven takılmalıdır.
- Kan alınacak bölge işlemden önce mutlaka %70'lik alkol ile temizlenmelidir.
- Kan gibi vücut sıvıları ile temas eden malzemeler (lanset, enjektör, kapiller tüp, lam vb) steril şekilde kullanılmalı ve sterilliği bozulduysa (Örn. lansetin ucu herhangi bir yüzeye temas ederse) kontaminasyon riski nedeniyle tekrar kullanılmamalı yenisiyle değiştirilmelidir.
- Kan ve kan ürünleri ile temas eden eldivenler çıkarılarak temizleri takılmalıdır.
- Uygulama sonunda kesici ve delici olabilecek aletler (lanset gibi) sarı renkli kesici ve delici tıbbi atık kutusuna, diğer malzemeler (pamuk, eldiven gibi) kırmızı renkli tıbbi atık kutusuna atılmalıdır.
- Uygulamanın sonunda eller sabunla yıkanmalı veya antiseptik solüsyonla temizlenmelidir.

3.2. Kan Alma Yöntemleri

Prof.Dr. Deniz Şahin[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Laboratuvarda kan ve kan ürünleri ile çalışma prensiplerini uygular.

a. Kapiller kan alma yöntemi

Araç- Gereçler:

- Alkol (%70'lik)
- Pamuk
- Lanset

Uygulama:

1. Kapiller kan alımı için el parmak ucu veya kulak memesi tercih edilebilir. Kan alınacak bölge alkollü pamukla temizlenir ve kuruması beklenir.
2. Lanset steril şekilde açılır ve işlem boyunca sterilite koşullarına uygun hareket edilir.
3. Kan alınacak noktaya dik bir açıyla ve yeterli kesi derinliği oluşturacak şekilde lanset batırılıp çekilir.
4. Çıkan ilk kan damlası kuru pamukla silinir. Sonrasında oluşan yeni damla uygulamada kullanılır.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

b. Venöz kan alma yöntemleri

❖ **Enjektör ile kan alma**

Araç - Gereçler:

- Alkol (%70'lik)
- Pamuk
- Turnike
- Enjektör

Uygulama:

1. Kolda kan alınacak bölgenin yaklaşık 15 cm üzerinden turnike yapılır. Kişiye elini açıp kapaması veya yumruğunu sıkması söylenir. Böylece kanın venlerde göllenmesi sağlanmış olur.
2. Kübital bölgede belirginleşen venler palpasyonla kontrol edilerek uygun ven seçilir. Kan alınacak bölgedeki deri gerilerek ven sabitlenir, alkollü pamukla silinir ve kuruması beklenir.
3. Enjektörün iğnesi kan akımı yönünde ve 15-20 derecelik açı ile cilde batırılır. Biraz ilerledikten sonra enjektörün açısı arttırılarak vene girilir.
4. Enjektör ucu sabit tutularak piston yavaşça geri çekilir ve kan enjektöre alınır.
5. Kan alımı bittikten sonra, iğne venden çıkarılmadan turnike çözülür.
6. Kuru pamukla iğnenin cilde giriş yeri kapatılır ve iğne çıkarıldıktan sonra bölgeye birkaç dakika basınç uygulanır.
7. İşlem bittikten sonra enjektörün iğnesi kesici delici tıbbi atık kutusuna atılır.

❖ **Vakumlu tüp ile kan alma**

Araç - Gereçler:

- Alkol
- Pamuk
- Turnike
- Vakumlu tüp iğnesi
- Vakumlu tüp
- Vakumlu tüp adaptörü

1. Kolda kan alınacak bölgenin yaklaşık 15 cm üzerinden turnike yapılır. Kişiye elini açıp kapaması veya yumruğunu sıkması söylenir. Böylece kanın venlerde göllenmesi sağlanmış olur.
2. Kübital bölgede belirginleşen venler palpasyonla kontrol edilerek uygun ven seçilir. Kan alınacak bölgedeki deri gerilerek ven sabitlenir, alkollü pamukla silinir ve kuruması beklenir.
3. Vakumlu tüp adaptörüne takılı iğne kan akımı yönünde ve 15-20 derecelik açı ile cilde batırılır. Biraz ilerledikten sonra iğne ucunun açısı arttırılarak vene girilir.
4. İğne vende sabit tutulurken vakumlu tüp, adaptörün lastik kaplı bölümüne takılır.
5. Kan vakum etkisi ile tüpe dolmaya başlar.
6. Yeterli miktarda kan alındıktan sonra tüp adaptörden çıkarılır.
7. İğne venden çıkarılmadan turnike çözülür.
8. Kuru pamukla iğnenin cilde giriş yeri kapatılır ve iğne çıkarıldıktan sonra bölgeye birkaç dakika basınç uygulanır.
9. İşlem bittikten sonra vakumlu tüp iğnesi kesici delici tıbbi atık kutusuna atılır.

Not: *Venöz kan alma uygulaması laboratuvar dersi sırasında yapılmamaktadır.*

3.3. Kan Alma Tüplerinde Kullanılan Antikoagülanlar

Heparin: Heparin 1ml'de 500 ünite olacak şekilde serum fizyolojikle sulandırılarak kullanılır. Kan alınmadan önce enjektör içine heparin çözeltisi çekilip boşaltılırsa enjektörün çeperini kaplayan heparin pıhtılaşma engelleyici olarak işlev görür.

Kalsiyum bağlayarak etki gösteren antikoagülanlar:

Sodyum sitrat: Bir birim %3.8'lik Na-sitrat dört birim kan ile karıştırılarak kullanılır.

Etilendiamintetraasetat (EDTA): 1 mg EDTA 1 ml kanın pıhtılaşmasını önler. 1 g EDTA ile 100 mg kullanılarak oluşturulan çözeltinin 0.5 ml'si, 5 ml kanın pıhtılaşmasını önler.

Potasyum oksalat: %20'lik çözeltisi hazırlanarak kullanılır. 0,1 mL potasyum oksalat çözeltisi 10 mL kanın pıhtılaşmasını önler.

Plazma: Pıhtılaşması önlenmiş kan 3000-3500 devirde 10-15 dk santrifüj edilerek plazma elde edilir.

Serum: Pıhtılaşması önlenmemiş kan 3000-3500 devirde 10-15 dk santrifüj edilerek serum elde edilir. Plazmadan farklı olarak serumda fibrinojen tükenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
2. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvar Uygulama Föyü; 2017.
3. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.
4. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.

3.4. Alyuvar – Akyuvar Sayım Yöntemleri

Dr. Sabriye Karadenizli Taşkın[1]
Dr. Hasan H. Gürbüz[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Lökosit ve eritrosit sayımı için gerekli malzemeleri tanır.
- 1 mm3 kanda lökosit ve eritrosit hücrelerini sayabilir.
- Hemositometre yöntemi ile hücre sayma tekniklerini kullanabilir.
- Çeşitli hemositometre (Thoma, Neubauer, Improved Neubauer) kamaralarındaki sayma alanlarının nasıl kullanılacağını açıklar.
- Boyanmamış hücrelerin sayımı için mikroskop hazırlığını yapar.
- Hücre sayımlarına özgü sulandırma yöntemlerini uygular.

Hemositometri yöntemiyle, 1 mm^3 kanda eritrosit ve lökosit sayımı yapılır. Bu yöntemle hücre sayımı yapılabilmesi için belli bir oranda sulandırılan kan örnekleri, yükseklik ve alana göre hacmi belli olan kamaralara yüklenir. Aralarında küçük farkların olduğu çeşitli hücre sayma kamaraları (*Thoma, Neubauer, Improved Neubauer, Bürker lamı, Spencer lamı, Levy-Hausser lamı* vb.) bulunmaktadır. Sayma kamaraları üzerinde derin oluklar ile ikiye ayrılmış iki dikdörtgen alandan oluşan, sayma alanlarının bulunduğu kısımların yanı sıra hacim için gerekli yüksekliği oluşturacak sütunlar bulunmaktadır. Sütunlar sayma alanının bulunduğu orta kısımlar ile lamel arasında 0,1 mm derinlik oluşturmaktadır. Sayma kamaraları ışığa doğru tutulduğunda dikdörtgenler içerisinde sayma alanlarının bulunduğu (+) işareti görülmektedir. (+) işaretinin ortasında bulunan 1 mm^2'lik sayma alanları ışık mikroskobunun 4X objektifi kullanılarak görülmektedir (Şekil 3.4.1.).

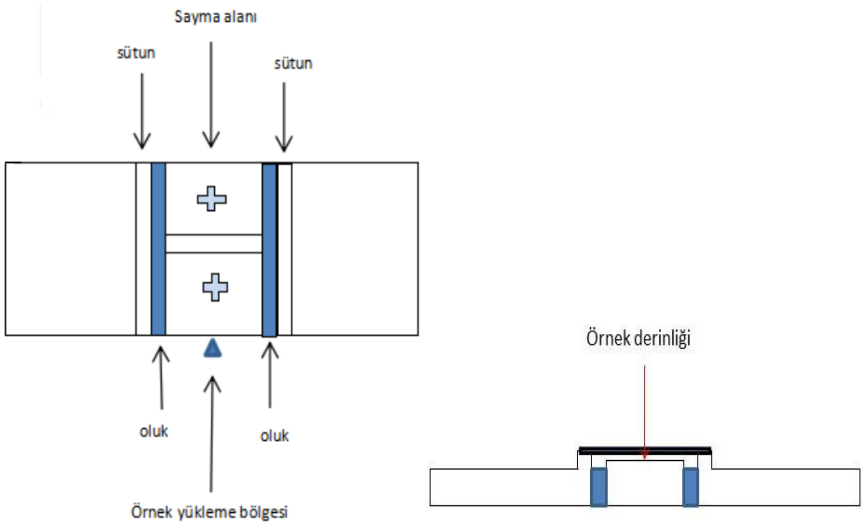
Laboratuvarımızda günümüzde hala kullanılan *Thoma* lamı ve *geliştirilmiş (improved)* Neubauer sayma kamaraları bulunmaktadır. Her iki sayma kamarasının özellikleri bakımından bazı farklar bulunmasına rağmen, ortak özellikleri ortada büyük boy karenin 1 mm^2 ve en küçük boy karelerin 1/400

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

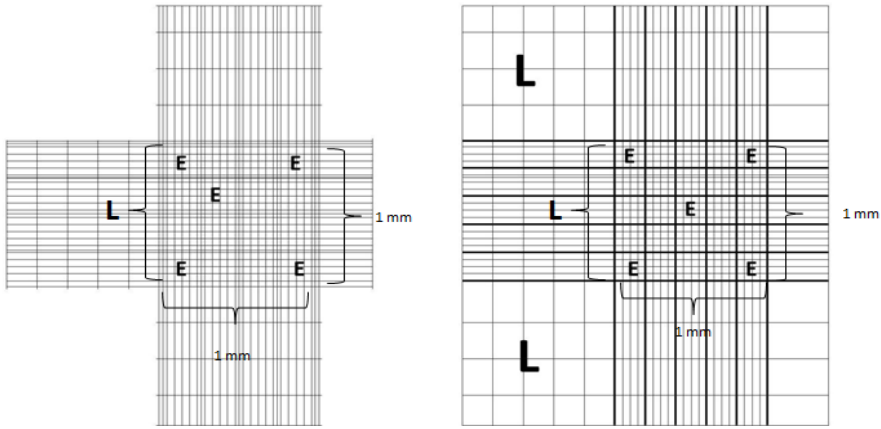
mm^2 olmasıdır. Kolaylık olması açısından sütun yüksekliği ve en küçük boy karenin alanı sayma kamarası üzerinde belirtilmiştir.

Thoma lamında, ortadaki 1 $mm^{2'}$lik alan 16 orta boy kareye bölünmüştür (4X büyütmede). Her orta boy kare 25 adet küçük boy karelerden oluşmuştur. Her küçük karenin alanı 1/400 $mm^{2'}$dir. L harfi ile gösterilen alanlarda lökositler, E harfi ile gösterilen alanlarda eritrositler sayılır (Şekil 3.4.2.a).

Geliştirilmiş (improved) Neubauer lamı, ortadaki 1 $mm^{2'}$lik alan 25 adet orta boy kareye bölünmüştür (4X büyütmede). Her orta boy kare 16 küçük boy kareden oluşmuştur. Her küçük karenin alanı 1/400 $mm^{2'}$dir. L harfi ile gösterilen alanlarda lökositler, E harfi ile gösterilen alanlarda eritrositler sayılır (Şekil 3.4.2.b).

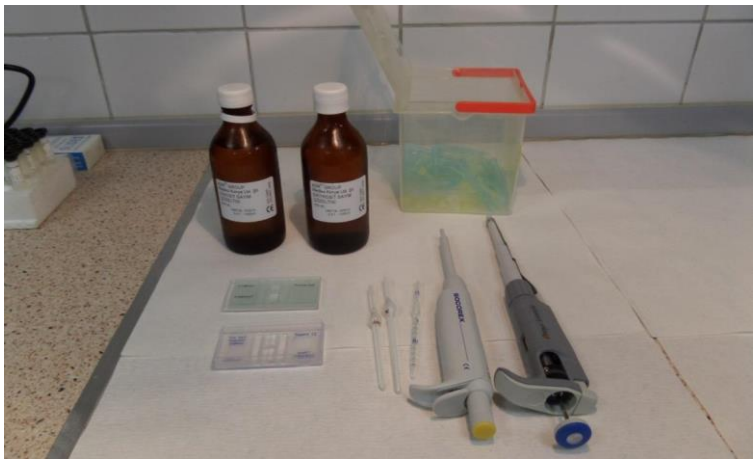


Şekil 3.4.1. Sayma kamarasının özellikleri



Şekil 3.4.2. *Thoma* lamı (solda), *Improved Neubauer* lamı (sağda)

Kan sayımı yapabilmek için öncelikli olarak sayılacak hücrelerin eldesi için uygun çözeltiler kullanılmalıdır. Eritrositlerin sulandırılması için Hayem ya da Gower çözeltisi kullanılırken, lökositler için Truck çözeltisi kullanılmaktadır. Hücrelerin sayımı için özel pipetler kullanılır. Eritrosit sayımı için kullanılan pipetin şişkin kısmında kırmızı renkte boncuk vardır, lökosit sayımı için beyaz renkte boncuk bulunan pipetler kullanılır (Şekil 3.4.3.). Eritrosit ve lökosit için kullanılan çözeltiler manuel hazırlanabildiği gibi hazır ticari ürünleri de bulunmaktadır.



Şekil 3.4.3. Eritrosit ve lökosit sayımı için gerekli malzemeler

***Not**: Eritrosit ve lökosit sayımı için kullanılan pipetlerde kanın, hortum aracılığıyla ağızdan çekilerek alınması kontaminasyon açısından risk oluşturmaktadır. Bu nedenle pratikte hijyen açısından daha güvenilir olan otomatik pipetler kullanılacaktır.*

Araç - Gereçler:

- Sayma kamaraları: Geliştirilmiş N*eubauer* ya da *Thoma* lamı,
- Otomatik pipetler (50 µl'lik ve 1000 µl'lik) ve pipet uçları,
- Ependorf tüpü (1000 µl'lik), ependorf tüplerine uygun spor,
- Eritrosit ve lökosit sulandırma çözeltileri,
- Mikroskop,
- Eritrosit sulandırma pipeti (kırmızı boncuklu-geniş hazneli), lökosit sulandırma pipeti (beyaz boncuklu)

Boyanmamış hücrelerde mikroskop hazırlığı

- Boyanmamış hücreleri sayabilmek için, ışığın şiddetini ve yoğunluğunu düzenlemek üzere kondansatör ayarlanır ve diyafram kapatılır (diyafram gelen ışığı kısar-kontrastı sağlar, kondansatör de ışık demetini kırarak preparat üzerinde toplar hücreler daha görünür hale gelir).
- Hazırladığınız sayma kamarasının bozulmaması için tablayı önce objektife yakın bir pozisyona getirerek, görüntüyü bulmak için tabla yavaş yavaş aşağı indirilmelidir.

Uygulama:

❖ **Eritrosit sayımı**

1. Eritrosit sayım pipeti kullanılarak 0,5 çizgisine kadar kan, 101 çizgisine kadar eritrosit sayım çözeltisi çekilerek 200 kat sulandırılır (1 çizgisine kadar kan, 101 çizgisine kadar eritrosit sayım çözeltisi çekilerek 100 kat da sulandırılabilir). Bu laboratuvarda hijyen açısından eritrosit sulandırma pipeti yerine aşağıda belirtildiği şekilde sulandırma prosedürü uygulanmaktadır.
2. 1000 µl eritrosit sayım çözeltisi pipet aracılığı ile ependorf tüplerine aktarılır.
3. 5 µl kan pipet aracılığı ile eritrosit çözeltisi içerisine aktarılır. Böylece kan 200 kat sulandırılmış olur.

4. Hücre süspansiyonu hafifçe alt-üst edilerek kanın çözelti içerisinde homojen dağılması sağlanır (opak bir sıvı oluşur).
5. Sayma kamarası hazırlanır, sayma kamarası üzerinde bulunan sütunlar hafifçe ıslatılarak, üzerine temiz lam konulur. Böylece 0,1 mm yükseklik oluşmuş ve 1 $mm^{3'}$ lük hacim sağlanmış olur.
6. Hücre süspansiyonundan pipet aracılığı ile 10 µl alınarak sayma kamarasına yüklenir.
7. Kapiller etki ile oluşan sıvı hareketinin tamamlanması için bir iki dakika kadar beklenir.
8. Mikroskopta önce 4X büyütme ile sayma kamarasının ortasında yer alan (+) şeklindeki sayma alanı belirlenir, 10X büyütme ile sayma alanı merkeze alınır (bu büyütmede ortada yer alan 1 $mm^{2'}$lik alan görülür).
9. 40X büyütme ile eritrosit hücreleri küçük boy ya da orta boy karelerde sayılır (bu büyütme ile orta boy kareler görülür).
10. Birbirinden uzak noktalardan yaklaşık 8-10 küçük boy kare ya da 5 orta boy kare sayılarak hesaplama yapılır.

Hesaplama:

Hücre sayısının hesaplanması "**1 mm^3 kanda hücre sayısı =** sayılan hücre sayısı **x** (1/sayımın yapıldığı hacim) **x** sulandırma katsayısı" formülü ile yapılabilir.

- 1/25 $mm^{2'}$lik alanlardan birbirinden uzak 5 bölge sayılıp ortalaması alınır, önce 1 $mm^{2'}$ye tamamlanır (x25), $mm^{3'}$te hacim hesabı için 1/yükseklik (x10) ile son olarak sulandırma katsayısı (100 ya da 200) ile çarpılır, 1 mm^3 kanda eritrosit sayısı hesaplanmış olur.

Örnek:

1/25 $mm^{2'}$lik 5 alanda sayılan eritrosit sayıları sırasıyla; 101, 107, 102, 111 ve 126'dir. 1 mm^3 kanda eritrosit sayısı kaçtır?

1/25 $mm^{2'}$lik alanda ortalama eritrosit sayısı=
(101+107+102+111+126)/5=109,4

Sayımın yapıldığı hacim= sayımın yapıldığı alan X yükseklik= 1/25 X 1/10=1/250 mm^3.

1 mm^3 kanda eritrosit sayısı= hücre sayısı X (1/hacim) X sulandırma katsayısı= 109,4 X 250 X 200= 5.470.000 eritrosit/mm^3.

❖ **Lökosit sayımı**

1. Lökosit sayım pipeti kullanılarak 0,5 çizgisine kadar kan, 11 çizgisine kadar lökosit sayım çözeltisi çekilerek 20 kat sulandırılır (1 çizgisine kadar kan, 11 çizgisine kadar lökosit sayım çözeltisi çekilerek 10 kat da sulandırılabilir). Bu laboratuvarda hijyen açısından lökosit sulandırma pipeti yerine aşağıda belirtildiği şekilde sulandırma prosedürü uygulanmaktadır.
2. 100 µl lökosit çözeltisi pipet aracılığı ile ependorf tüplerine aktarılır.
3. 5 µl kan pipet aracılığı ile lökosit çözeltisi içerisine aktarılır. Böylece kan 20 kat sulandırılmış olur.
4. Hücre süspansiyonu hafifçe alt-üst edilerek kanın çözelti içerisinde homojen dağılması sağlanır. Lökositlerin sayılabilmesi için çözelti ile eritrositler parçalanır ve ortaya çıkan hemoglobinden dolayı kahverengi bir sıvı oluşur.
5. Sayma kamarası hazırlanır, sayma kamarası üzerinde bulunan sütunlar hafifçe ıslatılarak, üzerine temiz lam konulur. Böylece 0,1 mm yükseklik oluşmuş ve 1 mm^3' lük hacim sağlanmış olur.
6. Hücre süspansiyonundan pipet aracılığı ile 10 µl alınarak sayma kamarasına yüklenir.
7. Kapiller etki ile oluşan sıvı hareketinin tamamlanması için 1-2 dakika kadar beklenir.
8. Mikroskopta önce 4X büyütme ile sayma kamarasının ortasında yer alan (+) şeklindeki sayma alanı belirlenir, 10X büyütme ile sayma alanı merkeze alınır, bu büyütmede ortadaki 1 mm^2'lik alan görülür.
9. Ortada yer alan 1 mm^2'lik alanda 10X büyütmede iken sayım yapılır.

Hesaplama:

- Hücre sayısının hesaplanması "**1 mm^3 kanda hücre sayısı =** sayılan hücre sayısı **x** (1/sayımın yapıldığı hacim) **x** sulandırma katsayısı" formülü ile yapılabilir.
- 1 mm^2'lik alanların her ikisi de sayılarak ortalaması alınır. Böylece 1 mm^2'nin tümü sayılmış olur, mm^3'te hacim hesabı için 1/yükseklik (x10)

ile, son olarak sulandırma katsayısı (10 ya da 20) ile çarpılır, 1 mm^3 kanda lökosit sayısı hesaplanmış olur.

Örnek:

1 mm^2'lik 2 alanda 55 ve 52 lökosit sayılmıştır. 1 mm^3 kanda lökosit sayısı kaçtır?

1 mm^2'lik alanda ortalama lökosit sayısı= (55+52)/2=53,5

1 mm^3 kanda lökosit sayısı = hücre sayısı X (1/sayımın yapıldığı hacim) X sulandırma katsayısı

1 mm^3 kanda lökosit sayısı = 53,5 X (1 / 1 X 1 0) X 20= 53,5 X 10 X 20 = 10700 lökosit/ mm^3

KAYNAKLAR

1. Tanalp R., Uzalp B. Fizyoloji Pratik Ders Kitabı. Ankara: Eczacılık Fakültesi, Ankara Üniversitesi Yayınları; 1975.
2. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvar Uygulama Föyü; 2011.
3. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.
4. Loğoğlu G. Fizyoloji Laboratuvar Kılavuzu. Adana: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; 1994.
5. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.

3.5. Hct ve Hb ölçümü ve Alyuvarlarda osmotik direnç, kan gruplarının tayini

Dr. Sabriye Karadenizli Taşkın[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]

❖ Hematokrit Ölçümü

Öğrenim Hedefleri:

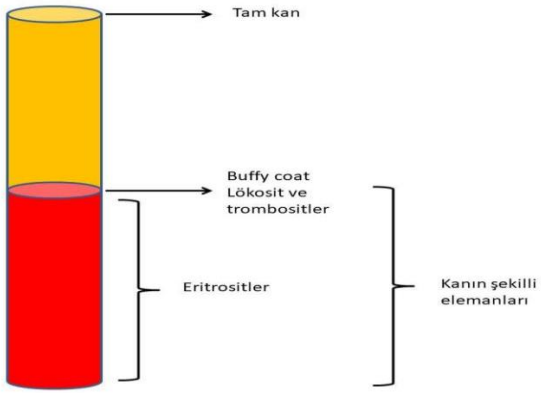
Öğrenci bu dersin sonunda;

- Hematokrit tanımını yapabilir,
- Hematokrit ölçümündeki tüm aşamaları (mikrohematokrit tüplerine kan alınması, santrifüj makinesi kullanarak tüplerin yerleştirilmesi, santrifüj edilmesi ve hematokrit cetveli ile ölçülmesi ve değerlendirilmesi) başarı ile gerçekleştirebilir.

Hematokrit, uygun antikoagülan ile pıhtılaşması engellenmiş kanın santrifüj edilmesiyle ayrılan kanın şekilli elemanlarının tam kan hacmine yüzdesini ifade etmektedir. Şekilli elemanların büyük bir çoğunluğunu eritrositler oluşturduğu için hematokrit pratikte eritrositlerin hacmi hakkında bilgi vermektedir (Şekil 3.5.1.). Hematokrit değeri günümüzde oto-analizörler ile kolaylıkla ölçülebilmektedir. Ancak oto-analizör gerekmediği durumlarda mikrohematokrit yöntemi kullanılmaktadır. Normal değerleri kadınlar için %35-45, erkekler için ise %41-47'dir.

Not: *Alkol ile steril edilen parmak ucu kan damlasının yayılıp, kanın kapiller tüplere alınmasını zorlaştırdığı için ıslak kalmamalıdır, mümkünse kuruması için beklenmelidir.*

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı



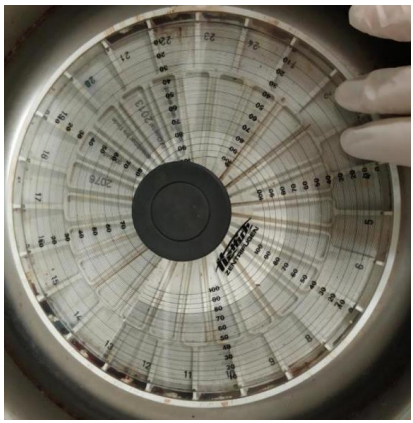
Şekil 3.5.1. Antikoagülanlı tüpte santrifüj edilmiş kan

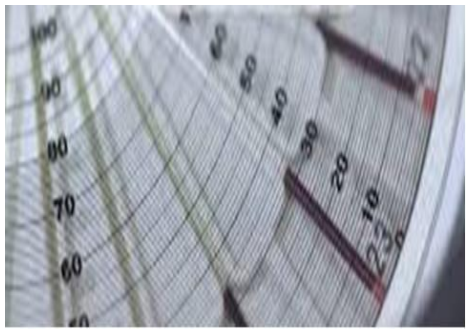
Araç - Gereçler:

Lanset, heparinli mikrohematokrit tüpü, %70'lik alkol, pamuk, cam macunu, mikrohematokrit santrifüjü, değerlendirme cetveli

Uygulama:

1. Parmak ucu %70'lik alkol ile steril edildikten steril lanset kullanılarak delinir.
2. Heparinli mikrosantrifüj tüpünün kırmızı işareti olan kısmını kan damlasına değdirilerek, 2/3'ü doldurulur.
3. Mikrohematokrit tüpünün kan değdirilmeyen kısmı cam macunu ile kapatılır.
4. Kapalı olan kısım dışa gelecek şekilde santrifüj cihazına yerleştirilir.
5. 10000 devirde 5 dakika santrifüj edilir.
6. Santrifüj sonrası mikrohematokrit tüpleri değerlendirme cetvelinde belirlenir.
7. Mikrohematokrit tüpünün kan sınırının başladığı alt sınırı değerlendirme cetvelinin 0 çizgisine, kanın üst sınırı 100 çizgisine gelecek şekilde yerleştirilir ve kanın şekilli elemanları ile plazmanın kesiştiği noktada hematokrit değeri % olarak okunur.





Şekil 3.5.2. Santrifüj cihazı ve değerlendirme cetveli

Hemoglobin Ölçümü

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Hemoglobin molekülünün tanımını yapar,
- Hemoglobinin normal değerlerini açıklar ve anemiyle ilişkisini kurar.

Hemoglobin, eritrosit içinde demir içeren ve dokulara oksijen taşıyan önemli bir moleküldür. Hemoglobin, günümüzde diğer kan parametreleri ile birlikte oto-analizörde ölçülebilmektedir. Oto-analizör olmadığı durumlarda daha eski bir yöntem olan kolorimetrik sahli metodu da hemoglobin ölçümü için kullanılabilmektedir. Hemoglobin normal değerleri laboratuvara özgü minimal farklılıklar göstermekle birlikte kadınlarda 12-15 g/dl, erkeklerde ise 14-17 g/dl'dir.

❖ Osmotik Frajilite

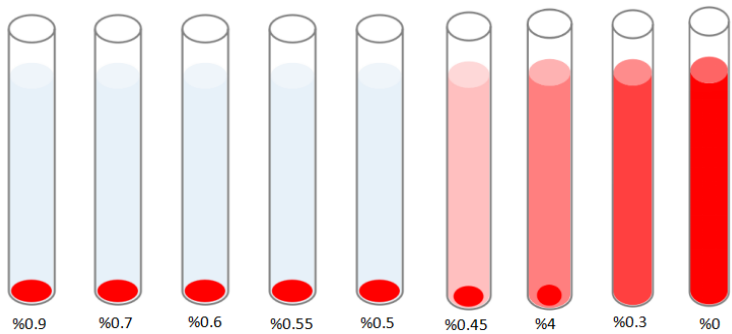
Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

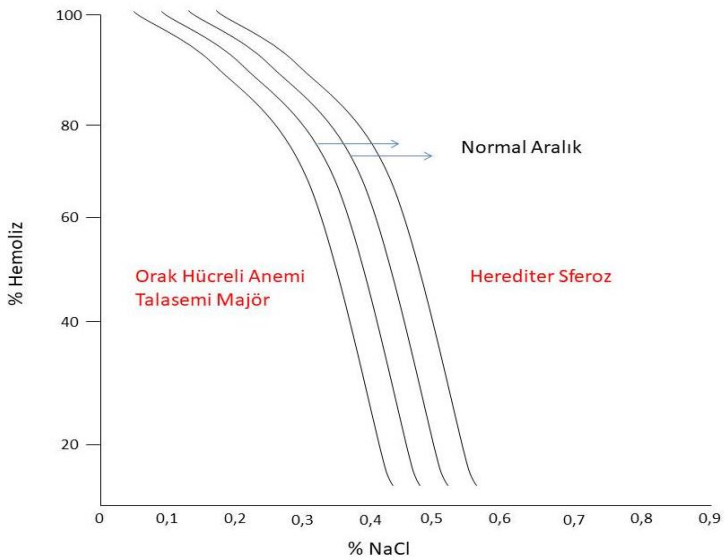
- Osmotik frajilite testini açıklar,
- Hemoliz değerinin yüzde olarak hesaplanmasını öğrenir,
- Osmotik frajilite testinin sonuçlarını değerlendirir,
- Osmotik frajiliteyi etkileyen hastalıklara örnek verebilir.

Osmotik frajilite testi, herediter sferositoz, talasemi gibi anemi çeşitlerinin tanısında kullanılan önemli bir testtir.

Eritrositlerin izotonikten başlayarak hipotoniğe doğru ilerleyen konsantrasyonlarda hemolize karşı direncini gösteren bir testtir. Osmotik frajilite testinde eritrosit membran kırılganlığını belirlemek için konsantrasyonu gittikçe azalan NaCl (salin) çözeltileri kullanılmaktadır. NaCl çözeltisini seyreltmek için distile su kullanılmaktadır. İzotonik NaCl (%0.9) çözeltisinden başlayarak, giderek daha hipotonik olan (%0.80, %0.70, %0.6, %0.5, %0.4, %0.3, %0.2, %0.1) ve en sonunda sadece distile su içeren (%0) çözelti setleri hazırlanır. Normal durumlarda %0.9-0.85 konsantrasyonlarında eritrositlerin değişmeden kalması, %0,44-0,66 NaCl konsantrasyonlarında hemolizin başlaması ve %0,32-0,30'da tamamlanması beklenmektedir (Şekil 3.5.3). Ancak herediter sferositoz, stomatositoz, hemolitik anemiler gibi hastalıklarda hemoliz erken başlamaktadır, osmotik frajilite artmaktadır. Bu durum eritrositlerin kırılganlığının arttığını, direncinin azaldığını göstermektedir. Talasemide hemoliz beklenen konsantrasyondan geç başlamaktadır, osmotik frajilite azalmaktadır. Bu durum eritrositlerin kırılganlığının azaldığını ancak direncinin arttığını göstermektedir (Şekil 3.5.4.).



Şekil 3.5.3. Osmotik frajilite testinde hemoliz başlangıcı (% 0.45) ve bitişi (% 0.3) (E.E.Altıok)



Şekil 3.5.4. Osmotik frajilite grafiği

Uygulama:

1. Na-EDTA içeren tüpe yaklaşık 2 ml venöz kan alınır.
2. Alınan kan 37 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 24 saat inkübe edilir.
3. 10 adet santrifüj tüpü hazırlanır ve numaralandırılır.
4. Aşağıda tabloda belirtilen gittikçe azalan konsantrasyonlarda NaCl çözeltisi hazırlanır (Tablo 3.5.1.).
5. Hazırlanan NaCl çözeltilerine 50 µl kan eklenir, vorteks ile dikkatlice homojen süspansiyon haline getirilir.
6. 15 dakika oda ısısında bekletilir.
7. Bekledikten sonra tüpler birbiri karşısına gelecek şekilde dikkatlice santrifüj cihazına yerleştirilir.
8. 3000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilir.
9. Santrifüj sonrası süpernatanların hemoglobin içeriği spektrofotometre cihazında (540 nm) okutulur.

% hemoliz oranı = (her tüpteki absorbans değeri) / %100 hemolizli tüpün absorbans değeri (distile su) formülü ile hesaplanır.

Tablo 3.5.1. Osmotik frajilite testi için hazırlanan azalan NaCl çözelti konsantrasyonları

Tüp numarası	% 1 NaCl çözeltisi (ml)	Distile su (ml)	% NaCl Konsantrasyonu
1	5	0	% 1
2	4.5	0.5	% 0.9
3	4	1	% 0.8
4	3.5	1.5	% 0.7
5	3	2	% 0.6
6	2.5	2.5	% 0.5
7	2.0	3.0	% 0.4
8	1.5	3.5	% 0.3
9	1	4	% 0.2
10	0	5	% 0

❖ Kan Gruplarının Belirlenmesi

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- ABO ve Rh sistemine ait antijen ve antikorları tanımlar,
- ABO ve Rh sistemine ait kan gruplarının lam yöntemi ile nasıl belirlendiğini açıklar ve kan grubu tayini yapabilir.

İlk kez 1900 yılında Dr. Karl Landsteiner tarafından kan grupları bulunduktan sonra günümüze kadar insanda 23 kan grubu sistemini içine alan 600'den fazla kan grubu antijeni serolojik olarak tanımlanmıştır.

ABO sisteminde eritrositlerin membranındaki antijen (aglütinojen) tiplerine göre kan grupları belirlenir. Eritrositlerin yüzeyinde bulunmayan kan grubu antijenlerine karşı plazmada reaktif antikorlar (aglütininler) bulunur. Bu özellikle beraber daha sık ve şiddetli reaksiyon yanıtına neden olduğu için ABO sistemi transfüzyon ve doku nakillerinin en önemli antijenleridir. Yanlış kan transfüzyonu yapıldığında alıcının plazmasındaki aglütininler, vericinin aglütinojenleriyle karşılaştığında antijen-antikor kompleksi oluşturarak eritrositlerin birbirine yapışıp kümelenmesine (aglütinasyon) neden olurlar (Şekil 3.5.4.). Oluşan eritrosit kümeleri kılcal damarları tıkayabilir, hemoliz gelişimi sonucu artan bilirubin sarılık yapabilir; organ disfonksiyonları ve

şiddetli immün reaksiyonlar görülebilir. Bu yüzden kan transfüzyonlarından önce kan grubu tiplendirmesi yapılarak alıcı ve donör uygunluğu belirlenmelidir.

ABO sisteminde A ve B antijenlerinin bulunma durumuna göre 4 ana kan grubu tanımlanır. Yalnızca A antijenine sahip olanlar A kan grubu, yalnızca B antijeni olanlar B kan grubu, A ve B antijenlerinin ikisini de bulunduranlar AB kan grubu, A veya B antijeni olmayanlar 0 kan grubu olarak adlandırılır (Tablo 3.5.2.).

Rh kan grubu sisteminde ise Rh faktörü olarak da bilinen Rh antijeni sadece eritrositlerde bulunur. C, D, E antijenleri en önemli olanlarıdır; en güçlüsü D antijenidir, antikoruna da Anti-D denir. Rh tiplendirmesi bu yüzden rutinde Anti-D kullanılarak yapılır. Eritrositlerinde D antijenine sahip olanlar Rh+, olmayanlar ise Rh- olarak gruplandırılır (Tablo 3.5.3.). A ve B antijenlerinden sonra en yüksek antijeniteye D antijeni sahiptir.

ABO sistemi için aglütinasyona neden olan antikorlar doğal olarak oluşurken, Rh antikorlarının oluşması için kişinin Rh antijeniyle karşılaşması gerekir. Rh aglütininleri serumda doğal olarak bulunmaz, karşılaşmadan sonra oluşur.

Tablo 3.5.2. ABO Kan Grubu Sistemi

Kan Grubu	Antijen (Aglütinojen)	Antikor (Aglütinin)	Anti-A ile Aglütinasyon	Anti-B ile Aglütinasyon
A	A	Anti-B	Var	Yok
B	B	Anti-A	Yok	Var
0	-	Anti-A, Anti-B	Yok	Yok
AB	A,B	-	Var	Var

Tablo 3.5.3. Rh Kan Grubu Sistemi

Kan Grubu	Antijen	Anti-Rh (Anti D) ile Aglütinasyon
Rh +	Rh Faktörü	Var
Rh -	-	Yok

Araç - Gereçler:

- Alkol (%70'lik)
- Pamuk

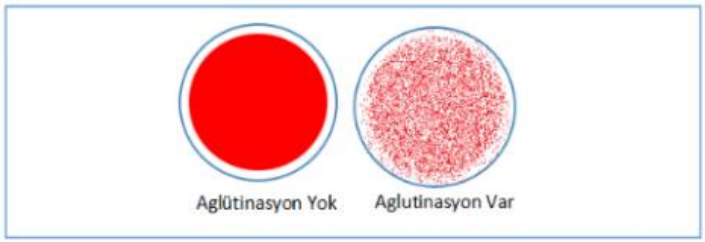
- Lanset
- Lam
- Anti-A, anti-B, anti-Rh (Anti-D) Serumu

Uygulama:

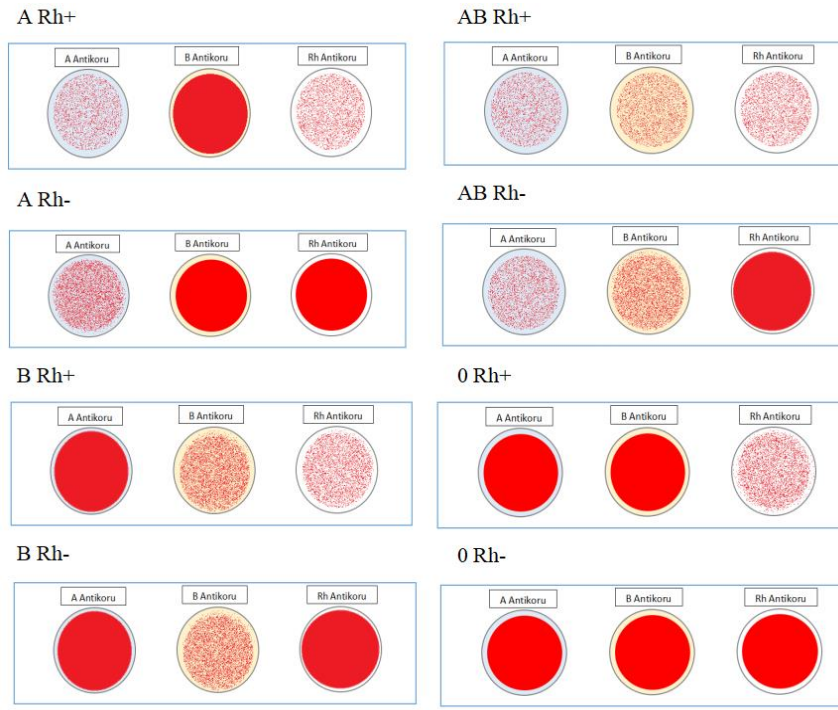
Lam Yöntemi

1. Bir lama anti-A ve anti-B, diğer lama anti-Rh serumlarından birer damla damlatılır.
2. Lanset ile parmak ucundan kan alınır (Uygulama kolaylığı açısından pratik dersimizde kan örneği heparinli kapiller tüp içerisine alınacaktır).
3. Anti-A ve anti-B, anti-Rh serumlarının yanına birer damla kan damlatılır (kontaminasyon riski nedeniyle birbirlerinin üzerine damlatılmamalıdır).
4. Bir karıştırıcı yardımıyla veya lam hafifçe hareket ettirilerek her kan damlasının yanındaki serumla karışması sağlanır.
5. Aglütinasyon oluşumu kontrol edilir ve kan grubu belirlenir (Şekil 3.5.5.).

Aglütinasyonun zayıf olduğu durumlarda süreç ABO sistemi için yaklaşık 3 dakikaya, Rh sistemi için 8 dakikaya kadar uzayabilir. 37°C sıcaklık ve uygun nem koşullarının sağlanması süreci hızlandıracaktır. Eritrosit kümeleşmesinin makroskopik olarak gözlenemediği durumlarda mikroskop ile incelenmesi ayırt etmeye yardımcı olabilir.



Şekil 3.5.4. Lam yönteminde aglütinasyon durumunun şematik gösterimi



Şekil 3.5.5. Kan gruplarının lam yöntemi ile tespitinin şematik gösterimi (E.E.Altıok)

KAYNAKLAR

1. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.
2. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.
3. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
4. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvar Uygulama Föyü; 2017.
5. Loğoğlu G. Fizyoloji Laboratuvar Kılavuzu, Adana: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; 1994.
6. Tanalp R., Uzalp B. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Fizyoloji Pratik Ders Kitabı. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları; 1975.

3.6. Kan Yayması ve Lökosit Formülü, Sedimentasyon, Kanama Zamanı ve Pıhtılaşma Zamanı Deneyi

Prof. Dr. Deniz Şahin[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]

❖ Sedimentasyon

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Eritrosit sedimentasyon hızının (ESR) tanımını yapabilmeli,
- Eritrosit sedimentasyon hızının nasıl ölçüldüğünü anlatabilmeli,
- Eritrosit sedimentasyon hızının arttığı ve azaldığı fizyolojik durumlara ve hastalıklara örnekler verebilmelidir.

Eritrosit sedimentasyon hızı (ESR) pıhtılaşma önleyici (antikoagülan) içeren tüpe alınmış kanda eritrositlerin yer çekiminin etkisiyle çökelme hızıdır.

Sedimentasyon testi nonspesifik bir test olmakla birlikte kronik ve habis hastalıkların teşhis ve tedavi takibinde kullanılan değerli bir testtir. Kan hücrelerinin mikrolitrede %98-99'unu eritrositler (4,3-5,7x10^8), %1-2'sini lökosit (4,5-11,0 x 10^3) ve trombositler (150-450 x 10^3) oluşturur. Bu sebeple sedimentasyon hızı eritrositlerin sedimentasyon hızı olarak bilinir. Eritrositleri etkileyen her durum ve plazma proteinlerindeki değişiklikler sedimentasyon hızını etkiler. Anemi, makrositoz sedimentasyon hızını artırırken polisitemi, herediter sferositoz, mikrositoz sedimentasyon hızının azalmasına neden olur. Enfeksiyon durumlarında, romatolojik hastalıklarda, malignitelerde sedimentasyon hızı artar. Gebelik, yaşlılık, yemek ve egzersiz sonrası gibi fizyolojik durumlara bağlı olarak da sedimentasyon hızı artış gösterebilir.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Araç - Gereçler:

- %3,8'lik Na-Sitratlı tüpte 2cc venöz kan örneği
- Westergren sedimentasyon seti (tüp, dereceli pipet)
- Kronometre

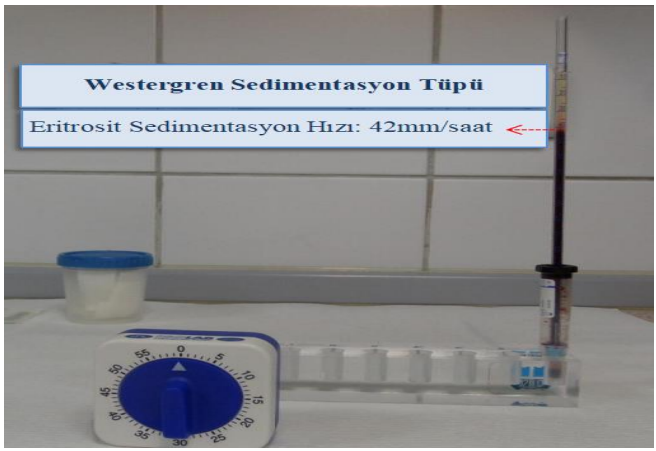
Uygulama:

1. 0.4 ml % 3.8'lik Na-Sitrat çözeltisi bulunan antikoagülanlı sedimentasyon tüpüne 1.6 ml venöz kan eklenir ve hafifçe alt üst edilerek karıştırılır.
2. Tüpteki kan Westergren pipetinin en üstünde yer alan 0 çizgisine kadar ilerletilir ve dik olarak askıya yerleştirilir, kronometre başlatılır.
3. 30/60/90/120 dakika sonra yer çekiminin etkisiyle çöken eritrositler ve plazma arasındaki sınırın sıfır çizgisinden uzaklığı milimetre olarak ölçülür (Şekil 3.6.1.). Eritrosit sedimentasyon hızı mm/saat şeklinde ifade edilir (Şekil 3.6.2.).

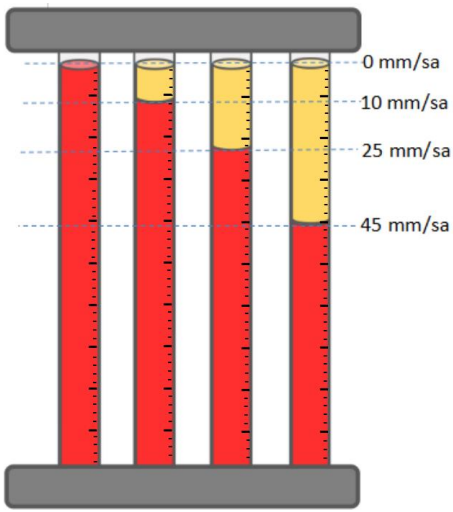
Sonuç ve Değerlendirme:

Eritrosit sedimentasyon hızının normal değer aralığı erkeklerde 0 - 8 mm/saat kadınlarda 0 -16 mm/saat yenidoğanda 0 - 1 mm /saat olarak kabul edilir.

Not: Günümüzde ayrıca bir sedimentasyon tüpüne kan alınmasına gerek olmadan hemogram cihazlarına verilen kan numunesinden sedimentasyon analizi de yapılabilmektedir.



Şekil 3.6.1. Westergren sedimentasyon setine alınmış kan örneği ve kronometre



Şekil 3.6.2. Farklı sedimentasyon hızlarına sahip kan örneklerinin şematik gösterimi

❖ Kan Yayması (Periferik Yayma)

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Periferik yayma preparatının nasıl hazırlandığını öğrenmeli,
- Periferik yayma preparatını mikroskop ile inceleyerek kanın şekilli elemanlarını ayırt edebilmeli ve özelliklerini söyleyebilmelidir.

Periferik yayma preparatı, kan damlasının iki lam arasında ince bir şekilde yayılması ve özel boyalar kullanılarak boyanması ile oluşturulur. Elde edilen kan yaymasında kanın şekilli elemanları (eritrosit, lökosit, trombosit) boyanma özelliklerine göre ayırt edilebilir hale gelirler. Bu sayede mikroskop ile kan hücrelerinin yapı ve işlevleri değerlendirilebilir. Bu değerlendirme kan hastalıklarının teşhisinde vazgeçilmez bir yardımcı tanı yöntemidir.

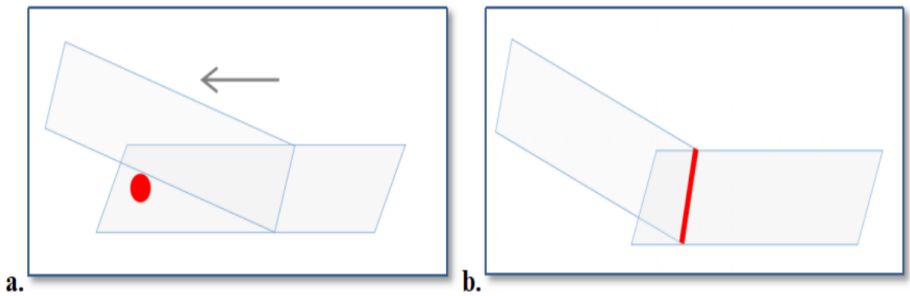
Araç - Gereçler:

- Lanset
- Lam
- Pamuk
- Alkol

- Kapiller Tüp
- İmmersiyon Yağı (Sedir Yağı)
- Mikroskop
- May Grünwald ve Giemsa Boyaları
- Distile Su

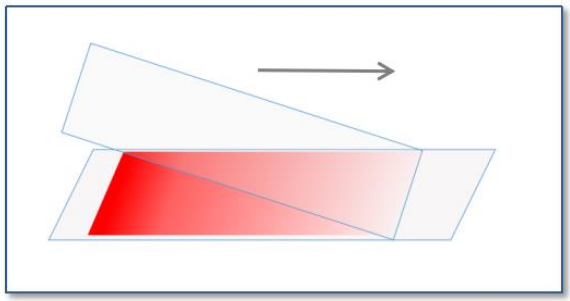
Uygulama:

1. Öncelikle kan alınacak parmak bölgesi alkollü pamuk ile silinir ve kuruması beklenir.
2. Lanset steril şekilde açılır ve başparmak ile işaret parmağı arasında tutulur. Kan almak için 3. veya 4. el parmak uçları tercih edilir.
3. Parmağın kan alınacak noktasına dik bir açıyla ve yeterli kesi derinliği oluşturacak şekilde lanset hızlıca batırılıp çekilir. İşlem sonrası çıkan ilk kan damlası kuru pamukla silinir.
4. Sonraki kan damlası lama damlatılır. Diğer lam yaklaşık 45 derecelik açıyla kan damlasına yaklaştırılarak kanın lamın kısa kenarına temas etmesi sağlanır (Şekil 3.6.4.)



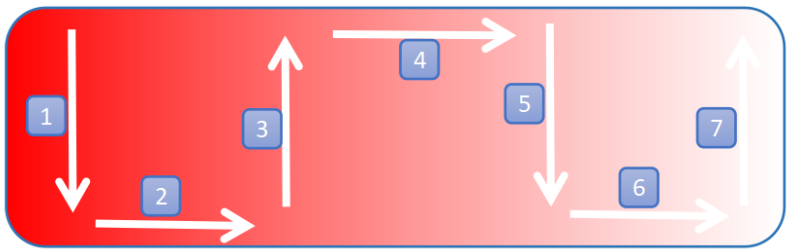
Şekil 3.6.4. Lamın 45°'lik açıyla kan damlasına yaklaştırılması (a), Kan damlasının lamın kısa kenarına temas ettirilmesi (b)

5. Kana temas ettirilmiş kısa kenar, tabandaki lam üzerinde ters yönde hızlıca kaydırılarak kanın ince bir tabaka halinde yayılması sağlanır (Şekil 3.6.5.)



Şekil 3.6.5. Lam ok yönünde ilerletilerek yapılan yayma işlemi (E.E.Altıok)

6. Hazırlanan preparat oda havasında kurutulur. Preparata 3 dakika boyunca May-Grünwald boyası uygulanır ve distile su ile yıkanır. Ardından preparat 25 dakika süreyle Giemsa boyasında bekletilir ve distile su ile yıkanır, oda havasında kuruması beklenir. Böylece boyanma basamakları tamamlanmış olur.
7. Önce mikroskobun 40X büyütmesi ile alan bulunur, ışığın olduğu noktaya immersiyon yağı damlatılarak 100X büyütmede hücreler mikroskop altında incelenir. İnceleme yapılırken aynı alanı tekrar tekrar saymamak için Şekil 3.6.6.'da belirtildiği gibi bir yön belirlenerek preparat taranır.



Şekil 3.6.6. Preparat taranırken sırasıyla takip edilmesi gereken yönler

Sonuç ve Değerlendirme:

Periferik yayma preparatında; lökosit incelenmesi-lökosit formülü, eritrosit ve trombositlerin değerlendirilmesi yapılır.

Eritrositler, orta 1/3'lük kısmı soluk, kenarları daha koyu boyanan bikonkav disk şeklinde hücrelerdir. 1 mikrolitre kanda 4,3-5,7x10^8 eritrosit bulunur. Periferik yayma incelemesinde eritrositler büyüklüklerine göre mikrositer (örn. demir eksikliği anemisinde görülür), normositer (örn. kronik hastalık

anemisi), makrositer (örn.b12 eksikliği) olarak sınıflandırılırlar. İçerdikleri hemoglobin miktarıyla orantılı olarak boyanma yoğunluklarına göre hipokromik (örn.demir eksikliği anemisi), normokromik (örn.kronik hastalık anemisi), hiperkromik (örn.herediter sferositoz) olarak değerlendirilirler. Akantosit, ekinosit, şistosit, orak hücre, göz yaşı hücresi, hedef hücre gibi yapı ve şekil bozukluğuna sahip eritrositler de periferik yaymada gözlenebilir. Anizositoz (eritrositlerin aynı hacimde olmamaları), poikilositoz (eritrositlerin aynı morfolojide olmamaları) durumları da değerlendirilir.

Trombositler kanın şekilli elemanları arasında en küçük boyuttaki hücrelerdir, mor renkli boyanırlar. Kan yaymasında genel olarak üzüm salkımları gibi küme oluşturmuş şekilde görünürler. Eğer yayma antikoagülanlı tüpe alınan kandan yapıldıysa preparatta trombositler tek tek (kümelenme olmaksızın) gözlenir.

- **Lökosit Formülü**

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Lökosit tiplerini ayırt edebilmeli,
- Lökosit formülünü hesaplayıp sonuçlarını yorumlayabilmelidir.

Lökositler sitoplazmalarında granül içerme durumlarına göre granülositler (bazofil, eozinofil, nötrofil) ve agranülositler (lenfosit, monosit) olarak ikiye ayrılırlar. Granülositler aynı zamanda çok parçalı çekirdeğe sahip olmaları nedeniyle polimorf nüveli lökositler (PMNL) olarak adlandırılır. Lenfosit ve monositler ise tek parça çekirdeğe sahip oldukları için mononükleer lökositler olarak da adlandırılır.

Nötrofiller (Şekil 3.6.7.) çok parçalı (3-5) çekirdeğe sahip, sitoplazmasında hem asidik hem de bazik boyalarla boyanan çok ince granüller içeren hücrelerdir. Genç nötrofillerin çekirdekleri bant (çomak) formunda görülebilir. Kandaki lökositlerin %57-%67'si nötrofillerdir. Nötrofil sayısının azalması nötropeni, artması nötrofili olarak adlandırılır. Özellikle bakteriyel enfeksiyonlarda nötrofil sayısında artış gözlenir.

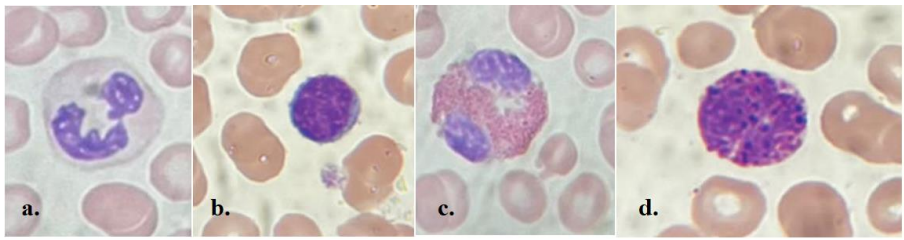
Lenfositler (Şekil 3.6.7.) tek parça çekirdek yuvarlak, kromatin ağı yoğun olduğundan koyu boyanan çapları 8-16 mikrometre arasındadır.

T ve B lenfositler ile bunların alt tiplerinden oluşur. T lenfositler hücresel bağışıklıkta, B lenfositler humoral bağışıklıkta görev alırlar. Kandaki lökositlerin %23-%33'ü lenfositlerdir. Lenfosit sayısının azalması lenfopeni, artması lenfositoz olarak adlandırılır. Özellikle viral enfeksiyonlara lenfositoz eşlik eder.

Monositler fasulye benzeri büyük çekirdekli ve diğer lökositlere göre daha büyük hacimde (çapları 14-20 mikrometre) hücrelerdir. Sitoplazmaları açık renkli boyanır. Dolaşımdan dokuya geçmiş monositler makrofaj adını alır. Makrofajlar yabancı maddeleri ve mikroorganizmaları fagosite etme yeteneğine sahiptirler. Kandaki lökositlerin %3-%7'si monositlerdir.

Eozinofiller (Şekil 3.6.7.) iki parçalı çekirdeğe sahip sitoplazmalarında pembe-kırmızı renkli yoğun granül içeren hücrelerdir. Kandaki lökositlerin %1-%3'ü eozinofillerdir. Paraziter etkenlerin neden olduğu enfeksiyonlarda ve alerjik reaksiyonlarda sayılarında artış (eozinofili) gözlenir. Eozinofil sayısının azalmasına eozinopeni denir.

Bazofiller (Şekil 3.6.7.) çapları 8-10 mikrometre olan, sitoplazmalarında oldukça fazla sayıda mor renkli granüller içeren, kanda en az sayıda bulunan lökositlerdir. Kandaki lökositlerin % 0-1'i bazofillerdir. Bazofil sayısının artmasına bazofili denir.



Şekil 3.6.7. Kan yaymasında izlenen nötrofil (a), lenfosit (b), eozinofil (c), bazofil (d) örnekleri

Uygulama:

1. Lökosit formülü hesaplanırken, mikroskop görüntü alanı 100X büyütmede şekildeki gibi (şekil4) taranarak periferik yayma preparatı incelenir.
2. Her bir lökosit çeşidi (nötrofil, lenfosit, monosit, eozinofil, bazofil) çeteleme ile not edilerek toplamda 100 adet lökosit sayılır.

3. Lökosit türüne göre elde edilen sayılar toplam lökosit sayısına oranlanır.

Normal değer aralıkları nötrofil: %57-%67, lenfosit: %23-%33, monosit: %3-%7, eozinofil: %1-%3, bazofil:%0-1 olarak kabul edilir.

Aşağıdaki tabloya periferik yayma preparatında saydığınız lökosit çeşitlerine ait sayıları yerleştirerek lökosit formülünü hesaplayınız.

Formül lökosit örnek hesaplama:

	Sayı	**Yüzde Oranları**
Nötrofil		
Lenfosit		
Monosit		
Eozinofil		
Bazofil		
Toplam		

- **Kanama Zamanı**

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Primer hemostazın nasıl gerçekleştiğini açıklayabilmeli,
- Kanama zamanının nasıl ölçüldüğünü anlatabilmeli,
- Kanama zamanının normal değer aralığını bilmeli, sürenin kısaldığı ve uzadığı durumlara örnekler verebilmelidir.

Hemostaz kanamanın durdurulması anlamına gelir. Hemostaz için sırasıyla (1) damarın kasılması, (2) trombosit tıkacı oluşumu, (3) fibrin ağı (pıhtı) oluşumu ve (4) fibröz doku ile pıhtının örtülmesi veya eritilmesi olayları gerçekleşmelidir. Damar spazmı ve trombosit tıkacı (agregasyonu) oluşumu kanama zamanı testleri (Duke ve Ivy yöntemleri) ile değerlendirilir. Fibrin ağı (pıhtılaşma-koagülasyon) oluşumu ise koagülasyon testleri (fibrin formasyonu/lam testi, PT, aPTT testleri) ile değerlendirilir. Kanama zamanı damar fonksiyonu, trombositlerin sayısı ve fonksiyonlarıyla ilgili bilgi verir. Bu yapıların işlevinde bir bozukluk olması kanama zamanının uzamasına neden olur.

Araç - Gereçler:

- Pamuk
- Alkol (%70'lik)
- Lanset
- Filtre Kağıdı
- Kronometre

Uygulama:

Duke Yöntemi

1. Öncelikle kan alınacak parmak ucu bölgesi (kulak memesi de tercih edilebilir) alkollü pamuk ile silinir ve kuruması beklenir.
2. Lanset steril şekilde tutularak parmak ucu delinir ve delindiği anda kronometre başlatılır.
3. 30 saniyede bir parmak ucunda biriken kan filtre kağıdına emdirilir. İşlem sırasında filtre kağıdı parmağa bastırılmamalı, kan gelmesi için parmak sıkıştırılmamalıdır.
4. Filtre kağıdına kan bulaşının olmadığı an kronometre durdurulur ve geçen süre kanama zamanı olarak değerlendirilir.

Sonuç ve Değerlendirme:

Sağlıklı yetişkinlerde kanama zamanının 1-3 dakika arasında olması beklenir. Bu sürenin 6 dakikanın üzerinde olması kanama zamanında uzama olarak değerlendirilir. Kanama zamanının uzadığı durumlara trombositopeni, vaskülitler, von Willebrand hastalığı, Glanzman trombastenisi, Bernard Solier hastalığı, aspirin kullanımı örnek olarak verilebilir.

❖ Pıhtılaşma Zamanı

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- İn-vitro pıhtılaşma mekanizmasını (intrensek pıhtılaşma yolunu) açıklayabilmeli,
- Pıhtılaşma zamanı testini anlatabilmeli
- Pıhtılaşma zamanının normal değer aralığını bilmelidir

Hemostaz için trombosit tıkacının fibrin ağıyla sağlamlaştırılması (pıhtılaşma) gerekir. Fibrin ağı art arda gerçekleşen bir dizi reaksiyon sonucu meydana getirilir. Bu reaksiyonlar dizisine koagülasyon kaskadı (intrensek ve ekstrensek yol) denir. Reaksiyonlarda görev alan enzimler, kofaktörler ve zimojenler plazmada bulunur ve koagülasyon faktörleri adı verilir ve *Romen rakamları* ile gösterilirler.

Araç - Gereçler:

- Pamuk
- Alkol (%70'lik)
- Lanset
- Lam
- Kronometre

Uygulama:

Lam Yöntemi

1. Öncelikle kan alınacak parmak ucu bölgesi alkollü pamuk ile silinir ve kuruması beklenir.
2. Lanset steril şekilde tutularak parmak ucu delinir ve ilk çıkan kan pamuk ile silinir.
3. Parmak ucundan lam üzerinde 3 ayrı bölgeye kan damlası damlatılır. İlk damlanın damlatılmasıyla kronometre başlatılır.
4. Otuz saniye arayla birinci kan damlası lansetin ucuyla kontrol edilerek fibrin ağı oluşumu araştırılır.
5. Birinci kan damlasında fibrin ağı gözlendikten sonra sırasıyla ikinci ve üçüncü damlada fibrin ağı oluşumu kontrol edilir. Üçüncü damlada da fibrin ağı oluştuğunda kronometre durdurulur (Şekil 3.6.8.)
6. Birinci damlanın lama damlatılmasından itibaren, üçüncü damlada fibrin ağı oluşumuna kadar geçen bu süre pıhtılaşma zamanı olarak adlandırılır.

Sonuç ve Değerlendirme

Sağlıklı kişilerde pıhtılaşma zamanının 3-10 dakika arasında olması beklenir. Koagülasyon faktörlerinin eksikliği, Faktör VIII eksikliği (Hemofili A), Faktör IX eksikliği (Hemofili B), karaciğer yetmezliği (koagülasyon faktörleri başlıca

karaciğerden sentezlenir), heparin (antikoagülan ilaç) kullanımı pıhtılaşma zamanının uzadığı durumlara örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.6.8. Fibrin ağı

KAYNAKLAR

1. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
2. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.
3. Tanalp R., Uzalp B. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Fizyoloji Pratik Ders Kitabı. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları; 1975.
4. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Laboratuvar Uygulama Föyü; 2017.
5. Köylü H. Klinik Anlatımlı Tıbbi Fizyoloji. 3.Baskı. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2019.
6. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.
7. Berne R.M., Levy M.N., Koeppen B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiology. 7th Edition. Canada: Elsevier; 2018.

BÖLÜM | 4

SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

4.1. Solunum Fonksiyon Testleri

Prof. Dr. Nurbay Ateş[1]
Dr. Sabriye Karadenizli Taşkın[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Spirometri cihazı ile statik akciğer hacim ve kapasitelerinin ölçüldüğü solunum fonksiyon testlerini (SFT) ve değerlendirilmesini öğrenir.
- Dinamik solunum testlerinin ölçüm ve değerlendirilmesinin yapmak.
- Vitalograf test eğrisinde zamana karşı ölçülen; zorlu vital kapasite (FVC), zamana bağlı değişim ve FEV1/FVC oranının önemini kavramak.
- Akım-hacim ilişkisini değerlendirir.
- SFT endikasyonları hakkında bilgi edinir.

Solunum fonksiyon testleri (SFT), solunum sisteminin fonksiyonunun değerlendirilmesi, solunum sistemi hastalıklarının saptanması ve sınıflandırılması için kullanılan geniş kapsamlı testlerdir. Bu testler akciğer kapasitesini, hava değişiminin verimliliğini ve solunumun mekaniğini değerlendirmektedir.

SFT'nin uygulamasında kullanılan cihazlara spirometre, elde edilen grafiklere spirogram adı verilmektedir. Spirometre ile statik akciğer hacimleri ve dinamik zamana bağlı akım ya da hacim ilişkisi ölçülmektedir (Şekil 4.1.1.).

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı



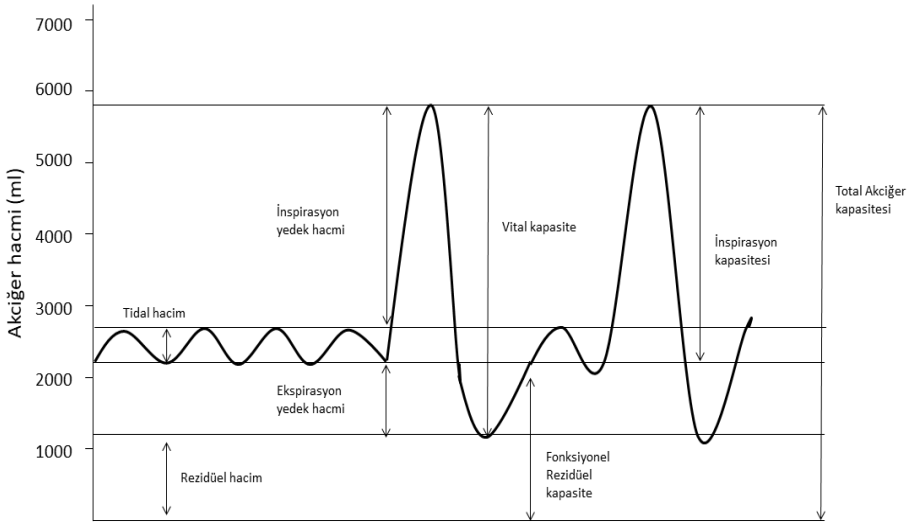
Şekil 4.1.1. Spirometre cihazı

Solunum fonksiyon testi kullanım endikasyonları

- Akciğer hastalığı riskini değerlendirmek
- Akciğer hastalığının tanısını koymak ve sonrasında hastalığın prognozunu değerlendirmek
- Cerrahi girişim öncesi solunum fonksiyonunu değerlendirmek
- Akciğer sağlığı için riskli olan işlerde çalışanların akciğer fonksiyonlarının kontrolünü yapmak
- Akciğer sağlığını etkileyebilecek tedavilerin akciğer fonksiyonları üzerine etkisini değerlendirmek

Statik Akciğer Hacimleri ve Kapasiteleri

Statik akciğer hacimleri zamanla ilişkili manevralar olmadan ölçülen hacimlerdir. Solunum döngüsü sırasında akciğer içine giren ve çıkan hava hacmini ifade etmektedir. Statik akciğer hacimleri cinsiyete, yaşa, fiziksel yapıya ve ırka göre değişiklik göstermektedir. Akciğer kapasiteleri ise farklı akciğer hacimlerinin toplanması ile hesaplanmaktadır (Şekil 4.1.2.).



Şekil 4.1.2. Akciğer hacimleri ve kapasiteleri

Akciğer hacimleri

Soluk hacmi (Tidal, Vt): İstirahat halinde normal soluk alıp-verme sırasında inspirasyonla alınan, ekspirasyonla verilen hava miktarıdır. Normal değeri yaklaşık 500 ml'dir.

İnspirasyon yedek hacmi (IRV): Normal tidal hacimde inspirasyondan sonra kuvvetli bir inspirasyonla akciğerlere alınabilen maksimum hava hacmidir. Normal değeri yaklaşık 3000 ml'dir.

Ekspirasyon yedek hacmi (ERV): Normal tidal hacimde ekspirasyondan sonra kuvvetli ekspirasyonla akciğerlerden verilebilen maksimum hava hacmidir. Normal değeri yaklaşık 1100 ml'dir.

Tortu (rezidüel) hacim (RV): Maksimum ekspirasyondan sonra akciğerlerde kalan hava hacmidir. Normal değeri yaklaşık 1200 ml'dir. Doğrudan spirometri yöntemiyle ölçülemez. Ölçüm için genellikle helyum dilüsyonu gibi özel teknikler gerektirir.

Akciğer kapasiteleri

İnspirasyon kapasitesi (IC): İstirahat halinde normal bir ekspirasyondan sonra maksimum inspirasyonla alınan hava hacmidir. İnspirasyon yedek hacmi ve soluk hacminin toplamını ifade eder. Değeri 3500 ml civarındadır.

Vital kapasite (VC): Maksimum bir inspirasyondan sonra, maksimum bir ekspirasyon manevrasıyla dışarı verilen hava miktarını ifade etmektedir. Yaşa ve vücut ölçüsüne göre değişmekle birlikte değeri yaklaşık 4600-4800 ml'dir. Soluk hacmi, inspirasyon yedek hacmi ve ekspirasyon yedek hacimlerinin toplamını ifade etmektedir.

Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC): Normal bir ekspirasyon sonrası akciğer içerisinde kalan hava miktarıdır. Ekspirasyon yedek hacmi ve tortu hacminin toplamını ifade eder. Değeri 2200-2400 ml kadardır.

Dinamik Spirometre

Alınan ve verilen hava hacimlerinin ya da akımlarının zamana bağlı ölçüldüğü testlerdir. Ventilasyon kapasitenin değerlendirilmesinde kullanılır. Vitalograf ve akım-hacim devri testleri kullanılarak dinamik solunum verileri değerlendirilir.

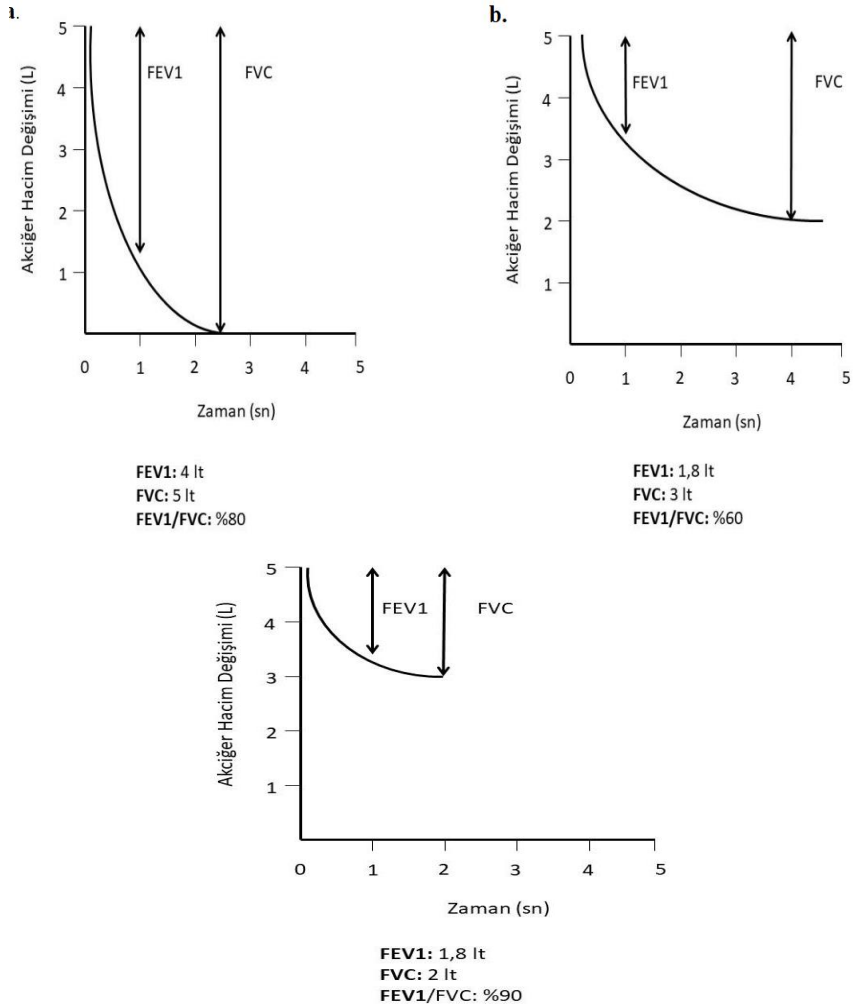
Vitalograf

Bu testte zamana bağlı zorlu vital kapasite (FVC) ve maksimum eforla zorlu ekspirasyonun ilk saniyesinde verilen hava hacmi (FEV1) ölçülür.

Öncelikle hastadan derin bir nefes alması ve ardından mümkün olduğunca en kısa sürede nefes vermesi istenir. Hava yollarının obstrüksiyonunun değerlendirilmesinde FEV1/FVC oranı kullanılır (Şekil 4.1.3.). FEV1/FVC oranının %80'den az olması; solunum yollarında tıkamaya bağlı sorunlar olduğu anlamına gelmektedir (Tablo 4.1.1.).

Tablo 4.1.1. Vitalograf testinde FEV1/FVC ölçümlerinin değerlendirilmesi

	Obstrüksiyon	**Retsriksiyon**
FVC	N, ↓	↓↓↓
FEV1	↓↓↓	N, ↓
FEV1/FVC	↓↓↓	N, ↑

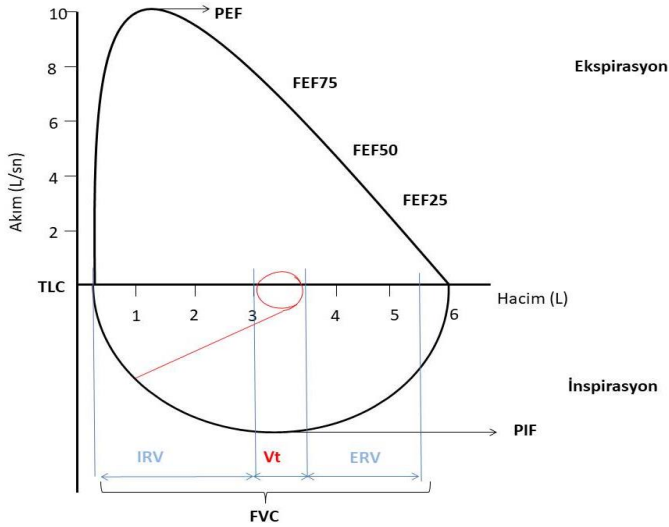


Şekil 4.1.3. Vitalograf testinde FVC ve FEV1 ölçümleri normal (a), obstrüktif (b), restriktif (c)

Akım-hacim eğrileri

Spirometredeki akım-hacim eğrileri, zorlu ekspirasyon ve inspirasyon sırasında akciğerlerden geçen hava akışı (solunum yolları) ile akciğer hacmi arasındaki ilişkiyi değerlendirir (Şekil 4.1.4.). Akım-hacim eğrilerinin yorumlanması birden fazla parametrenin değerlendirilmesine olanak sağlar. Elde edilen değerlerin yaş, cinsiyet, boy ve etnik kökene dayalı tahmin edilen normlara uygunluğuna bakılır. Eğrinin şekli veya değerlerindeki anormallikler; astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve restriktif

akciğer hastalıkları gibi solunum rahatsızlıklarının tanısı ve ciddiyeti konusunda değerli bilgiler vermektedir (Şekil 4.1.5.).

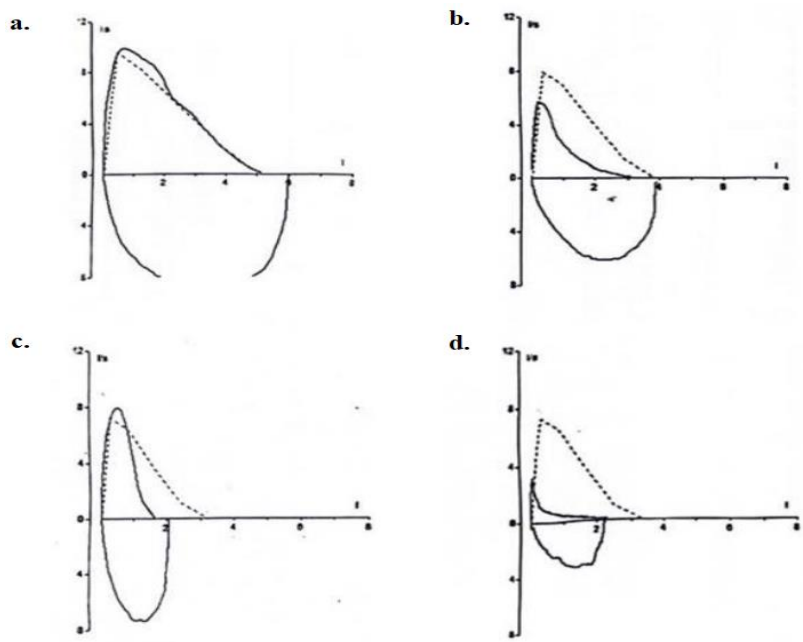


Şekil 4.1.4. Akım-hacim eğrisi

PEF: Zorlu ekspirasyon sırasında elde edilen maksimum akış hızını temsil etmektedir. Genellikle büyük hava yollarının tıkanıklığı konusunda fikir vermektedir.

FEF 25-75: FVC manevrasının %25-75'indeki zorlu ekspirasyon akışını temsil etmektedir. Akciğerin küçük ve orta büyüklükteki hava yollarının akışı hakkında bilgi vermektedir. Periferik hava yolu fonksiyonunun bir belirteci olarak kabul edilir. Astım ve erken evre KOAH gibi hastalıklarda etkilenen orta ve küçük boyutta hava yollarının işlevi hakkında bilgi verir.

PIF: Zorlu inspirasyon manevrası sırasında elde edilen maksimum akış hızı olarak tanımlanmaktadır. PIF, inspiratuvar kas kuvveti ve hava yolu açıklığının değerlendirilmesinde önemli bir parametredir.



Şekil 4.1.5. Akım-hacim eğri örnekleri;

Normal akım-hacim eğrisi (a), inspirasyon-ekspirasyon manevrası düzgün, FVC beklenen norm değerlere uygun;

Obstrüktif patern (b), akım-hacim eğrisinde ekspirasyon manevrasının konkav bir şekil aldığı görülmektedir, obstrüksiyon seviyesi arttıkça şekilde görülen konkavite artar, FVC değeri biraz azalmış görülmektedir;

Restriktif patern (c), bu tür hastalıklarda akım-hacim eğrisinin daraldığı görülür, FVC'nin beklenen değere göre azalmış olduğu, ancak ekspirasyon manevrasının beklenen değerlere uygun olduğu görülmektedir, ekspirasyon manevrasında konkav bir şekil görülmemektedir. Bazı durumlarda FVC'nin azalmasıyla birlikte akım hızının azalmasına bağlı olarak eğri kısalabilir;

Mikst patern (d), hem ekpirasyon eğrisinin konkav bir şekil aldığı, hem de FVC değerinin beklenen norm değerlere göre azaldığı, bunun yanı sıra akım hızının azalmasıyla birlikte eğrinin de kısaldığı görülmektedir.

Araç - Gereçler: Spirometre cihazı, filtreli ağızlık, burun mandalı

Uygulama:

1. Kişinin boy, yaş, vücut ağırlığı ve ırk bilgileri cihaza kaydedilir.
2. Burun mandalı takılır.
3. Denek uygun filtreli ağızlığı dudaklarının arasına alarak sıkıca tutar.

4. Denek 4-5 defa tidal hacimde nefes alıp verir.
5. Sonrasında deneğin mümkün olduğunca derin nefes alması istenir.
6. Kişi beklemeden hızlı ve kuvvetli bir şekilde nefes verir, nefes vermesi kesintisiz en az 6 saniye sürmelidir.
7. Denek tekrar nefes alır ve test sonlandırılır.

Dikkat edilmesi gereken hususlar

- En az 6 saniye olan ekpirasyon manevrası mümkünse 15 saniye kadar uzatılabilir.
- Herhangi bir nedenle ekspirasyon manevrası kesilirse, denek 20 dakika dinlendirildikten sonra test tekrarlanır.
- Test esnasında deneğin filtreli ağızlığı sıkı tutması, hava kaçışının olmaması, konuşmaması gerekmektedir.
- Denek, inspirasyon-ekspirasyon manevrasını doğru bir şekilde yapmalıdır.

Sorular:

- SFT'de hangi hacim ve kapasiteler direkt olarak ölçülemez?
- FEV1/FVC oranı neyi ifade etmektedir?
- Akım-hacim eğirisinde PIF, FEF25-75, PIF değerleri neyi ifade etmektedir?

KAYNAKLAR

1. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
2. McLaughlin D, Stamford J, White D. Human Physiology**.** Taylor and Francis Academic Press; 2007.
3. Şişmanlar Eyüboğlu T. (2016). Solunum Fonksiyon Testleri. Çocuk Göğüs Hastalıklarında Tanı Yöntemleri. İçinde: Ayşe Tana Aslan, Nural Kiper, ed. İstanbul: Probiz Ltd. Şti.(Content Ed Net Türkiye); 2016: 1-16.

BÖLÜM | 5

SİNDİRİM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ

5.1. Bio-Feedback (Biyo-Geribildirim)

Prof. Dr. Nurbay Ateş[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]

Öğrenim Hedefleri

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Biyo-geribildirimin tanımını yapabilmeli,
- Biyo-geribildirim ölçümlerinin nasıl yapıldığını açıklayabilmeli ve
- Biyo-geribildirim yönteminin kullanıldığı alanlar konusunda fikir sahibi olmalıdır.

Vücutta istemli olarak kontrol edilebilen ve bilinçli farkında olabildiğimiz birçok olay vardır. Fakat bir lokmayı yutmaya başladığımızda otomatik devreye giren düzenleyici olayların genel olarak farkında değilizdir. Örneğin tükürük salgılanması, özefagusun ve midenin peristaltik kasılmaları gibi. Bu otomatik olaylar otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilirler.

Otonom sinir sistemi, içinde bulunduğumuz koşullara uygun viseral yanıtlar oluşturarak hayatı sürdürebilmemizde önemli rol oynar. Otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik olmak üzere iki düzenleyici bölümü vardır.

Sempatik yanıtlar akut strese, tehlikeli durumlara karşı verilen, savaş-kaç tepkisi olarak da adlandırılan yanıtlardır. Örneğin sizi ısırabilecek bir köpekle

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

karşılaştığınızda sempatik sinir sisteminin baskın etkisiyle kalp hızı ve solunum sayısı yükselir, pupillalar genişler, ter bezlerinin salgısı artar.

Parasempatik etkiler ise genellikle vücut dinlenim, beslenme ve üreme halinde iken oluşturulan yanıtlardır. Örneğin parasempatik sistemin baskın etkisiyle dinlenim halinde iken kalp hızı yavaşlar, beslenme sırasında tükürük ve sindirim enzimleri salgılanır.

Biyo-geribildirim kişinin farkında olmadığı otonom yanıtların, görsel, işitsel veya dokunsal şekilde somut olarak anlaşılabilir bir formata dönüştürülmesi ile farkındalık kazandırılmasıdır. Biyo-geribildirim eğitimi ile kişiler otonom yanıtları üzerinde indirekt bir kontrol sağlamayı öğrenebilir ve birçok işlevi düzenleyebilirler. Örneğin yüksek kan basıncı kontrol altında tutulabilir, stresle başa çıkma yöntemleri öğrenilebilir, inkontinans tedavisi kolaylaştırabilir.

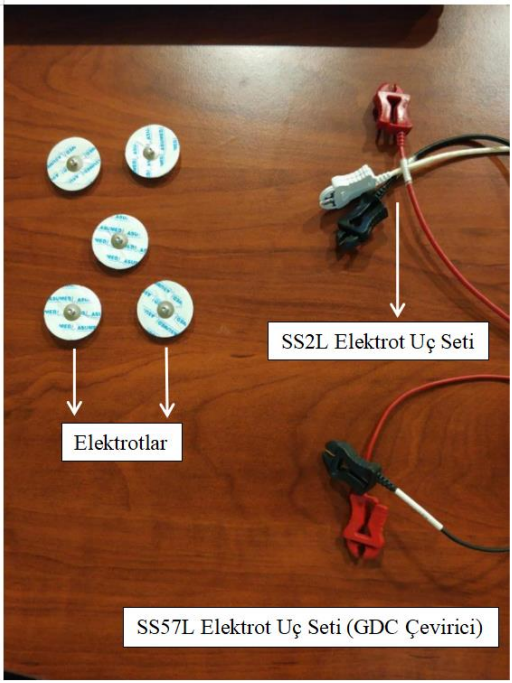
Bu dersimizde kalp hızı ve galvanik deri cevabını biyo-geribildirim yöntemiyle gözlemleyip, sempatik/parasempatik sistemin baskın olduğu yanıtları karşılaştıracağız.

Kalp hızı; sempatik sistemin etkisiyle artıp, parasempatik sistemin etkisiyle azalmaktadır.

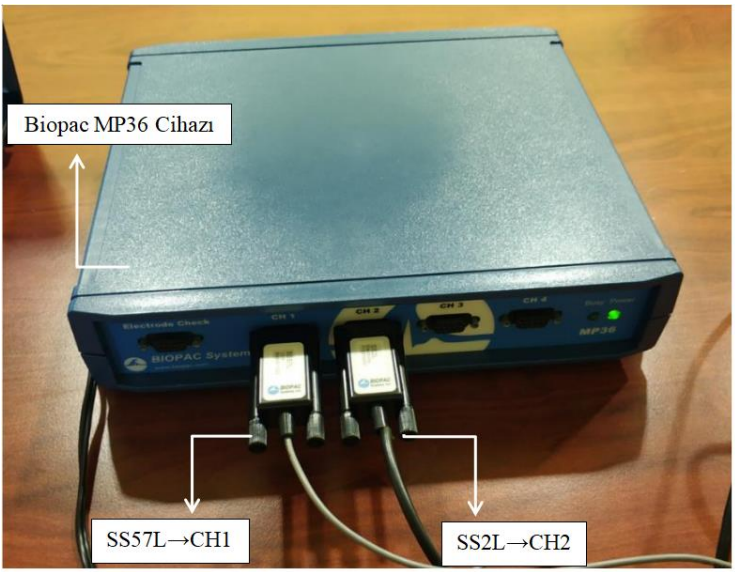
Galvanic Deri Cevabı, GDC (Galvanic skin response, GSR) veya elektrodermal aktivite (EDA); elin avuç içi yüzeyindeki ter bezi aktivitesinden etkilenerek, artmış sempatik yanıt ile korelasyon gösteren bir parametredir.

Araç - Gereçler:

- Bilgisayar (Biopac öğrenci lab. yazılımı v3.0 veya üstü içeren)
- SS57L (GDC çevirici) (Şekil 5.1.1)
- SS2L Elektrot uç seti (Şekil 5.1.1)
- Elektrot (her denek için 5 elektrot gereklidir) (Şekil 5.1.1)
- *BIOPAC* MP36 cihazı (Şekil 5.1.2)



Şekil 5.1.1. Biopac SS2L elektrot uç seti, SS57L elektrot uç seti, elektrotlar



Şekil 5.1.2. Biopac MP36 cihazı ve kanal girişleri

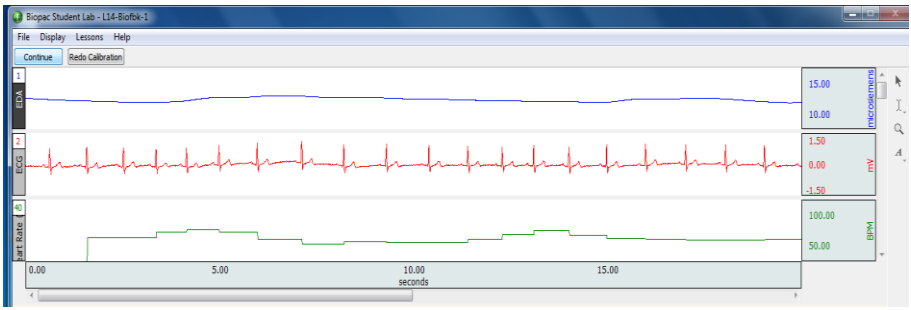
Uygulama

1. Deneğin sağ bacak bileğinin iç yüzeyine (medial malleol komşuluğuna), sol bacak bileğinin iç yüzeyine ve sağ el bilek iç yüzeyine birer elektrot yerleştirilir.
2. Elektrot kablosunun ucundaki kıskaçlar, sağ bacak-siyah, sol bacak kırmızı, sağ el beyaz olacak şekilde kablo renklerine göre elektrotlara tutturulur (Şekil 5.1.3.).



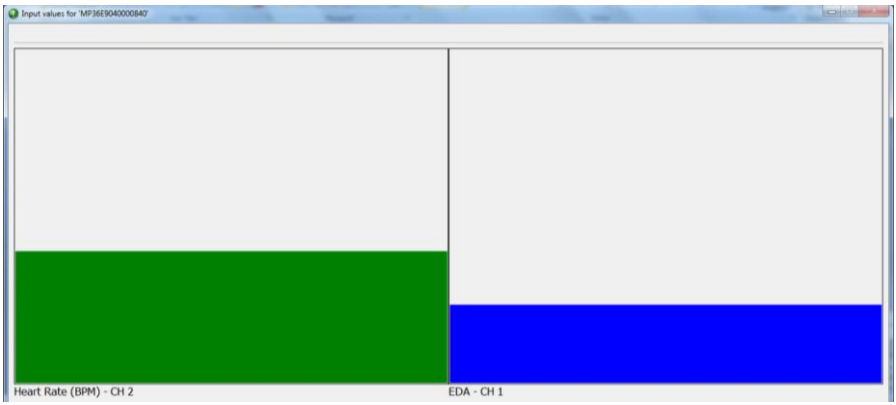
Şekil 5.1.3. Elektrotların bağlanması

3. Sol el 2. ve 3. parmak iç yüzeyine (tırnak olmayan taraf) elektrot yapıştırılır. Kıskaçlar 2.parmak siyah, 3.parmak kırmızı olacak şekilde kablo renklerine göre elektrotlara tutturulur.
4. Öncelikle kalibrasyon işlemi için kişiden bip sesini duyduktan sonra derin nefes alıp vermesi istenir, kalibrasyon kaydı 10 saniye sürer (Şekil 5.1.4.)



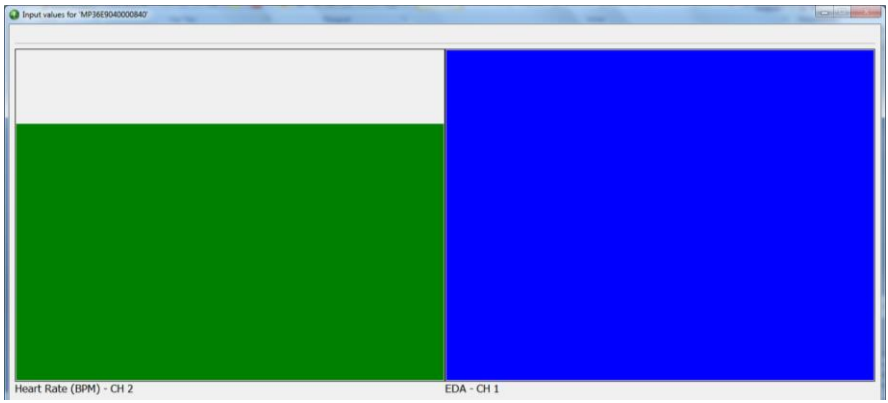
Şekil 5.1.4. Kalibrasyon kaydı örneği

5. Bilgisayar ekranında kalp hızı yeşil renkli, GDC ise mavi renkli sütun grafik ile görsel olarak ifade edilmiştir. Kişi bu grafikler üzerinden GDC ve kalp hızında meydana gelen artış-azalışı görebilir. Kalibrasyon işleminden sonra asıl kayıt başlatılır.
6. Kayıt aşamasında ilk olarak denekten kendini rahat ve gevşemiş hissedeceği şeyler düşünmesi istenir. Bu durumda vücutta parasempatik sistem baskın olacaktır. Çok yavaş soluk alıp vermek, kendini sıcak ve dinlendirici biz deniz kıyısında hayal etmek, gözleri kapatmak, gülümsemek, sakin bir müzik dinlemek rahat hissetmeye yardımcı olabilir. Kişi rahatladığı zaman kalp hızı ve GDC düşecektir (Şekil 5.1.5.).



Şekil 5.1.5. Kişi dinlenim halinde iken kaydedilen kalp hızı (yeşil) ve GDC (mavi) yanıtı örneği

7. 90 saniye boyunca kayıt alınır ve bilgisayarda kayıt ekranına F9 tuşuyla 90 saniyenin sonunu belirten bir işaretleyici konur.
8. Şimdi de kişiden stresli ve endişeli bir durumda olduğunu düşünmesi istenir. Bu durumda vücutta sempatik sistem baskın olacaktır. Sınavları düşünmek, kaşları çatmak, nefesini tutmak, bir kişinin deneğin yanında aniden el çırpması kaygılı hissetmeye yardımcı olabilir. Kişi stresli hissettiğinde kalp hızı ve GDC artacaktır (Şekil 5.1.6.). 90 saniye boyunca kayıt alınır.



Şekil 5.1.6. Kişi stresli hissettiğinde kaydedilen kalp hızı (yeşil) ve GDC (mavi) yanıtı örneği

9. Kayıt sonrasında veriler analiz edilir, dinlenim durumundaki ortalama kalp hızı ve ortalama GDC değeri ile endişeli durumda kaydedilen değerler karşılaştırılır.
10. Sempatik ve parasempatik sistemin vücut üzerindeki etkileri ve bu etkilerin istemli kontrol edilebilirliği konusunda sınıfça fikir alışverişi yapılır.

Günümüzde üriner inkontinans, kaygı, depresyon, kronik ağrı, kronik uykusuzluk, fibromiyalji, migren hastalıklarının tedavisinde biyo-geribildirim yönteminin faydalı bulunduğu çalışmalar mevcuttur.

KAYNAKLAR

1. Biopac systems, Inc. MP36 Öğrenci Laboratuvar El Kılavuzu. Öveçler, Ankara: Commat Ltd. Biopac systems, Inc. Türkiye Genel Distribütörü (www.commat.com.tr, www.biopac.com)
2. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.
3. Berne R.M., Levy M.N., Koeppen B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiology. 7th Edition. Canada: Elsevier; 2018.

5.2. Beden Kitle İndeksi

Prof. Dr. Gül İlbay[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Öğr. Vildan Keleş Güler[1]

Öğrenim Hedefleri

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Obezite ve ilişkili hastalıklar konusunda genel bilgi sahibi olmalı,
- Obezite tanısında kullanılan ölçüm yöntemlerinden birkaçını sayabilmeli,
- Beden kitle indeksi hesaplaması yapabilmeli ve sonuçlarını sınıflayabilmelidir.

Obezite nedir?

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre obezite vücutta sağlığı bozacak derecede fazla yağ depolanması ile karakterize kronik bir hastalıktır.

Obezite gelişiminde genetik, çevresel, sosyal ve psikolojik birçok faktör etkilidir. Temel olarak vücuda enerji alımı fazla iken, enerji harcanması ise azalmıştır. Harcanmayan fazla enerji vücutta yağ olarak depolanır. Kronik olarak yağ depolanması endokrin, metabolik ve kardiyovasküler birçok hastalık gelişimine ve vücudun işleyişinin bozulmasına neden olur.

Obezite DSÖ tarafından günümüzün en önemli sağlık sorunlarından biri olarak kabul edilmiş ve 4 Mart Dünya Obezite Günü ilan edilmiştir.

Dünyada önlenebilir ölümlerin ilk nedeni sigara iken; ikinci sıradaki nedeni ise obezitedir. Bu sebeple obezite insan sağlığı için büyük risk oluşturmaktadır.

Türkiye obezite verileri

Ülkemizde yapılan Türkiye Diyabet Epidemiyoloji (TURDEP-II) çalışması verilerine göre kadınların %44'ünde, erkeklerin %27'sinde obezite görülmektedir.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

DSÖ 2016 yılında, Türkiye'nin %29,5 obezite oranı ile Avrupa'da obezitenin en sık görüldüğü ülke olduğunu bildirmiştir.

Türkiye Çocukluk Çağı Obezite Araştırma Girişimi Çalışması-2016 verilerine göre Türkiye'de 7-8 yaş grubundaki her dört çocuktan biri fazla kilolu veya obez durumdadır.

Ne yazık ki mevcut verilere ek olarak hem dünyada hem de ülkemizde obezite görülme sıklığı artış göstermektedir.

Kişinin vücut ağırlığının normalliğinin değerlendirilmesi için beden kitle indeksi (Body Mass Index-BMI) sıklıkla kullanılır.

BMI'nin vücut yağ miktarı ile yalnızca boy ve kiloya dayalı tahminlere göre biraz daha yüksek bir ilişkisi vardır.

BMI= Vücut ağırlığı (kg)/Boy (m^2)

Örnek:

Erkek: Boy= 175.0 cm = 1.750 m

Vücut ağırlığı = 90.0 kg

BMI = 90.0 kg /(1.750 m X 1.750 m)

= 90.0 kg / 3.0625 m^2

= 29.38

Beden kitle indeksini nasıl yorumlarsınız?

Elde edilmesi kolay bu indeks, birçok nedenle gerçekleşen ölüm oranlarıyla olan bağlantısı nedeniyle önemlidir. BMI arttıkça kardiyovasküler komplikasyonlar (hipertansiyon dahil), diyabet ve böbrek hastalığı riski artar.

Kadınlar için önerilen BMI aralığı 21,3 ila 22,1'dir; erkekler için karşılık gelen aralık 21,9 ila 22,4'tür.

BMI erkeklerde 27,8'i, kadınlarda ise 27,3'ü aştığında yüksek tansiyon, diyabet ve koroner kalp hastalığı görülme sıklığında artış meydana gelir.

BMI ve Aşırı Kilo

Sınıflandırma	BMI skor
Düşük Kilolu	<18.5
Normal	18.5-24.9
Aşırı kilolu	25.0-29.9
Obez Sınıf I	30.0-34.9
Obez Sınıf II	35.0-39.9
Aşırı obezite	>40.0

BMI ve sağlık riski:

Yüksek BMI hipertansiyon, kardiyovasküler hastalık, dislipidemi, diyabet, uyku apnesi ve osteoartrit gibi birçok nedenlerden kaynaklanan ölüm riskinin artmasıyla bağlantılıdır.

Artan kas kitlesi nedeniyle BMI değeri yüksek olan sporcular ve vücut geliştiriciler ile hamile veya emziren kadınlar, BMI'ni fazla kiloluluk veya göreceli hastalık riski çıkarımı için kullanmamalıdır. Ayrıca BMI büyüme sırasında çocuklarda veya zayıf ve hareketsiz yaşlı yetişkinlerde geçerli değildir.

BMI skor	Sağlık Riski
18.5-25	En az
25-27	Düşük
27-30	Orta
30-<35	Yüksek
35-<40	Çok yüksek
>40	Aşırı yüksek

Her ne kadar beden kitle indeksi vücut yağını tahmin etmek için en popüler ölçü olsa da üç kriter kişinin vücut yağ durumunu doğrudan değerlendirebilir.

1. Vücut yağının yüzdesi
2. Yağ dağılımı
3. Yağ hücresi büyüklüğü ve sayısı

Vücut yağ yüzdesi:

Normal vücut yağ seviyeleri ile obezite arasındaki sınır genellikle keyfi gözükse de yetişkin erkek ve kadınlarda normal vücut yağ aralığı, ortalama popülasyon değerine ve varyasyonun bir birimlik ± değişimine (standart sapma) göre belirlenebilir. Bu varyasyon birimi, 17 ila 50 yaş arasındaki erkek ve kadınlar için %5 vücut yağına eşittir. Bu istatistiksel sınır dahilinde aşırı şişmanlık, yaş ve cinsiyete göre ortalama değerin artı yüzde 5'inin üzerindeki herhangi bir vücut yağ yüzdesi değerine karşılık gelir.

Genç erkekler için yağ kütlesi vücut kitlesinin ortalama %15'idir, bu oranın %20 olması sınırda obezite anlamına gelir.

Yaşlı erkekler için ortalama yağ yüzdesi yaklaşık %25'dir, bu grup için %30'u aşan vücut yağ içeriği aşırı şişmanlığı temsil eder.

Genç kadınlar için obezite, vücut yağ içeriğinin %30'un üzerinde olması anlamına gelirken, yaşlı kadınlar için sınırda obezite %37'den başlar.

Obezite için yaşa özel sınırlamaların kullanılması, erkeklerin ve kadınların normalde yaşla birlikte daha şişman hale geldiğini varsaymaktadır.

Ancak bu, fiziksel olarak aktif yaşlı erkek ve kadınlarda mutlaka gerçekleşmez.

Yağ dağılımı:

Yağ hücreleri anatomik konumlarına bağlı olarak dikkat çekici bir çeşitlilik gösterir.

Bazı hücreler, kan dolaşımındaki fazla besinlerin kalorilerini etkin bir şekilde alır ve depolamak için bunları trigliseritlere sentezlerken, diğerleri trigliseritleri biriktirir, ancak aynı zamanda depolanan bu enerjiyi diğer dokular tarafından kullanılmak üzere kolayca serbest bırakır. Bu, neden bazı yağ depolarının azalmaya direndiğini, diğerlerinin ise vücudun enerji dengesine tepki olarak kolaylıkla değiştiğini açıklamaktadır.

Toplam vücut yağı ve vücut kitlesinden bağımsız olarak yağ dokusu dağılımının düzeni, obeziteden kaynaklanan sağlık riskini değiştirir.

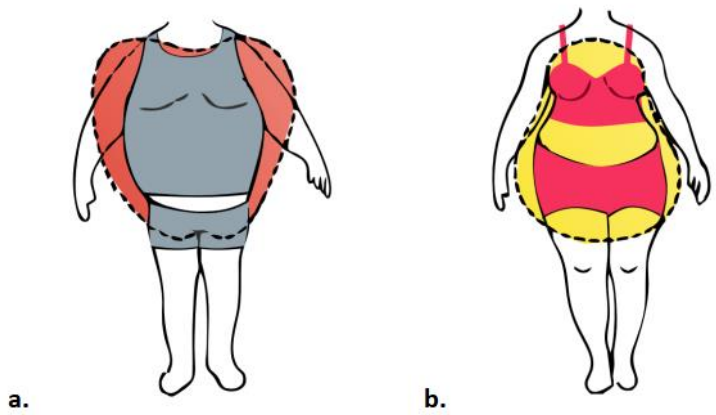
Deri altı ile visseral (karın içi) yağ dokusunu kesin olarak ayırt etmek için MRI ve BT taramasını kullanan çalışmalar, visseral birikimin aşağıdaki değişmiş bir metabolik profille ilişkili olduğunu göstermektedir:

- İnsülin yüksekliği
- İnsülin direnci ve glukoz intoleransı
- Trigliserit yüksekliği
- HDL azalması
- Apolipoprotein B artışı

İç organ obezitesini karakterize eden aşırı insülin üretimi ve azalmış insülin duyarlılığı, yalnızca tip 2 diyabet riskini artırmakla kalmaz, aynı zamanda iskemik kalp hastalığı riskini de artırır.

Android obezitesi (Şekil 5.2.1. a.) olarak tanımlanan karın bölgesinde yağ birikimi, büyük oranda hipertansiyon, tip 2 diyabet ve koroner kalp hastalıkları olan aşırı kilolu hastalarda görülür.

Fazla yağın çoğunluğunun vücudun gluteal ve femoral bölgelerinde depolandığı periferal (jinekoid) obezite (Şekil 5.2.1. b.) daha düşük sağlık riskleriyle beraberdir.



Şekil 5.2.1. Android (a) ve jinekoid (b) obezite tipleri (S.Gözen)

Bel-kalça çevresi oranı, iç organ yağının ilk klinik değerlendirmesini sağlar.

Genel olarak, kadınlar için 0,80'i ve erkekler için 0,95'i aşan oranlar, iç organlarda aşırı yağ birikimini gösterir. Koroner arter hastalığı ve diğer hastalıklardan ölüm riskinin BMI ölçümünden daha doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlar.

Bel çevresi ve obezite bağlantısı

Yaş	Bel çevresi
<40 yaş	> yada eşit 100 cm
40-60 yaş	> ya da eşit 90 cm

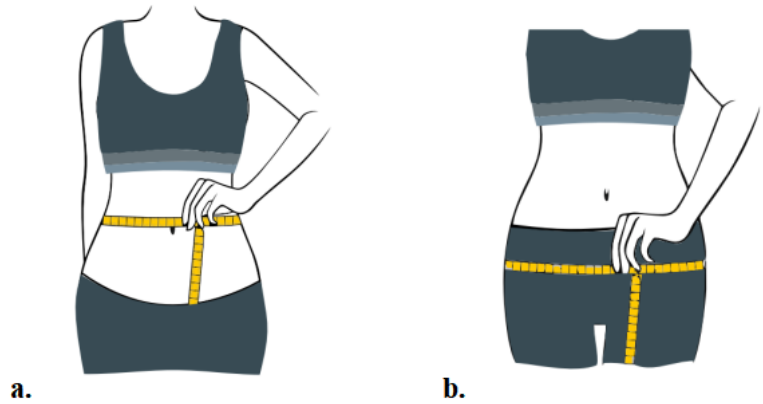
Bel-kalça çevresi oranı nasıl hesaplanır ve yorumlanır?

Bel-kalça çevresi oranı yetişkinlerde görece yağ dağılımını ve hastalık riskini gösterir.

Daha yüksek bir oran hiperinsülinemi, insülin direnci, tip 2 diyabet, endometrial kanser, hiperkolesterolemi, hipertansiyon ve ateroskleroz için risk gösterir.

Bel-kalça çevresi oranı = Karın çevresi (cm) / Kalça çevresi (cm) olarak hesaplanır.

Bel çevresi karın çevresindeki en küçük çevreyi (doğal bel) temsil eder (Şekil 5.2.2.a.) ve kalça çevresinde ölçülen en büyük çevreyi yansıtır (Şekil 5.2.2.b.)



Şekil 5.2.2. Karın çevresindeki en küçük çevre (a), kalça çevresinde ölçülen en büyük çevre (b) (S.Gözen)

Bel-kalça çevresi oranı hesaplanması:

Örnek 1:

22 yaşında erkek, abdominal çevre: 110.9 cm; kalça çevresi:94.5

Bel-kalça çevresi oranı = abdominal çevre (cm) / kalça çevresi (cm)
=110.9/94.5
= 1.17 (görece çok yüksek hastalık riski)

Örnek 2:

45 yaşında kadın, abdominal çevre: 82.9 cm; kalça çevresi:110 cm

Bel-kalça çevresi oranı = abdominal çevre (cm) / kalça çevresi (cm)
=82.9/110
= 0.75 (görece orta hastalık riski)

Tablo. Bel-kalça çevresi oranı ve görece hastalık riski

		Risk seviyesi			
	Yaş	**Düşük**	**Orta**	**Yüksek**	**Çok Yüksek**
Erkek	20-29	< 0.83	0.83-0.88	0.89-0.94	>0.94
	30-39	< 0.84	0.84-0.91	0.92-0.96	>0.96
	40-49	< 0.88	0.88-0.95	0.96-1.00	>1.00
	50-59	< 0.90	0.90-0.96	0.97-1.02	>1.02
	60-69	< 0.91	0.91-0.98	0.99-2.03	>1.03
Kadın	20-29	< 0.71	0.71-0.77	0.78-0.82	>0.82
	30-39	< 0.72	0.72-0.78	0.79-0.84	>0.84
	40-49	< 0.73	0.73-0.79	0.80-0.87	>0.87
	50-59	< 0.74	0.74-0.81	0.82-0.88	>0.88
	60-69	< 0.76	0.76-0.83	0.84-0.90	>0.90

Biyo-elektrik impedans analiz tekniği:

Bu yöntem zayıf elektrik akımlarını kullanarak vücut dokularının direnci üzerinden total vücut suyu, yağ, kas, kemik kütlesini yaklaşık olarak tahmin etmeye dayalı bir sistemdir. Ancak bu cihazlar hastalıklar açısından asıl riski oluşturan visseral yağ doku ile subkutan yağ doku arasında ayrım yapamaz. Günlük pratikte sık kullanılma eğiliminde olunmasına rağmen bu yönüyle bel çevresi ölçümünden daha üstün değildir.

Yağ hücresi büyüklüğü ve sayısı:

Yağ hücrelerinin büyüklüğü ve sayısı, normal ve anormal vücut yağlanmasının yapısı, şekli ve boyutları hakkında fikir verir. Yağ dokusu kitlesindeki artış iki şekilde gerçekleşir:

- Mevcut yağ hücrelerinin daha fazla yağla büyümesi-yağ hücresi hipertrofisi
- Yağ hücrelerinin toplam sayısının artışı- yağ hücresi hiperplazisi

Adiposit boyutunu ve sayısını değerlendirme tekniği, genellikle sırtın üst kısmından, kalçalardan, karından ve üst kolun arkasından küçük deri altı doku parçalarının, doğrudan yağ deposuna yerleştirilen bir iğne aracılığıyla bir şırıngaya çekilmesini içerir. Biyopsi örneği araştırmacının yağ hücrelerini ayırmasına ve saymasına olanak sağlar.

Numunedeki yağ miktarının toplam hücre sayısına bölünmesi, hücre başına ortalama yağ miktarını belirler. Vücudun toplam yağ miktarının hücre başına ortalama yağ içeriğine bölünmesi, toplam yağ hücresi sayısını makul bir şekilde tahmin eder.

- Siz de kendi beden kitle indeksinizi hesaplayınız ve bel ve kalça çevrenizi ölçünüz.

KAYNAKLAR

1. McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L. Essentials of exercise physiology. 2nd edition. Pensilvanya: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
2. Obezite Tanı ve Tedavi Kılavuzu. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği. 8. Baskı. Ankara: BAYT Bilimsel Araştırmalar Basın Yayın ve Tanıtım; 2019.
3. KEDD Obezite Kılavuzu. Klinik Endokrinoloji ve Diyabet Derneği. Antalya: Kongre Kitabevi; 2022.
4. Obezite ile Mücadele El Kitabı. Türkiye Halk Sağlığı Kurumu. Ankara: Sağlık Bakanlığı; 2013.

BÖLÜM | 6

ÜROGENİTAL VE ENDOKRİN SİSTEM FİZYOLOJİSİ

6.1. Gebelik Testi ve Semen Analizi

Prof. Dr. Deniz Şahin[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- İdrar örneğinde β -hCG tayini yapar,
- ELISA kit çalışma mekanizmasını açıklar,
- Semen analizi ve normal sperm parametrelerini tanımlar.

Gebelik Testi

İnsan koryonik gonodotropini (hCG) gebeliğin ilk temel hormonudur. hCG, sperm ve yumurtanın birleşmesinden (fertilizasyon) sonra plasenta sinsityotrofoblast hücreleri tarafından salgılanmaya başlayan bir hormondur. hCG, yapısal olarak hipofiz glikoprotein hormonlarıyla benzer olup ortak bir α-glikoprotein alt biriminden (α-GSU) ve hormona özgü bir β alt biriminden (β-hCG) oluşur. hCG'yi tespit etmek için kullanılan antikorlar, özellikle β alt birimini tespit edecek şekilde tasarlanmıştır. Beta hCG tayini en sık kullanılan ve özgül olan gebelik testidir.

hCG gebelik oluşumundan yaklaşık 11 gün sonra kan testinde, 12-14 gün sonra idrar testinde ölçülmesiyle gebelik, erkenden teşhis edilebilir. Öncelikle çok düşük düzeylerde salgılanan beta hCG miktarı, zamanla artmaya başlar.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Beta hCG değeri, gebelik durumu dışında bazı tümörlerde ve hastalıklarda da yükselmektedir. Bu nedenle gebeliğin teşhisi beta hCG ölçümüyle beraber mutlaka ultrasonografi (USG) ile desteklenmelidir.

Beta hCG Normal Değerleri

Gebe olmayan sağlıklı bir kadının kanında 0-10 mIU/ml beta hCG değeri normal kabul edilir.

Gebelik teşhisi için kanda beta hCG değeri 10 mIU/ml üzerinde olmalıdır.

Gebelikte beta hCG düzeyi implantasyondan sonra ilk 6 hafta boyunca 48 saatte bir ikiye katlanarak artar ve yaklaşık 10.haftada pik yapar. Değeri 16-20.haftalara kadar azalarak çok düşük bir düzeye iner ve gebeliğin sonuna kadar bu düzeyde kalır.

ELISA (Enzym Linked Immunosorbant Assay) Kit Çalışma Mantığı - Monoklonal Antikor Mekanizması

İdrarda Beta hCG ölçen test, sandviç ELISA kiti şeklindedir. ELISA kiti, antijen-antikor tepkimesine dayalı bir mantıkla çalışmaktadır.

Test çubuğu şeklinde karşımıza çıkan bu kitte, 3 farklı bölge (zon) bulunmaktadır. Reaksiyon zonu (R), test zonu (T), ve kontrol zonu (C) (Şekil 6.1.1).

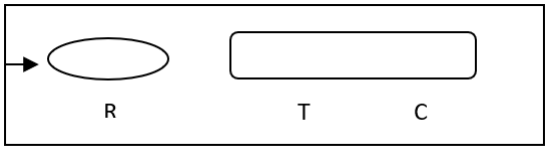
Reaksiyon zonu, çözünebilen-mobilize mouse (fare) monoklonal anti-hCG antikor-enzim konjugatı içerir.

Test zonu, immobilize poliklonal anti-hCG antikoru ve bir boya substratı içerir.

Kontrol zonu, immobilize goat (keçi) anti-mouse antikoru ve boya substratı içerir.

Uygulama

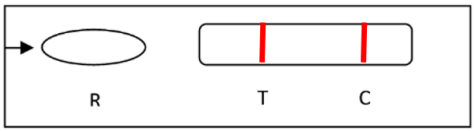
- Gebelik şüphesi olan kişiden temiz bir kaba idrar örneği vermesi istenir.
- Test kitinin içinden çıkan pipet kullanılarak idrar örneğinden birkaç damla alınır ve test çubuğunda okla gösterilen reaksiyon bölgesine damlatılır (Şekil 6.1.1.).



Şekil 6.1.1. Gebelik testi çubuğu

- Damlatılan idrar, kapiller akışla ilerleyerek reaksiyon zonuna ulaşır. Eğer idrarda hCG molekülü varsa;
- hCG molekülü reaksiyon zonundaki çözünebilir *mouse monoklonal anti-hCG antikor-enzim konjugatına bağlanır*. hCG'ye bağlanan antikor-enzim konjugatları çözünür, kapiller akışla ilerlemeye devam ederek test zonuna ulaşır.
- hCG molekülündeki diğer epitoplar, test zonundaki *immobilize poliklonal anti-hCG antikorlarıyla* enzimatik tepkime oluşturur ve boya substratları patlar. Test zonunda kırmızı renk çizgi oluşur.
- Sonrasında idrar, kapiller hareketle ilerlemeye devam ederek kontrol zonuna ulaşır.
- Bağlanmayan *mouse monoklonal antikor-enzim konjugatları*, kontrol zonundaki *antimouse keçi antikoruyla* tepkimeye girer ve boya substratları patlar. Kontrol zonunda kırmızı renk çizgi oluşur (Şekil 6.1.2.).

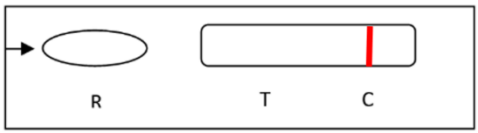
(Kontrol bölgesindeki antikor tepkimesi ve kırmızı çizgi oluşumu, bize test çubuğunun doğru çalıştığını gösterir.)



Şekil 6.1.2. Gebelik testi pozitif

- Eğer idrar örneğinde beta hCG yoksa test zonunda tepkime oluşmaz, boya substratı patlamaz ve çizgi oluşamaz.
- İdrar, kapiller akışla test zonundan ilerlemeye devam ederek kontrol bölgesine gelir.

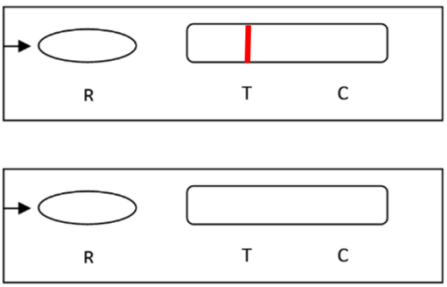
- Reaksiyon zonundan yanına alarak getirdiği *mouse monoklonal antikorları*, kontrol zonundaki *antimouse keçi antikoruyla* tepkimeye girer ve boya substratları patlar. Kontrol zonunda kırmızı renk çizgi oluşur (Şekil 6.1.3.).



Şekil 6.1.3. Gebelik testi negatif

İdrarda beta hCG'nin olduğu veya olmadığı her iki durumda da test çubuğunda kontrol zonunda kırmızı çizgi oluşmalıdır. Bu sayede test çubuğunun doğru çalıştığı kanıtlanmış olacaktır.

Aşağıdaki örneklerde görüldüğü gibi kontrol zonunda çizgi oluşmayan testler, geçersiz sayılmalıdır (Şekil 6.1.4.).



Şekil 6.1.4. Gebelik testi geçersiz

Semen Analizi

Semen; vas deferensten (≈ %10), seminal vezikülden (≈ %60), prostat bezinden (≈ %30), az miktarda mukus bezlerinden ve özellikle bulboüretral bezlerden gelen salgıları ve spermleri içerir.

Semen (meni) analizi, erkek üreme kabiliyetini değerlendirmek amacıyla yapılan bir testtir. 2-4 günlük cinsel perhiz sonrası erkek hastadan alınan meni örneğinde semen hacmi, spermlerin sayısı, şekli, hareketliliği gibi özellikler incelenir.

Erkek üreme potansiyelinin değerlendirilmesinin yanında testisi etkileyen diğer durumlarda da semen analizi yapılmalıdır. Bu durumlardan bazıları; varikosel, inmemiş testis, radyoterapi, kemoterapi vb.

Uygulama:

Pratik uygulamamızda sperm morfolojisi, motilitesi, vitalitesi mikroskopta lam yöntemi ile değerlendirilecektir.

EK:

Fakültemizin androloji laboratuvarında meni örneğinde makroskobik ve mikroskobik olmak üzere iki yöntemle semen analizi (spermiyogram) yapılmaktadır.

Semenin Makroskobik İncelemesi:

- Renk ve koku: Sağlıklı bireylerde semen rengi homojen, beyaz-gri ve opak olmalıdır. Cinsel perhiz süresi uzunsa sarı-gri renk halini alır. Kahverengi veya kırmızı görünümlerde eritrosit varlığından şüphelenilir.

- Sıvılaşma süresi (Likefaksiyon): Semen, genellikle ejekülasyon sonrası ilk 15 dakikada sıvılaşır. Oda sıcaklığında bu süre 60 dakikaya kadar uzayabilir. Likefaksiyon, 60. dakikada hala tamamlanmamışsa raporda belirtilir.

- Viskozite: Plastik bir pipete çekilen meni örneği yer çekimi etkisiyle damlatılır. Normalde semenin küçük ve ayrı damlalar halinde pipeti terketmesi beklenir. Damla halinde akarken damla uzunluğunun 2cm'nin üzerinde olması anormal kabul edilir.

- Hacim: Semen hacmi 1,4 ml 'nin üzerinde olmalıdır. Hacmin doğru ölçülmesi, sperm hücre sayılarının doğru ölçülmesi için önemlidir. Ejakülat hacminin düşük olması; örneğin eksik alınması, vas deferens agenezisi, ejakülatuar kanal tıkanıklığı, hipogonadizm gibi sebeplerden kaynaklanabilir.

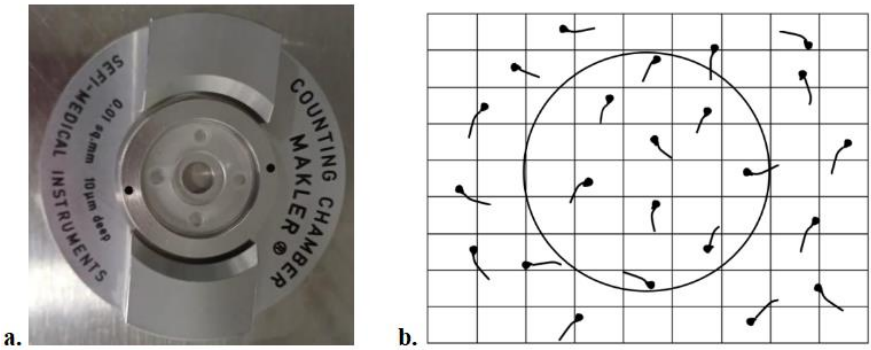
- pH: Normal semen pH'sı 7,2'nin üzerinde olmalı ve likefaksiyon sonrası ilk 60 dakika (tercihen ilk 30 dakika) içinde ölçülmelidir.

Semenin Mikroskobik İncelemesi: Faz kontrast mikroskopuyla yapılması önerilir.

- Aglütinasyon: Hareketli spermin başka hareketli spermle yapışmasıdır. (infertilite nedeni immünolojik açıdan incelenmelidir)

- Agregasyon: Hareketsiz spermlerin yapışmasıdır.

- Sperm sayısı: *Neubauer* kamarası, *Makler* kamarası (Şekil 6.1.5.) ve tek kullanımlık sayım cihazları (Mikro-cell) kullanılabilir. Sayma kamaralarının derinliği 100 µm olmalıdır.



Şekil 6.1.5. Makler kamarası (a), Makler kamarasında mikroskobik görüntü (b) (E.B.Gökçen)

Sperm sayımı öncesi meni örneği sulandırılmalıdır. Sulandırma (dilüsyon) işlemi sonrası bir miktarı (0.5'lik pipetle) çekilerek sayma kamarasındaki çembere yerleştirilir ve mikroskop altında sayım yapılır.

- Sperm dışı hücreler: Semen içinde sperm dışında lökositler gibi yuvarlak hücrelerin miktarı tespit edilmelidir.

- **Motilite:** Sayma kamarasında hazırlanan preparatlar, mikroskop altında 200-400 büyütmede incelenir. Sperm hareketleri progresif (ilerleyici tarzda hareket etmesi), nonprogresif (ilerlemeden olduğu yerde hareket etmesi) ve hareketsiz şeklinde sınıflandırılır. Progresif hareket paternindeki sperm oranı en az %30, total hareketli sperm oranı en az %42 olmalıdır.

- Vitalite (Canlılık): Canlı spermlerin oranı %54'den fazla olmalıdır.

- Morfoloji: Mikroskop altında incelenen preparatlarda spermlerin morfolojik özellikleri değerlendirilir. Bazı spermlerde baş, boyun ve kuyruk defektleri

gibi defektler veya spermler arası boyut farklılıkları olabilir. Fertil bir erkekte normal morfolojideki spermlerin oranı en az %4 olmalıdır.

- Konsantrasyon: Ejakulat sıvısında 2-4 ml'lik bir hacim içinde 200-400 milyon spermatozoa bulunur. En yüksek sperm konsantrasyonu ilk 1 ml içinde olup normal sperm konsantrasyonu 16 milyon/ml üzerinde olmalıdır.

Normal Sperm Parametreleri

Volüm: 1.4 ml

pH: > 7.2

Total Motilite: > %42

Morfoloji: >4

Canlılık: >%54 canlı

Lökosit: <%1

Semen analizindeki normal değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Laboratuvar El Kitabı'nın 2021 yılı İnsan Semen Analizi verilerine göre düzenlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.
2. Berne R.M., Levy M.N., Koeppen B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiology. 7th Edition. Canada: Elsevier; 2018.
3. Boeri L, Fallara G, Pozzi E, Belladelli F, Corsini C, Raffo M, Schifano N, Capogrosso P, d'Arma A, Montorsi F, Salonia A. The impact of different WHO reference criteria for semen analysis in clinical practice: Who will benefit from the new 2021 thresholds for normal semen parameters? Andrology. 2022 Sep;10(6):1134-1142.
4. https://www.youtube.com/watch?v=RWDWJVE3J_c

BÖLÜM | 7

SİNİR SİSTEMİ VE DUYU ORGANLARI

7.1. İnsanda ve Kurbağada Reflekslerin İncelenmesi

Prof. Dr. Gül İlbay[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]
Dr. Öğr. Vildan Keleş Güler[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Deri - mukoza refleksleri, kas gerim refleksleri ve viseral refleksleri tanımlar,
- Refleks muayenesi yapar,
- Deserebre kurbağa ve spinal kurbağada refleksleri karşılaştırır.

İnsanda Refleksler

Refleks spesifik uyarana karşı oluşan kısmen stereotipik motor yanıttır. Refleksin bir işlevi hızlı yanıttır. Örneğin zararlı bir ısı uyaranına karşı elin hızla daha bilince ulaşmadan çekilmesi. Bu tip refleksler organizmayı merkezi sinir sisteminin yorumlamasından daha önce korurlar. Bazı refleksler basit bazıları daha karmaşıktır. Bir refleksin işlevsel birimi duyu organı, afferent yol, tümleştirici merkez, efferent yol ve bir effektörden oluşur.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Normal Refleksler

1. Deri ve Mukoza Refleksleri

Plantar refleks (taban derisi refleksi):

Hazırlık

Bu laboratuvar uygulamasında refleks çekici gerekmektedir (Şekil 7.1.1.).

Bu derse gelmeden önce sinir sisteminin çeşitli bileşenlerinin motor işlevin kontrolündeki rollerini gözden geçiriniz.

Plantar refleks, piramidal motor yol ve daha spesifik olarak kortikospinal yol fonksiyon bozukluğunu, yani bu yollardaki nöronların hasarını tespit etmek için kullanılır. Reseptörleri plantar yüzeyin derisindedir. Yetişkinlerde, ayak tabanındaki bu reseptörlerin uyarılması, negatif Babinski yanıtına neden olur. Baş parmakta plantar fleksiyon olurken geriye kalan ayak parmaklarının birbirine yaklaşması gözlemlenir. Piramidal veya kortikospinal yoldaki hasar, ayak parmaklarının yelpaze gibi birbirinden ayrıldığı ve ilk parmakların dorsifleksiyon yaptığı (yani yukarı doğru hareket ettiği) pozitif Babinski yanıtına neden olur.12-18 aydan küçük bebeklerde, refleks yolundaki nöronlar tam olarak gelişmediğinden pozitif Babinski yanıtı normaldir. Çünkü miyelinizasyon henüz tamamlanmamıştır.

Uygulama

Testi yapacağınız kişinin ayakkabısı ve çorabı çıkarılmalıdır.

Refleks hafif bir hareket olarak görülecektir, eğer bir denemeden sonra göremezseniz görene kadar tekrarlayınız (en fazla 3 veya 4 kez). Muayene edilecek kişi için iki pozisyon vardır.

1. Pozisyon: Sırt üstü

Kişiyi ayakkabısız olarak bacak yatay olacak şekilde muayene masasına yatırınız. Bacaktaki baldır kasının altına, topuğun masa yüzeyinden yaklaşık 2,5 cm kadar yukarı kaldırılacağı şekilde yumuşak yastık gibi bir destek yerleştiriniz.

2. Pozisyon: Diz üstü

Bir sandalyenin üzerinde tek bacak (ayakkabısız bacak) üzerinde diz çökünüz. Ayak sandalye yüzeyinin yaklaşık 15 santimetre ötesine uzanmalıdır, böylece ayak parmakları aşağıya bakacak şekilde rahat bir pozisyonda kalınabilir. Tibianın altına yumuşak yastık gibi bir destek yerleştiriniz.



Şekil 7.1.1. İki farklı refleks çekici

Muayene tekniği

Refleks çekicinin metal, sivri sapını topuğun yan noktasına yerleştiriniz. Refleks çekicinin sivri sapını, ilk falanksın tabanında bitecek şekilde plantar yüzey boyunca ilerletiniz, yani lateralden başlayın ve medialde bitiriniz (Şekil 7.1.2.).



Şekil 7.1.2. Taban derisinin lateralden mediale çizilme şekli

Karın derisi refleksi:

Kişiyi sırt üstü yatırınız.

Refleks çekicinin metal sivri ucu veya anahtar ucu gibi künt bir cisimle karın derisini göbekten dışarıya ve pubisten yukarıya çiziniz.

Yanıt olarak çizilen bölgedeki kasların kasılmasını saptayınız.

Kornea refleksi:

Kornea refleksi göz hasarını azaltan koruyucu bir reflekstir. Bu refleksteki efektörler göz kapağı kaslarındadır.

Öğrenciler ikili gruplar halinde çalışacaklardır.

Bu prosedürün etkili olabilmesi için deneğin, muayeneyi yapan kişinin ellerinin hareketine şaşırması gerekir. Bu nedenle, muayeneyi yapan kişi belirsiz bir süre boyunca, örneğin 5-30 saniye boyunca, deneğin hareketi tahmin edememesi için ellerini hareketsiz tutmalıdır.

Daha sonra hızla korneaya bir pamuk parçası yaklaştırıldığında göz kapakları refleks olarak kapanır.

Farinks refleksi:

Farinksin arka duvarına dil basacağı ile dokununuz.

Bu durumda farinks kasları kasılır ve dil hareket eder.

Uyaran uzun sürer ve tekrarlar ise öğürme ve kusma meydana gelir.

2. Kas Gerim Refleksleri

Hazırlık

Bu laboratuvar dersine gelmeden önce kastaki reseptörler olan kas iğciklerinin aracılık ettiği medulla spinalis (omurilik) tarafından tümleştirilen kas gerim reflekslerini okuyunuz.

Bu laboratuvar uygulamasında refleks çekici gerekmektedir.

Aşağıdaki refleksler kas gerim refleksleri (derin tendon refleksleri) olarak kabul edilir ve refleks çekiciyle belirli tendonlara vurularak kontrol edilirler. Çekicin küçük tendonlar için sivri bir ucu, büyük tendonlar için ise künt bir ucu vardır. Çekiç kullanmaya başlamadan önce, onu kullanma alıştırmasını aşağıdaki gibi yapmalısınız.

Refleks çekicini sapının en ucunda tutun ve çekicin birinci ve ikinci parmaklar arasında hızla ve serbestçe aşağıya doğru sallanmasına izin veriniz.

Refleks çekicini başına çok yakın tutmak serbest hareketi engelleyecektir.

Stiloradyal refleks:

Kişi sandalyeye oturur.

Ön kolunu fleksiyonda uyluğuna dayar.

Elin posterior kısmı uyluğun üzerinde dinlenimde bekler.

Deneğin avuç içi yukarı bakacak şekilde doğal olarak uzatılacaktır.

Refleks çekici ile radiusun stiloid çıkıntısına vurulur.

Ön kolun dirsekten hafif fleksiyonu veya ön kolun hafif pronasyonu gözlenir (Şekil 7.1.3.).



Şekil 7.1.3. Stiloradyal refleks

Biceps refleksi:

Refleksin siniri: Musculocutaneous sinir

Kişi sandalyeye oturur.

Ön kolunu fleksiyonda uyluğuna dayar.

Elin posterior kısmı uyluğun üzerinde dinlenimde bekler.

Deneğin kolu, avuç içi yukarı bakacak şekilde doğal olarak uzatılacaktır.

Muayene edecek kişi biceps kas tendonunu bulur. Bunun için deneğin elini tutunuz ve başparmak veya işaret parmağıyla antekübital fossayı nazikçe palpe ediniz. Palpasyon sırasında kişiye kolunu fleksiyona getirmeye çalışmasını söyleyiniz. Bu tendondaki basıncı artıracak ve muayene eden kişinin tendonu algılamasını sağlayacaktır.

Test için yukarıda anlatılan pozisyonda bekleyen kişide, doktor parmağını tendonun üzerine koyup, parmağının üzerine refleks çekici ile vuracaktır (Şekil 7.1.4.). Ön kolun fleksiyon hareketini (kırmızı ok yönünde) dikkatle izleyiniz.



Şekil 7.1.4. Biceps refleksi

Triceps refleksi:

Refleksin siniri: Radial sinir

Triceps tendonunun bulunması için deneğin elini tutunuz ve arka kolu dirseğin yaklaşık 5 santimetre yukarısında elle muayene ederken, deneğe kolunu uzatmasını söyleyiniz. Bu şekilde tendon kolayca hissedilebilir.

Test için kişinin dirseği 90 derecelik bir açıda fleksiyonda iken ve doktor eli ile alttan desteklenirken kişiye kolunu tamamen serbest bırakması söylenir. Doktor el desteğini çektiğinde kol düşmüyorsa kişiye tekrar kolunu tüm ağırlığıyla serbest bırakması söylenir. Kolun dirsek hizasından avuç içi aşağıya bakacak şekilde tamamen serbest sarkması durumunda tendona vurunuz (Şekil 7.1.5.). Ön kolda görülecek ekstansiyon hareketini (kırmızı ok yönünde) dikkatle izleyiniz.



Şekil 7.1.5. Triceps refleksi

Patellar refleks:

Refleksin siniri: Femoral sinir

Denek, bacakları serbest kalacak şekilde masaya oturacaktır.

Standart test, patellanın hemen altında ve tendonun tibiaya yapışma yerinin üstünde patellar tendona vurularak gerçekleştirilir (Şekil 7.1.6.). Bu, kuadriseps femoris kasının refleks kasılmasına ve alt bacağın ekstansiyonuna (kırmızı ok yönünde ileri hareket) neden olmalıdır.



Şekil 7.1.6. Patellar refleks

Not: Refleks yanıtını kolaylaştırmak için deneğin ellerini göğsünün önünde, dirsekleri yanlara bakacak şekilde kenetlemesini sağlayınız. Tendona vurulmadan hemen önce deneğin ellerini birbirinden dışarı doğru çekmesini sağlayınız, bu esnada eller birbirine kenetlenmiş kalacaktır. Bu manevraya *Jendrassik* manevrası denir (Şekil 7.1.7.).

Aşil refleksi:

Refleksin siniri: Tibial sinir

Testi yapacağınız kişinin ayakkabısı ve çorabı çıkarılmalıdır.

Bu bacakla bir muayene masasının üzerine diz çökülür. Ayak muayene masasının kenarından serbestçe sarkmalıdır.

Test için muayene eden kişi aşil tendonuna refleks çekici ile hafifçe vuracaktır (Şekil 7.1.8.). Ayak bileğinde plantar fleksiyon cevabının (kırmızı ok yönünde) gözlenmesi beklenir.



Şekil 7.1.7 Jendrassik manevrası



Şekil 7.1.8. Aşil refleksi

Kas gerim reflekslerini aşağıdaki şekilde derecelendiriniz.

O= Refleks yanıtı yok

1= Azalmış yanıt

2= Normal yanıt

3= Canlı yanıt

4= Klonus (Ritmik kontraksiyonlar)

3. Viseral Refleksler

Göz refleksleri:

Bu deneylerde uyarı retinaya düşen ışık ve afferent yol ise optik sinir olacaktır. Görsel kortekse ulaştıktan sonra bilgi asosiasyon alanlarına iletilir. Bu da ya aşağıdaki alanlarda visseral efektörleri kontrol eden ya da somatik efektörleri aktive eden sinirlerdeki aktiviteyi artırır.

Pupillanın ışık refleksi:

Hazırlık

Laboratuvardan önce hangi kasların pupillada daralmaya neden olduğunu ve hangi sinirlerin daralmayı kontrol ettiğini bilmelisiniz.

Bu testler için ışık kaynağı olarak oftalmoskop gerekmektedir. Cep telefonlarınızın ışığından da faydalanabilirsiniz.

Bu refleks için dört öğrenci birlikte çalışacaktır ve bir öğrenci teste tabi tutulacaktır.

Karanlık adaptasyonu için kişinin laboratuvar odasına açılan karanlık bir odanın kapısının yanında durmasını ve ışıkları kapatılmış karanlık odaya bakmasını sağlayınız. Laboratuvarın kapıya yakın ışıklarının kapatılması gerekmektedir.

İki dakika sonra her iki pupilin de genişlediğini fark edeceksiniz.

Denek karanlık odaya bakmaya devam etmeli fakat dikey konumda elini burnuna dayamalıdır. Daha sonra muayeneyi yapan kişi oftalmoskopun dar ışığını kullanarak deneğin sol gözüne bir ışık tutmalıdır. Işık deneğin yüzünün sol tarafından sol göze ani getirilmelidir.

Işık sol göze çarptıktan hemen sonra göz bebeklerinden birinin veya her ikisinin daralıp daralmadığına dikkat ediniz.

İlk daralmanın ardından, daralmış pupillalarda hafif bir genişlemenin meydana geleceğini görmelisiniz. Bu genişleme geçicidir ve ardından başka bir daralma gelir. Bu değişiklikler hızlı bir şekilde gerçekleştiğinden dikkatli izlemeniz gerekecektir.

Işığın uygulandığı gözün pupillasında daralma olması direkt ışık refleksi, o sırada diğer gözün pupillasında daralma gözlenmesi ise indirekt (yoldaşlık) ışık refleksi olarak adlandırılır.

Akomodasyon refleksi:

Yakın görme, lensin şeklini kontrol eden düz kasların aktif kasılmasını gerektirir.

İki kişilik gruplar halinde çalışılacaktır.

Uzağa bakan deneğin gözünün önüne ani olarak bir cisim getirildiğinde her iki gözde meydana gelen konverjans ile birlikte pupil çaplarındaki daralmayı gözlemlemeye çalışınız.

Deserebre ve Spinal Kurbağada Reflekslerin İncelenmesi

Bu uygulama dersi video gösterimi şeklinde yapılacaktır.

Hazırlık

Video gösteriminde normal, deserebre ve spinal kurbağa için aşağıda anlatılanlara dikkat ediniz.

Deserebre kurbağada hareketlerin incelenmesi:

+4 derecede bekletilen kurbağa eter anestezisi ile uyutulur.

Kurbağanın çenesine cerrahi makas yerleştirilerek kurbağanın gözlerinin arkasından, timpan zarın önünden Şekil 7.1.9.'daki a-b doğrultusunda düz bir kesiyle ön beyin bölgesi kesip çıkarılır. Böylece sadece orta beyin ve medulla spinalis (omurilik) kalacaktır.

Deserebre kurbağa;

- Kurbağa sırtüstü konulduğunda tekrar eski pozisyonuna dönebilir.
- Eğimli yüzeylere konulduğunda dengesini sağlayabilir.
- Su dolu kapta yüzebilir,
- Uyarı durumunda sıçrayabilir.

Spinal kurbağada refleks faaliyetlerin incelenmesi:

Deserebre kurbağanın başı eğer gözlerinin arkasındaki timpan zarlarının arkasından Şekil-1'deki c-d doğrultusunda kesilecek olursa omurilik dışındaki beyin bölgeleri uzaklaştırılmış olur. Sadece medulla spinalisi bulunan bu kurbağaya, spinal kurbağa adı verilir.

Daha sonra spinal kurbağa hemen alt çenesinden bir stative asılır ve kas tonusu incelenirse önce kas tonusunun kaybı ve uyaranlara yanıtsızlık gözlenir (spinal şok). Sonra dakikalar içerisinde mekanik, kimyasal ve elektriksel uyaranlara yanıt geri gelir.

Sonrasında hayvan üzerinde kimyasal, mekanik ve elektriksel uyaranın etkisini incelemek için aşağıdaki deneyler yapılır:

Kimyasal uyaran etkisinin incelenmesi:

- Bir beher içine asetik asit çözeltisi hazırlanır.
- Kurbağanın bir bacağına asit sürülmüş filtre kağıdı yerleştirilir.
- Filtre kağıdı yerleştirilen bacakta geri çekme refleksi (fleksiyon refleksi) gözlenir.
- Bu sırada karşı taraftaki bacakta da ekstansiyon hareketi (çapraz ekstansör refleks) gözlenir.
- Sonraki deneyler için asidin etkisini ortadan kaldırmak amacıyla kurbağanın bacağı suyla yıkanır.

Mekanik uyaran etkisinin incelenmesi:

- Bir pens ile sıkıştırma şeklinde mekanik uyaran verilirse yine aynı bacakta fleksiyon oluşur.
- Bu sırada karşı taraftaki bacakta ekstansiyon meydana gelir (çapraz ekstansör yanıt).

Elektriksel uyaran etkisinin incelenmesi:

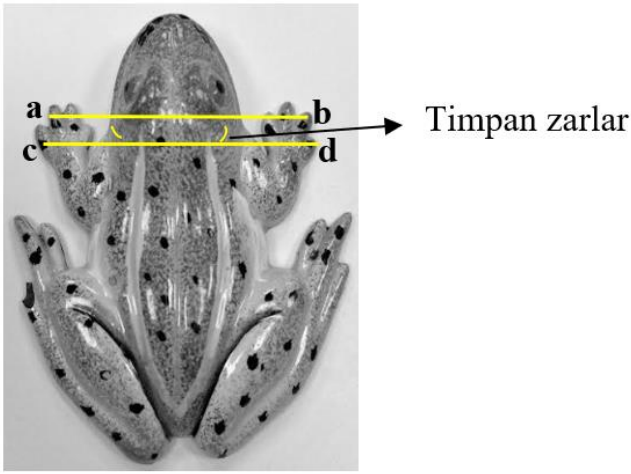
- Stimülatöre bağlı elektrotlarla stative asılı kurbağanın bir bacağına elektrik uyarısı verilir.
- Kurbağa ilgili bacağını çekerek elektrik uyarısına yanıt verir.
- Kurbağanın diğer bacağında da hareket gözlenir.

Kurbağada medulla spinalisin haraplanması:

Deneyin son aşamasında uzun bir iğne yardımıyla kanalis vertebralisten girilerek kurbağanın medulla spinalisi tamamen tahrip edilir. Bu kurbağada refleks faaliyetler incelendiğinde, uyarılara hiç yanıt alınamaz. Spinal kurbağanın vertebral kanalına iğne sokulup omurilik tahrip edildiğinde bu medulla spinalis reflekslerinin ortadan kalktığına dikkat ediniz.

Bu deneyde ne çeşit refleksler gözlenmiştir?

Spinal şokun ortaya çıkış ve kaybolma sebebini tartışınız.



Şekil 7.1.9. Deserebre (a-b) ve spinal (c-d) kurbağa hazırlamak için yapılan kesi hatları

KAYNAKLAR

1. Barret K. E., Barman S. M., Brook H. L., Yuan J. Ganong's Review of Medical Physiology. 26th edition. New York: McGraw-Hill; 2019.
2. Loğoğlu G. Fizyoloji Laboratuvar Kılavuzu. Adana: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; 1994.
3. Capman RA, Howard L, Tunstall J. Experiments in Physiology. The Palmer Biosciences 400 Series Washinton Oscillographs Aplications Manual; 1998.
4. Fox S. I. ve Rompolski K. Human Physiology. 15th edition. New York: McGraw-Hill; 2019.

5. http://www.med.gazi.edu.tr/egitim/dönem2/dersler/dersg5fizyoderbas.htm

6. https://www.youtube.com/watch?v=UVMFcnUf0Ms

7. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.

8. Lowell D. ve Neudeck A. Laboratory Manual for Human Physiology. New York: McGraw-Hill; 1998.

9. Terzioğlu M., Çakar L., Yiğit G. Fizyoloji Pratik Kitabı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1982.

10. Tanalp R., Uzalp B. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Fizyoloji Pratik Ders Kitabı. Ankara Üniversitesi Yayınları; 1975.

7.2. Total Refleks ve Reaksiyon Zamanı Ölçümü

Prof. Dr. Ayşe Karson[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Reaksiyon zamanı ve refleks zamanı kavramlarını tanımlar.
- Reaksiyon zamanını ve refleks zamanını BIOPAC sistemini kullanarak ölçebilir.
- Reaksiyon zamanını ve refleks zamanını etkileyen faktörleri açıklar.

Reaksiyon Zamanı

Bir uyarı verildikten sonra uyarıya karşı cevabın oluşmasına kadar geçen zamana reaksiyon zamanı denir. Örneğin atletizm yarışmalarındaki tabanca sesiyle harekete başlayan yarışmacılar için tabanca sesi uyarandır ve yarışmacıların tabanca sesini duyduktan sonra koşmaya başlamalarına kadar geçen süre de reaksiyon zamanıdır. İstemli hareketlerin reaksiyon zamanı; uyaranın sayısı, uyaran tipi (görsel, işitsel, dokunsal vb.), uyaranın verildiği zaman gibi uyarana bağlı faktörlere göre değişkenlik gösterebilir. Dikkat, ön hazırlık, motivasyon gibi kişiye bağlı psikolojik faktörler de reaksiyon zamanını etkiler. Ayrıca pratik yapma ve öğrenmeyle istemli hareketlerin reaksiyon süresi kısalabilir.

Bu uygulamada sesli bir uyarana cevap olarak butona basmanız istenecektir. Sesi duyduktan sonra butona basana kadar geçen süre, reaksiyon zamanı olacaktır. Sesli uyaranlar; rastgele aralıklarla ve sabit aralıklarla uygulanacaktır. Bu sayede pratik yapmanın reaksiyon zamanı üzerindeki etkisi izlenecektir.

Rastgele aralıklarla verilen sesli uyarıya karşı oluşan reaksiyon zamanının, sabit aralıklarla verilen uyarıya karşı oluşan reaksiyon zamanından daha uzun olması beklenir.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Araç – gereçler:

- Bilgisayar
- BIOPAC öğrenci lab sistemi
- BIOPAC veri toplama birimi (MP36)
- BIOPAC adaptör
- BIOPAC seri kablo
- BIOPAC OUT1 kulaklık
- BIOPAC SS10L el butonu

Uygulama:

1. BIOPAC MP36 birimi kapalı haldeyken cihaza reaksiyon zamanı ölçümü için gerekli ekipmanları bağlayınız (el butonu - CH1, kulaklık - OUT1 şeklinde).
2. BIOPAC veri toplama birimi MP36'yı açınız.
3. Bilgisayarı açıp BIOPAC öğrenci lab programını başlatınız.
4. Derslerden **L11- Reaction time** seçiniz.
5. Dosya adı yazıp **OK**'e tıklayınız.

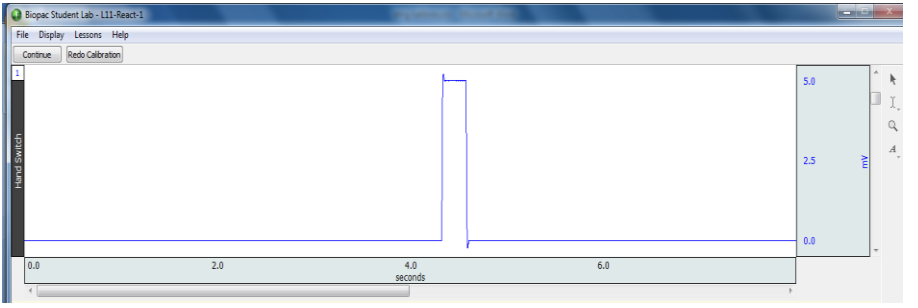
Kalibrasyon:

Kalibrasyon işlemiyle kulaklık ve el butonunun uygun şekilde bağlandığı doğrulanacaktır.

1. Kalibrasyon kaydı için deneği gözleri kapalı, kulaklığı takılı ve rahat bir şekilde oturtunuz. Denek baskın elini kullanarak baş parmağını butona basmaya hazır şekilde tutmalıdır.
2. Deneğe bir 'tık' sesi duyduğunda butona sıkıca basmasını söyleyiniz.
3. **Calibrate**'e ve sonra **OK**'e tıklayınız.
4. Denek, 'tık' sesini duyup butona kısa bir süre bastığında bilgisayar ekranında kaydedilen sinyali gördükten sonra kalibrasyonun durmasını bekleyiniz. Kalibrasyon yaklaşık 8 saniye sürecektir (Şekil 7.2.1.).

Not: Taban çizgisi 0 milivolt (mV) seviyesinde değilse veya veri içinde tepeden tepeye 1 mV'tan daha yüksek olacak şekilde gürültü varsa verileriniz yanlış olacaktır.

5. Kalibrasyon başarısız ise **Redo**'ya tıklayarak kalibrasyon işlemini tekrarlayınız.
6. Kalibrasyon başarılı ise **Continue**'e tıklayarak veri kaydına geçiniz.



Şekil 7.2.1. Reaksiyon zamanı kalibrasyon örneği

Ders Verilerinin Kaydı

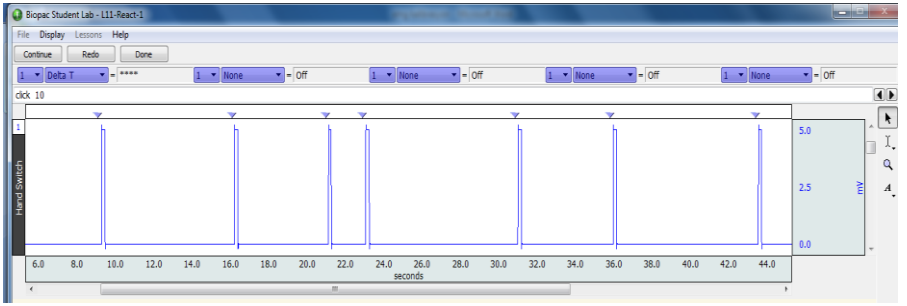
Dört segment halinde kayıt oluşturulacaktır. Deneğe her sesli uyaranda ('tık' sesi) butona mümkün olan en kısa sürede basmasını söyleyiniz. Sesli uyaran ('tık' sesi); Segment 1 ve 2'de rastlantısal aralıklarla, Segment 3 ve 4'te ise sabit aralıklarla verilecektir.

Segment 1 - Rastlantısal deneme 1:

Sesli uyaranlar rastlantısal aralıklarla verilecektir. Bu durumda aralık en az bir saniye en fazla on saniye olacaktır.

1. Kayıt için deneği gözleri kapalı, kulaklığı takılı ve rahat bir şekilde oturtunuz. Denek baskın elini kullanarak baş parmağını butona basmaya hazır şekilde tutmalıdır.
2. Ekrandaki **Record**'a tıklayarak veri kaydını başlatınız.
3. Deneğe kulaklıktan 'tık' sesini duyar duymaz elindeki butona sıkıca basmasını ve bırakmasını söyleyiniz. Her "tık" sesi çıkışında bir işaretleyici kendiliğinden ekrana yerleştirilecektir. Ayrıca butona her basıldığında ekranda yukarı doğru bir sinyal görülecektir.
4. On 'tık' sesinden sonra kayıt kendiliğinden duracaktır. Elde ettiğiniz grafik Şekil 7.2.2.'e benzeyecektir. Eğer butona doğru basılmışsa her işaretleyiciden sonra bir sinyal olmalıdır.

5. Ekrandaki verileri kontrol ediniz. Yanlış ise kaydı tekrarlamak için **Redo**'ya tıklayınız.



Şekil 7.2.2. Rastlantısal aralıklarla verilen 'tık' sesinin işaretleyicileri ve sinyaller

Aşağıdaki durumlarda verileriniz yanlış olacaktır:

- Kayıt her 'tık' için bir sinyal yakalayamamışsa (bazı tepkileri kaçırmanıza izin verilir fakat ikiden fazla kaçırmışsanız kaydı tekrarlamanız önerilir),
- Deneğin zamanından önce bastığını gösteren bir sinyal varsa,
- Deneğin butona basma süresi sonraki işaretleyiciye kadar uzanıyorsa.

Segment 2 - Rastlantısal deneme 2:

Kayıt, en son durduğu yerden devam edecektir ve **Continue**'e basıldığında "repeat-pseudo-random" etiketli bir işaretleyici kendiliğinden yerleştirilecektir. Böylece *Segment 1* tekrarlanacaktır.

1. Birinci rastlantısal denemedeki uygulama adımlarını tekrarlayarak ikinci rastlantısal denemeyi kaydediniz.
2. Ekrandaki verileri kontrol ediniz. Yanlış ise kaydı tekrarlamak için **Redo**'ya tıklayınız.

Segment 3 – Sabit aralıklı deneme 1:

Kayıt, en son durduğu yerden devam edecektir ve **Continue**'e basıldığında "fixed- interval" (sabit aralıklı) etiketli bir işaretleyici kendiliğinden yerleştirilecektir. 'Tık' sesi sabit aralıklarla, her dört saniyede bir gelecektir.

1. Deneğe kulaklıktan 'tık' sesini duyar duymaz elindeki butona sıkıca basmasını ve bırakmasını söyleyiniz. Her 'tık' sesi çıkışında bir işaretleyici

kendiliğinden ekrana yerleştirilecektir. Ayrıca butona her basıldığında ekranda yukarı doğru bir sinyal görülecektir.

2. On ‘tık’ sesinden sonra kayıt kendiliğinden duracaktır. Elde ettiğiniz grafik Şekil 7.2.3.‘e benzeyecektir. Eğer butona doğru basılmışsa her işaretleyiciden sonra bir sinyal olmalıdır.
3. Ekrandaki verileri kontrol ediniz. Yanlış ise kaydı tekrarlamak için **Redo**’ya tıklayınız.



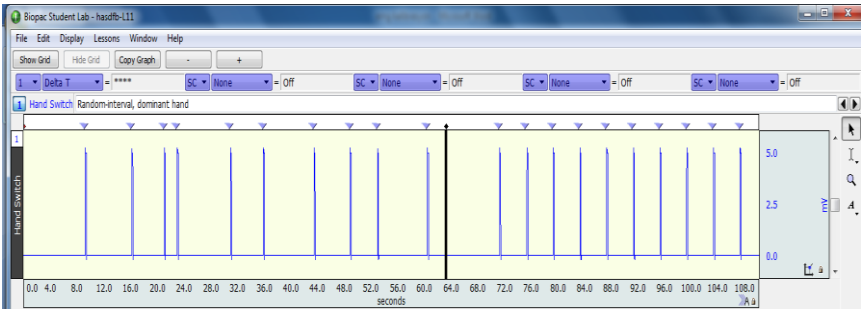
Şekil 7.2.3. Sabit aralıklarla verilen ‘tık’ sesinin işaretleyicileri ve sinyaller

Segment 4 – Sabit aralıklı deneme 2:

1. Birinci sabit aralıklı denemedeki uygulama adımlarını izleyerek ikinci sabit aralıklı denemeyi kaydediniz.
2. Ekrandaki verileri kontrol ediniz. Yanlış ise kaydı tekrarlamak için **Redo**’ya tıklayınız.
3. Tüm segmentlerin kaydı tamamlandıysa **Done**’e tıklayınız.

Verilerin Analizi

BIOPAC Student Lab 4.1. yazılımında veri analizi için uyaranın verildiği anda ekrana yerleştirilen işaretleyici ile butona basıldığında ekranda oluşan sinyal arasındaki süre bilgisayar tarafından otomatik olarak hesaplanır. Ekranın altındaki not alanında her segmentteki ‘tık’ seslerine verilen yanıt için geçen süre gösterilmektedir (Şekil 7.2.4.).



Journal | Analysis Procedure

Recording 1: Random-interval auditory stimulus, dominant hand response.

1 = 0.181 seconds
2 = 0.134 seconds
3 = 0.145 seconds
4 = 0.177 seconds
5 = 0.149 seconds
6 = 0.164 seconds
7 = 0.163 seconds
8 = 0.153 seconds
9 = 0.141 seconds
10 = 0.202 seconds

Şekil 7.2.4. Veri analizi örneği

Soru: Segmentler arasında reaksiyon zamanı açısından bir farklılık gözlendi mi? Farklılık gözlendiyse bu farklılığın nedeni nedir? Tartışınız.

Refleks Zamanı

Uyaranın verilmesi ile istem dışı yanıtın alınması arasındaki zaman refleks zamanı olarak adlandırılır. Refleks zamanı direkt ya da indirekt olarak ölçülebilir. Direkt ölçümde kasa yerleştirilen iğneli elektrotlar kullanılırken; indirekt ölçümde deri yüzeyine yerleştirilen yapışkanlı elektrotlar kullanılır. Refleks zamanı; kısa sürelidir, süresi değişmez ve istem dışıdır. Pratik yapma ve öğrenme refleks zamanını etkilemez.

Refleks zamanı refleks arkındaki elemanların değerlendirilmesi için kullanılır.

Refleks arkının elemanları;

- Reseptör organ (duyu organı),
- Afferent nöron,
- Merkezi sinir sisteminin refleksle ilgili bölgesi (refleks merkezi),
- Efferent nöron ve
- Efektör organdır.

Bu uygulamada deri yüzeyine yerleştirilen elektrotlar yardımıyla refleks zamanı değerlendirilecektir (indirekt yöntem). Uygulama kolaylığı açısından aşil tendon refleksi için refleks zamanı ölçülecektir.

Araç – gereçler:

- Bilgisayar
- BIOPAC öğrenci lab sistemi
- BIOPAC veri toplama birimi (MP36)
- BIOPAC adaptör
- BIOPAC seri kablo
- BIOPAC refleks çekici (SS36L)
- BIOPAC elektrot uç seti (SS2L)
- Deri yüzeyinde kullanmak için yapışkanlı elektrotlar

Uygulama:

1. BIOPAC MP36 birimi kapalı haldeyken cihaza refleks zamanı ölçümü için gerekli ekipmanları bağlayınız (refleks çekici - CH1, elektrot uç seti- CH2 şeklinde).
2. Deneğin gastrokinemius kası üzerine Şekil 7.2.5.'teki gibi üç adet elektrot yerleştiriniz ve elektrot uç setini bağlayınız (kırmızı elektrot: dize yakın, beyaz elektrot: kasın ortasına, siyah elektrot: ayak bileği iç yüzeyine olacak şekilde)
3. BIOPAC veri toplama birimi MP36'yı açınız.
4. Bilgisayarı açıp BIOPAC öğrenci lab programını başlatınız.
5. Derslerden **L20- Spinal Cord Reflexes** seçiniz.
6. Dosya adı yazıp **OK**'e tıklayınız.

Kalibrasyon:

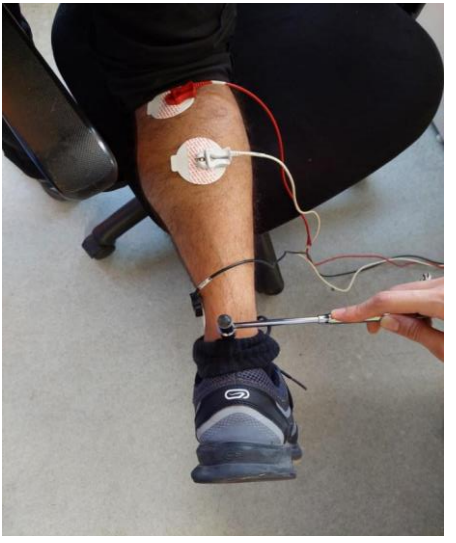
Kalibrasyon işlemiyle refleks çekicinin uygun şekilde bağlandığı doğrulanacaktır.

1. Refleks çekicini sabit bir yüzeye (masa gibi) vurunuz ve ekranda sinyal gözlemleyiniz. Bu işlemi kalibrasyon kaydı kendiliğinden durana kadar 2-3 defa tekrarlayınız.

2. Kalibrasyon başarılı ise **Continue**'e tıklayarak kayıt işlemine geçiniz. Kalibrasyon başarısız ise **Redo**'ya tıklayarak kalibrasyonu tekrarlayınız.

Ders Verilerinin Kaydı

1. Deneğe dizini bir sandalye üzerinde Şekil 7.2.5.'teki gibi konumlandırmasını ve rahat olmasını söyleyiniz.
2. Bilgisayar ekranında **Record**'a tıklayınız.
3. Deneğin aşil tendonuna refleks çekiciyle vurarak refleks yanıtına dair ekranda oluşan sinyalleri gözlemleyiniz. Bu işlemi yaklaşık on defa tekrarlayınız.
4. Kaydı tamamlamak için **Stop**'a, sonra **Done**'a tıklayınız.
5. Refleks sinyalleri başarısız ise **Redo**'ya tıklayarak 3. adımı tekrarlayınız.



Şekil 7.2.5. Aşil tendon refleks zamanı ölçümü

Veri Analizi

1. Kayıt işlemi **Done**'a tıklayarak tamamlandıktan sonra çıkan ekranda '*Analyse current data'* seçeneğini seçerek analiz ekranını açınız.
2. Refleks yanıtının ekranda oluşturduğu sinyallerden birini seçerek '*Autoscale waveforms*' a tıklayınız.

3. İmleç yardımıyla refleks çekicinin vurulduğu an ile refleks yanıtın oluştuğu ana kadar geçen alanı seçiniz ve milisaniye cinsinden refleks zamanı olarak not ediniz.

KAYNAKLAR

1. Biopac systems, Inc. MP36 Öğrenci Laboratuvar El Kılavuzu, Commat Ltd. Biopac systems, Inc. Türkiye Genel Distribütörü, Öveçler-Ankara (www.commat.com.tr, www.biopac.com).
2. Köylü H. Klinik Anlatımlı Tıbbi Fizyoloji. 3.Baskı. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2019.
3. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.
4. Berne R.M., Levy M.N., Koeppen B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiology. 7th Edition. Canada: Elsevier; 2018.

7.3. Polisomnografi ve Uyku Laboratuvarı

Prof. Dr. Nurbay Ateş[1]
Prof. Dr. Deniz Şahin[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Hasan Hudai Gürbüz[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Polisomnografinin tanımı,
- Polisomnografi testinde kullanılan parametreleri ve kullanım amacı,
- Normal uyku evreleri ve hipnogram (uyku mimarisi),
- Apne, Hipopne, Apne-Hipopne İndeksi tanımları,
- Uykuda solunum bozukluğu hastalıkları (örneğin OSAS) ve önerilen tedaviler hakkında genel bilgi sahibi olur.

Bu uygulama dersi Kocaeli Üniversitesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı Uyku Laboratuvarında yapılmaktadır.

Araç - Gereçler: Polisomnografi cihazı ve ekipmanları

Polisomnografi (PSG); uyku esnasında nörofizyolojik, solunumsal, kardiyovasküler ve diğer fizyolojik parametrelerin eş zamanlı olarak kayıt altına alınması işlemi olarak tanımlanır. Eş zamanlı alınan elektrofizyolojik kayıtlar işlem sonrası analiz edilerek uykuyla ilişkili olayların değerlendirilmesi, uyku evrelemesi yapılır ve polisomnografi raporu oluşturulur.

PSG testi; uykuyla ilişkili solunum bozukluklarının tanısında (obstruktif uyku apne sendromu (OSAS), santral uyku apne sendromu Cheyne- Stokes solunumu), OSAS tedavisinde yapılacak cerrahi öncesi ve sonrasında, huzursuz bacak sendromu, insomnia, narkolepsi tanısında, CPAP-BPAP titrasyonunun belirlenmesinde ve tedavinin takibinde kullanılır.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

Amerikan Uyku Tıbbi Akademisi (AASM) tarafından 2023 yılında güncellenen kılavuzda polisomnografi testinde kullanılması gereken parametreler ve parametrelerin kaydı için gerekli standart uygulamalar belirlenmiştir. Kılavuza göre polisomnografi testi, 3 EEG kanalı (F4-M1, C4-M1, O2-M1), 2 EOG kanalı (E1-M2, E2-M2), çene EMG, her iki bacak EMG, tek kanal (D2) EKG, akustik sensör (horlama mikrofonu), oro-nazal termal sensör, nazal basınçölçer, torasik ve abdominal solunum çabasını gösteren kemerler, pulse oksimetre ve vücut pozisyon sensörü kullanılarak yapılır.

Polisomnografi testinde kullanılan minimum standart parametreler

1. Elektroensefalografi (EEG)
2. Elektrookülografi (EOG)
3. Oro-nazal hava akımı
4. Çene Elektromyografisi (EMG-submentalis)
5. Elektrokardiyografi (EKG)
6. Torakoabdominal solunum çabası hareketleri
7. Oksijen satürasyonu
8. Bacak Elektromiyografisi (EMG-tibialis)
9. Vücut pozisyonu

Polisomnografi raporu içeriği

1. Hasta bilgileri:

Polisomnografi raporunda hastanın adı, soyadı, doğum tarihi, protokol numarası, boyu kilosu, beden kitle indeksi, cinsiyeti bulunmaktadır (Şekil 7.3.1.) Ek olarak aldığı ilaçlar ve testin hangi nedenle yapıldığı belirtilebilir.

Rapor Bilgileri			
Ad-Soyad:		**Protokol No:**	**Kayıt Tarihi:**
Boy: 172 cm	**Kilo:** 120 kg	**BMI:** 40.6 kg/m^2	**Cinsiyet:** Male
Doğum Tarihi:		**Sorumlu Doktor:**	
Teknisyen:		**Gönderen Doktor:**	

Şekil 7.3.1. Polisomnografi raporunda hasta bilgileri örneği

2. Uyku skorlama verileri ve uyku evrelemesi:

Uyku skorlama verilerinde ışıkları söndürme zamanı, ışıkları açma zamanı, toplam kayıt süresi, toplam uyku süresi, uyanma sayısı, uyku etkinliği, uykuya başlama latansı ve REM latansı yer alır (Şekil 7.3.2.).

Evreleme Özet Bilgileri			
Kayıt Başlama Zamanı:	21:48:29	Kayıt Sonlandırma Süresi:	06:25:44
Işıkları Söndürme Zamanı:	21:48:28	Işıkları Açma Zamanı:	06:25:29
Toplam Kayıt Süresi (dk) :	517.3	Toplam Uyku Süresi:	8:16.5
Uyanma Sayısı:	1	Uyku Etkinliği (%):	96.1
Uykuya Başlama Latansı (dk):	4.0	REM Latansı (dk):	104.5

Şekil 7.3.2. Uyku evreleme özet bilgileri örneği

Uyku Evreleri

Uyku, non-REM ve REM olarak adlandırılan, uyku süresince art arda tekrar eden iki karakteristik evreden oluşur. Bu evreler ve hipnogram; elektroensefalogram (EEG), elektro-okulogram (EOG) ve elektromyografi (EMG) parametreleri kullanılarak belirlenir (Şekil 7.3.4.). REM uykusu sırasında yaygın kas atonisine rağmen hızlı göz hareketleri görüldüğü için (paradoksal uyku) bu evre Rapid Eye Movement kelimelerinin ilk harfleri kullanılarak isimlendirilmiştir. Sağlıklı bir kişide uyku mimarisi nonREM evresi ile başlayıp derinleşerek REM evresine geçer ve bu döngü uyku boyunca 4-6 kez tekrar eder.

NonREM uyku (Slow Wave Sleep, Yavaş Dalga Uyku): 3 aşamadan oluşur;

1. Aşama (S1): Uyanıklıktan uykuya geçiş aşaması (EEG'de alfa ve aralıklı teta dalgaları izlenir)

2. Aşama (S2): Yüzeyel uyku (Light-SWS, teta dalgaları, uyku iğciği ve K kompleksi)

3. Aşama (S3): Derin uyku (Deep-SWS, delta dalgaları)

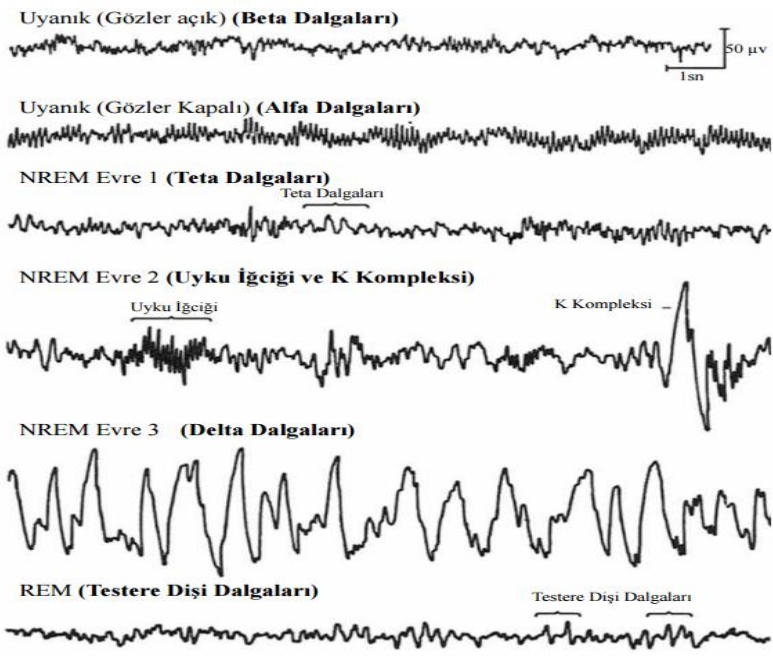
REM uyku: Paradoksal Uyku (beta dalgaları) (Şekil 7.3.3.).

Uyku süresinin %1-5'ini nREM 1.aşama,

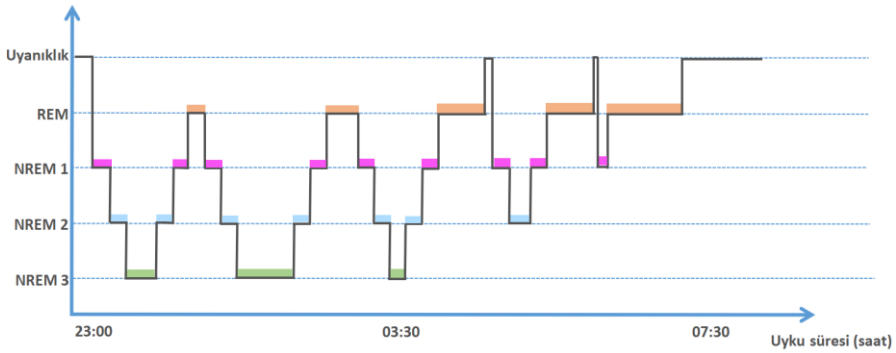
%45-55'ini nREM 2.aşama,

%20-25'ini nREM 3.aşama ve

%20-25'sini REM evresi oluşturur (Şekil 7.3.4. ve 7.3.5.)

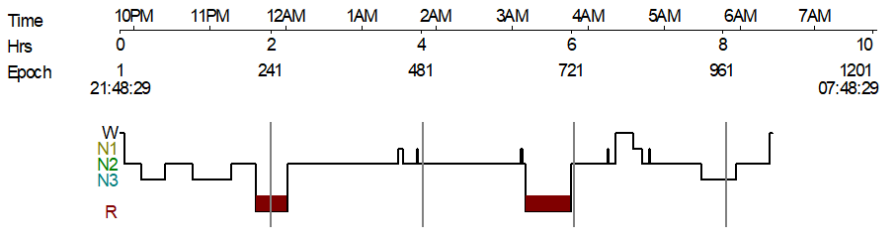


Şekil 7.3.3. Uyanıklıkta ve uyku evrelerinde gözlenen EEG dalgaları (Shepherd, G.M. (1983). Neurobiology, London: Oxford University Press)



Şekil 7.3.4. Normal bir hipnogram örneği

Evreleme Tablosu		
Uyku Evresi	**Süre (dk)**	**% Uyku Süresi**
Uyku Periyodundaki Uyanıklık	14.0	
REM Evresi	60.0	12.1
Evre 1	15.0	3.0
Evre 2	345.0	69.5
Evre 3	76.5	15.4



Şekil 7.3.5. Bir hastaya ait uyku evreleri ve hipnogram örneği

3. Arousal:

Arousal; uyku sırasında derin uykudan daha hafif uyku evresine veya uyanıklık durumuna ani ve kısa süreli geçişlere arousal adı verilir. Uyanıklık en az 3 saniye sürmeli ve ardından 10 saniyelik uyku dönemi gelmelidir.

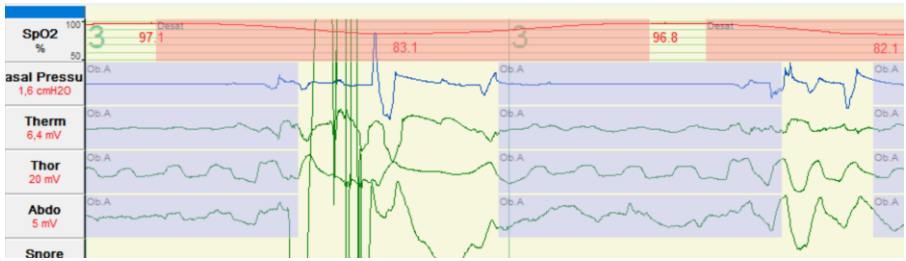
4. Solunumsal değerlendirme:

Solunumsal olayların analiz edilebilmesi için oronazal termistör (termal akım sensörü), nazal basınçölçer, pulse oksimetre, akustik sensör (mikrofon), torakoabdominal kemerler kullanılır.

Apne: 10 sn veya daha fazla süreyle ağız ve burundan hava akımının en az %90 azalmasıdır.

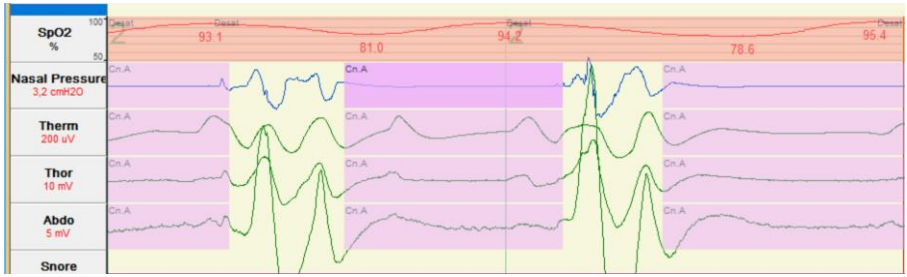
Apneler solunum çabasına göre sınıflandırılır;

a. Obstrüktif apne: Solunum çabası mevcut olmasına (göğüs ve karında hareket gözlenir) rağmen hava akımının olmamasıdır. (Şekil 7.3.6.).



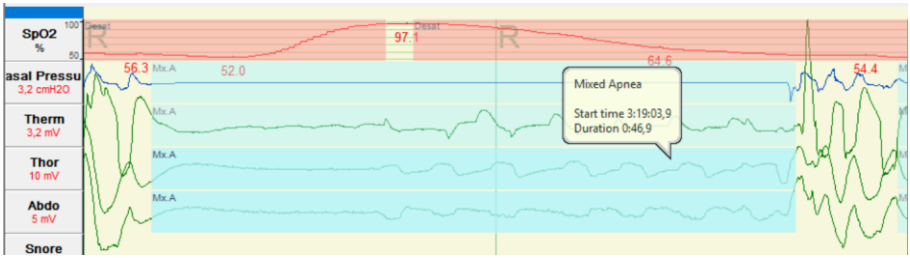
Şekil 7.3.6. Obstrüktif apne örneği

b. Santral apne: Santral solunum merkezinin uyarı başlatmaması sonucu hem solunum çabasının gözlenemediği (göğüs ve karında hareket yoktur) hem de hava akımının olmadığı apne durumudur (Şekil 7.3.7.).



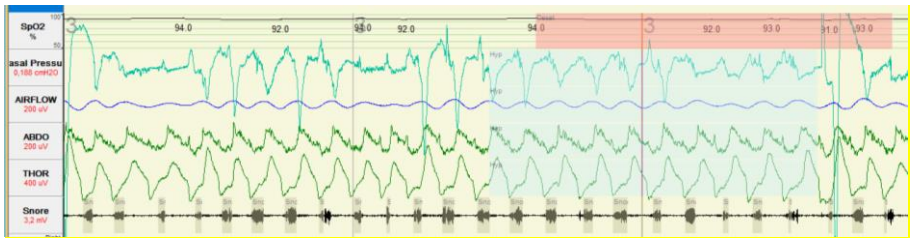
Şekil 7.3.7. Santral apne örneği

c. Mikst apne: Santral tipte başlayan apnenin, solunum çabası eklenmesine rağmen devam etmesi durumudur (Şekil 7.3.8.).



Şekil 7.3.8. Mikst apne örneği

Hipopne: 10 sn veya daha fazla süreyle hava akımının en az %30 azalmasıyla beraber oksijen saturasyonunun %3 kadar azalması veya bir arousal gözlenmesidir (Şekil 7.3.9.).



Şekil 7.3.9 Hipopne örneği

Apne-Hipopne İndeksi (AHİ): Uyku sırasında saatte görülen apne-hipopne sayısıdır (Apne-Hipopne sayısı /Toplam uyku zamanı). Toplam apne-hipopne indeksine göre obstrüksiyon derecesi <5:basit, 5-15:hafif, 15-30:orta, >30:ağır olarak değerlendirilir (Şekil 7.3.10.).

Solunumsal Olaylar – REM/Non-REM			
Parametre	**REM**	**Non-REM**	**Uyku**
Apneler	79	556	635
Hipopneler	0	43	43
Apneler + Hipopneler	79	599	678
Toplam Apne Süresi (dk)	46	241	288
Toplam Hipopne Süresi (dk)	0	17	17
Toplam Apne+Hipopne Süresi (dk)	46	258	305
Apne-Hipopne İndeksi (AHİ) (/sa)	79.0	82.3	**81.9**

Şekil 7.3.10. Polisomnografi raporunda belirtilen AHİ örneği

AHİ değeri ≥15 olan veya AHİ değeri 5 ile 15 arasında olmakla birlikte gündüz aşırı uyku hali, nörokognitif fonksiyonlarda bozulma, kardiyovasküler hastalık, inme öyküsü olan kişilere yardımcı solunum cihazı olarak CPAP (contunious positive airway pressure) veya BPAP (bi-level positive airway pressure) cihazları ile tedavi uygulanır. Uyku sırasındaki patolojik solunum değişiklikleri ile karakterize hastalıklar uykuda solunum bozuklukları olarak tanımlanır. Bunlardan en sık görüleni obstrüktif uyku apne sendromudur (Obstructive Sleep Apne Syndrome - OSAS).

5. Kardiyovasküler değişikliler

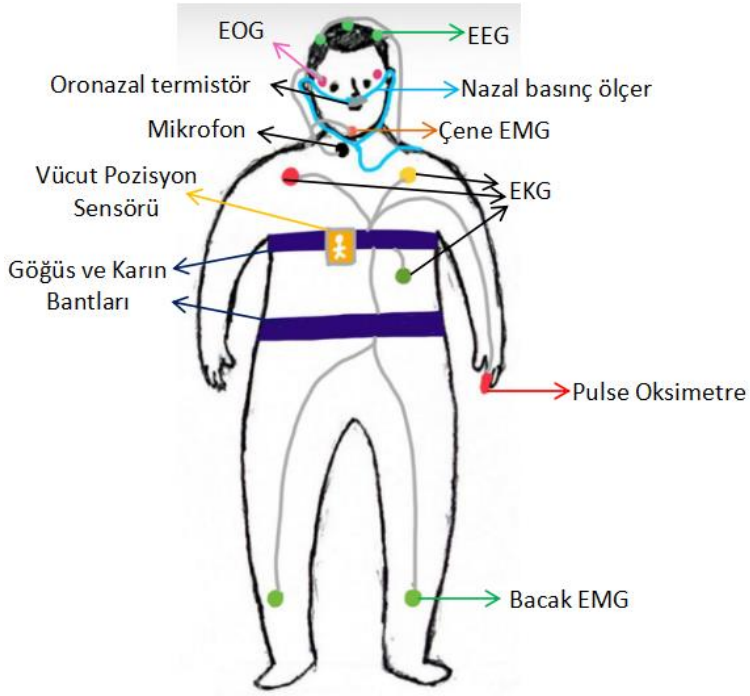
Polisomnografi testinde tek kanallı EKG ve pulse oksimetre kullanılarak kardiyovasküler değişiklikler izlenir.

6. Uyku ile ilişkili hareket bozuklukları

EEG, EOG, çene EMG, her iki bacak EMG parametreleri uyku ile ilişkili hareket bozukluklarının değerlendirilmesinde kullanılır. Huzursuz bacak sendromu (periyodik bacak hareketleri) ve diş gıcırdatma uyku ile ilişkili hareket bozukluklarına örnek olarak verilebilir. Uyku sırasında görülen periyodik bacak hareketlerinin yetişkinlerde saatte 15'in altında olması normal kabul edilir.

Periyodik Bacak Hareketleri Özeti			
	REM	**Non-REM**	**Uyku**
Toplam Bacak Hareketleri Sayısı	6	102	108
Periyodik Bacak Hareketleri Sayısı	0	10	10
PLM İndeksi	0.0	1.4	1.2
Uyanıklık Sırasındaki PLM Sayısı			4

Şekil 7.3.11 Bir hastaya ait polisomnografi raporunda periyodik bacak hareketleri örneği



Şekil 7.3.12. Polisomnografi kaydı (elektrotlar ve sensörler ile) örnek hasta hazırlığı.

Uyku hijyeni sağlanması konusunda öneriler:

Uyku saatine yakın egzersiz yapılmaması, kafein, sigara, alkol ve uyku düzenini olumsuz etkileyebilecek ilaçları kullanmaktan kaçınılması; uyumadan önce televizyon ve telefon ekranlarından uzak kalınması, kilo verilmesi, eşlik eden ek hastalıklar varsa tedavisinin sağlanması, CPAP - BPAP cihazlarının kullanımı, supin pozisyonda solunum yolu tıkanıklığı şiddetleniyorsa yatak kıyafetinin sırtına tenis topu veya sünger gibi cisimler dikilmesi kaliteli bir uyku için faydalı önerilerdir.

EK: Kocaeli Üniversitesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı Uyku Laboratuvarı'nda kaydedilen polisomnografi rapor özeti örneği

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
UYKU LABORATUVARI

POLİSOMNOGRAFİ RAPOR ÖZETİ

AD-SOYAD:
PROTOKOL NO:
DOĞUM TARİHİ:
KAYIT TARİHİ:
GÖNDEREN DOKTOR:
SORUMLU DOKTOR:
TEKNİSYEN:

YÖNTEM: EEG, EOG, çene EMG'si, solunum çabası, oksimetri, vücut pozisyonu, hava akımı, horlama, nabız ve bacak hareketleri kanallarını kaydetmek için uluslararası 10-20 elektrot yerleştirilerek kullanılan dijital uyku sistemi ile polisomnografi yapıldı.

ÖZET: Toplam kayıt süresi 517.3 dakika, toplam uyku süresi 496.5 dakika, uyku etkinliği %96.1 ve uyku latansı 4.0 dakika bulundu. Toplam REM uykusunun %12.1 ve REM latansının 104.5 dakika olduğu izlendi. Hastanın uyku evreleri incelendiğinde; Evre 1 %3.0, Evre 2 %69.5, Evre 3 %15.4 olarak belirlendi.

Solunumsal analiz sonucunda 552 obstrüktif apne, 58 mikst apne ve 25 santral apne olmak üzere toplam 635 apne ve **Apne İndeksi'nin 76.7 (/sa)** olduğu gözlendi. 43 hipopnesi olan hastanın, **Apne-Hipopne İndeksi (AHİ) 81.9 (/sa)** olarak bulundu. Supin pozisyonda toplam uyku süresinin %100.0 geçiren hastada supin AHİ 81.9 (/sa) iken, non-supin AHİ 0.0 (/sa) idi. REM döneminde AHİ 79.0 (/sa) ve non-REM döneminde AHİ 82.3 (/sa) bulundu. Oksijen satürasyonu en düşük %46 ve ortalama %75 olarak gözlenirken, %81 ile %90 arasındaki desatürasyonların 129.6 dakika sürdüğü izlendi..

TANI: Ağır Derecede Obstrüktif Uyku Apne Sendromu

ÖNERİLER: CPAP Titrasyonu Uygundur.

KAYNAKLAR

1. Bery RB, Brooks R, Gamaldo CE, Harding SM, Marcus CL, Vaughn BV for the American Academy of Sleep Medicine. The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology and technical specifications, Version 3.0, www.aasmnet.org, Darien, Illinois: American Academy of Sleep Medicine; 2023.
2. Iber C, Ancoli-Israel S, Chesson A, Quan SF for The American Academy of Sleep Medicine. The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology and technical specifications, 1st. ed: Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine; 2007.
3. A Technologist's Handbook for Understanding and Implementing the AASM Manual for the Scoring of Sleep. Westchester, IL: American Academy of Sleep Medicine; 2009.
4. Köktürk O. Uykunun İzlenmesi: Polisomnografi. Tüberküloz ve Toraks Dergisi; 1999: 47:499-511.
5. Öztürk Ö. Polisomnografi Raporunun Hazırlanması. Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği (TÜSAD) Solunum; 2013: 63-67.
6. UykuDer, Uyku Derneği Polisomnografi Sertifika Programı Kurs Kitabı. Ankara; 2008. www.uykuder.com.
7. Shepherd G.M. Neurobiology, London: Oxford University Press; 1983.
8. Berne R.M., Levy M.N., Koeppen B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiology. 7th Edition. Canada: Elsevier; 2018.

Teşekkür

Kocaeli Üniversitesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı Uyku Laboratuvarı sorumlu hekimi Prof. Dr. Haşim Boyacı ve sorumlu teknisyeni Hikmet Akkaya'ya katkıları için teşekkür ederiz.

7.4. Görmenin Fonksiyonel Değerlendirmesi

Prof. Dr. Ayşe Karson[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan H. Gürbüz[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]

Görme; görsel alandaki nesnelerin retinadaki izdüşümünün merkezi sinir sistemi tarafından algılanmasıdır. Bu duyusal fonksiyona katkı sağlayan periferik ve merkezi yapıların bütününü temsil eden görme sistemi 3 ana bölüme ayrılabilir:

1. Optik sistem (kornea, aköz humor, lens, vitröz cisim gibi gözün kırıcı ortamlarını oluşturan, ışığın retinaya ulaşmasına aracılık eder)
2. Retina (ışığı absorbe ederek ışık enerjisini elektriksel sinyallere dönüştüren retinal hücrelerin oluşturduğu hücresel ağ sistemi)
3. Merkezi sinir sistemi (retina kaynaklı elektriksel sinyalleri merkezi sinir sistemindeki hedef alanlara ileten görme yolları ve görsel bilginin işlendiği talamik ve kortikal alanlar)

Görme sistemi; ışığın modalite, konum, şiddet ve zaman gibi temel bilgilerini kodlar ve işler. Renk, şekil, hareket, kontrast gibi görsel olarak ayırt edilebilir özelliklerin algılanması bu 4 temel bilginin entegrasyonu sonucu ortaya çıkar. Görme sisteminin fonksiyonel muayenesinde; görme keskinliği, görme alanı, renk algısı gibi görsel algının farklı özellikleri değerlendirilir. Bu parametreler klinik değerlendirmede diğer oftalmolojik testlerle (örn. göz dibi, ışık refleksi, göz içi basıncı…) birlikte yorumlanır. Aşağıda bu fonksiyonel parametrelere ilişkin temel testler açıklanmaktadır.

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

❖ Görme Keskinliği Testi - *Snellen* Levhası

Öğrenim Hedefleri:

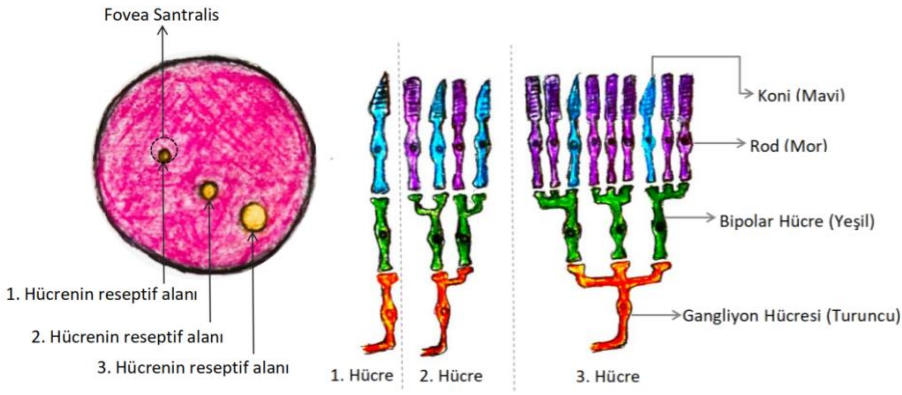
Öğrenci bu dersin sonunda;

- Görme keskinliği kavramını açıklar,
- Görme keskinliği ölçümünü etkileyen faktörleri tanımlar,
- *Snellen* levhasını kullanarak değerlendirdiği gözün görme keskinliğini hesaplar.

Görme keskinliği için 3 farklı tanım yapılabilir:

Genel tanımlamada görme keskinliği, gözün görsel hedefteki ince detayları ayırt edebilme derecesidir. Ayırt edebilme derecesi test levhalarındaki harf ve sembollerin (optotip) tanınması ya da göze gelen ışınların göze geliş açısı ile açıklanabilir. Özet olarak görme keskinliği optik çözünürlük olarak tanımlanabilir; mekanizması dokunma duyusundaki iki nokta ayrımına benzer.

Görme keskinliğinin en iyi olduğu yer fovea santralistir. Çünkü bu bölgede birim alandaki reseptör sayısı (koni) fazladır ve gangliyon hücrelerinin reseptif alanı dardır (Şekil 7.4.1.). İki noktanın ayırt edilebilirliğinin sınırını retinadaki komşu reseptif alanlar arasındaki mesafe belirler.



Şekil 7.4.1. Gangliyon hücrelerinin reseptif alanı fovea santralisten perifere doğru giderek büyür (Reseptif alan boyutları 1.hücre < 2.hücre < 3.hücre; çözünürlüğü 1.hücre > 2.hücre > 3.hücre şeklinde sıralanabilir) (H.H.Gürbüz)

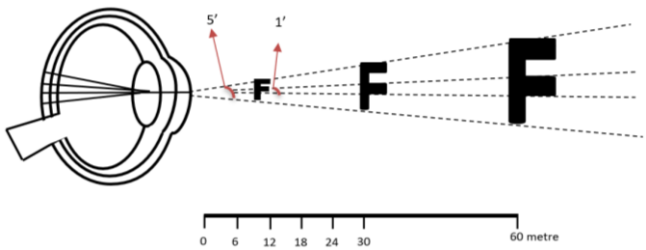
Uzak görüşte (> 6 m görüş mesafesi) birbirlerine en yakın iki noktasal ışık kaynağının (örn. gökyüzünde iki yıldız) ayırt edilebilmesi için bu kaynaklardan gelen ışınların retinada iki farklı reseptif alana ulaşması gerekir. İki ışık kaynağından gelen ışınların geliş açısının 1 dakika* olması halinde foveada komşu iki reseptif alan uyarılabilir; böylece iki nokta ayrımı gerçekleşebilir. Bu açı görme keskinliğinin sınırı olarak kabul edilir.

**Uzak görüşte ışınların göze geliş açısı çok küçük olduğu için açı birimi olarak derece yerine saniye ve dakika kullanılır. Bir dairenin 360 derece olduğu kabul edildiğinde 1 dakikalık açı 1 derecelik açının 1/60'ı; 1 sn'lik açı ise 1/3600'üdür (1 derece=60 dakika=3600 saniye).*

Görme keskinliğini değerlendirmek için farklı testler geliştirilmiştir. *Snellen* levhası bu test panellerinden biridir. Bu levhada yukarıdan aşağıya doğru boyutları giderek küçülen optotipler bulunmaktadır. Harfler yukarıdan aşağıya doğru, normal görüşe sahip bir gözün 60/36/15/9/6 metre mesafelerden baktığında tanıyabileceği büyüklükte sunulmuştur (Şekil 7.4.2.). Bu harfler, her satır için belirlenen mesafeden bakıldığında harfin ayrıntılarından gelen açı 1 dakika, harfin toplamından gelen açı ise 5 dakika olacak şekilde standardize edilmiştir (Şekil 7.4.2. ve Şekil 7.4.3.). Görme keskinliği değerlendirilirken kişi test levhasına sabit bir mesafeden bakar; bu mesafe kullanılan test sistemine göre değişir. Görme keskinliği, kişinin levhaya uzaklığı ve okuması gereken mesafe belirlendikten sonra (uygulama kısmında açıklanmıştır) aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\text{Görme Keskinliği} = \frac{\text{Kişinin Snellen levhasına uzaklığı}}{\text{Okuması gereken mesafe}^{**}}$$

** *Snellen* levhasında kişinin tümüyle okuyabildiği en son satırın yanında metre cinsinden belirtilmiştir.



Şekil 7.4.2. *Snellen* levhasında farklı uzaklıklara göre tanınması gereken harf boyutları (E.B.Gökçen)



Şekil 7.4.3 Harfin ayrıntılarından ve toplamından gelen açının şematik gösterimi



Şekil 7.4.4. *Snellen* levhası. Kullanılan levhalarda tercihe göre her sıra için ayırt edilebilir mesafe (metre ve/veya feet) ya da görme keskinliği değeri belirtilmiştir.

Laboratuvarımızdaki *Snellen* levhası 6 metre uzaklıktan değerlendirilecek şekilde hazırlanmıştır.

Uygulama:

1. Görme keskinliği değerlendirilecek kişi *Snellen* levhasından 6 metre uzakta olmalı ve levhanın tam karşısında durmalıdır.
2. Her göz ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bir göz değerlendirilirken diğer göz baskı uygulanmadan tamamen kapatılmalıdır.
3. Kişiye *Snellen* levhasının en üst satırından başlayarak sırasıyla her satırdaki harfleri sesli okuması söylenir.

4. Kişinin tümüyle okuyabildiği en son satır not edilir. Bu satır için levhada belirtilen okuma mesafesi paydaya, kişinin bulunduğu mesafe ise paya yazılarak görme keskinliği hesaplanır.



Şekil 7.4.5. *Snellen* levhası ile görme keskinliği muayenesinin şematik gösterimi

Görme keskinliğinin normal değeri 1'dir. 1'in altındaki değerler görme keskinliğinin azaldığını, üzerindeki değerler ise daha keskin bir görüşün varlığını gösterir.

Not: *Klinik uygulamalarda görme keskinliği 1'in altında ise görme keskinliğindeki azalmanın kırma kusuruna bağlı olup olmadığını tespit etmek gerekir. Bu amaçla öncelikle kırma kusuru uygun mercekle düzeltilir ve görme keskinliği tekrar değerlendirilir. Kırma kusuru düzeltilmeden önceki ve sonraki görme keskinliği ile kullanılan merceğin kırma gücü kaydedilir.*

Örnek: Görme keskinliği test edilen bir kişinin, *Snellen* levhasında sağ gözüyle tümüyle okuyabildiği satırda belirtilen mesafe 12 metre, sol gözüyle okuyabildiği satırda belirtilen mesafe ise 6 metredir. Bu kişinin görme keskinliğini her iki göz için hesaplayınız (Kişinin *Snellen* levhasına uzaklığı 6 metredir).

Sağ göz için görme keskinliği = $\frac{\text{Kişinin } Snellen \text{ levhasına uzaklığı}}{\text{Okuması gereken mesafe}**} = \frac{6}{12} = 0{,}5$

Sol göz için görme keskinliği = $\frac{\text{Kişinin } Snellen \text{ levhasına uzaklığı}}{\text{Okuması gereken mesafe}**} = \frac{6}{6} = 1$

Soru: Görme keskinliği sol göz için 0,25; sağ göz için 0,4 olarak tespit edilen bir kişinin, *Snellen* levhasında tümüyle okuyabildiği satırda belirtilen

mesafeleri hesaplayınız. Kişinin görme keskinliğini yorumlayınız (Kişinin *Snellen* levhasına uzaklığı 6 metredir).

❖ Renkli Görme ve Renk Körlüğü

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Renkli görme için trikromat görüş teorisini tanımlar,
- Renk körlüğünün nedenlerini ve çeşitlerini açıklar,
- *Ishihara* kartlarını kullanarak renk körlüğünü değerlendirir.

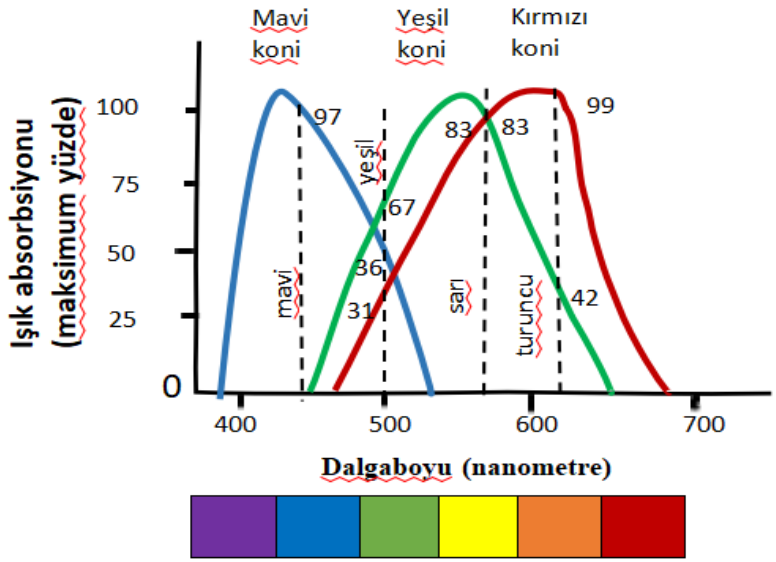
Araç-gereçler:

- *Ishihara* kartları

Günümüzde trikromatik görüşün temeli olduğu kabul edilen, renkli görmenin mekanizmasını açıklayan Young - Helmholtz teorisi; ilk olarak Young tarafından ortaya atılmış (1802), sonrasında Hemholtz tarafından geliştirilmiştir (1860).

Koni hücreleri renkli görme ile ilgili fotoreseptör hücrelerdir. İnsan retinasındaki koniler, 400 nanometre (nm) ile 700 nm dalga boyu aralığındaki elektromanyetik dalgalara duyarlıdır. Bu aralıktaki farklı dalga boylarına sahip ışınlar, üç farklı tip koni hücresini değişik oranlarda aktive eder. Konilerin dalga boyu duyarlılığını etkileyen temel faktör içerdikleri pigment tipidir. Koniye özgü pigmentler, ışığı absorbe ederek koni hücresinde fizikokimyasal değişimleri başlatır. Bu konilerin her biri, üç temel rengi yansıtan dalga boyundan bir tanesine daha fazla duyarlılık gösterir. Kırmızıya duyarlı pigmentler uzun dalga boyuna (570 nm), yeşile duyarlılar orta dalga boyuna (535 nm), maviye duyarlılar kısa dalga boyuna (445 nm) daha hassastır. Üç koninin aynı anda aynı oranda uyarılması beyaz algısına, konilerin hiç uyarılmaması siyah algısına neden olur.

Renk tonlarının algısı mavi, yeşil ve kırmızı konilerin farklı oranlarda aktive olmasıyla gerçekleşir (Şekil 7.4.6.). Renk algısında görüntünün arka fonu; ortamın aydınlanma şiddeti ve aydınlatmanın rengi de önemlidir.



Şekil 7.4.6. Işığın absorbsiyonuna göre dalga boyu

Tablo 7.4.1.'de verilen örneklerde farklı dalga boylarına sahip renk tonlarının mavi, yeşil ve kırmızı konilerde oluşturduğu aktivasyon oranları sırasıyla gösterilmiştir.

Tablo 7.4.1. Konilerin bazı renklere özgü aktivasyon oranları (Şekil 7.4.6.'da gösterilen dalga boyları için)

Renk	Mavi Koniler	Yeşil Koniler	Kırmızı Koniler
Mavi	97	0	0
Sarı	0	83	83
Yeşil	36	67	31
Turuncu	0	41	99

Yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renklerin ayırt edilmeleri için yeşil ve kırmızı konilerin sağlam olması gerekir. Kırmızı konilerde sorun olursa ilgili dalga boyundaki ışık, sadece yeşil konileri aktifleştirir ve kişinin kırmızı renk algısı bozulur. Yeşil konilerde sorun olursa yeşil-kırmızı spektrumda sadece kırmızı koniler uyarılır ve kişide yeşil renk algısı bozulur. Her iki durumda da yeşil ve kırmızı tonlarını ayırt etme yeteneği zayıflar.

Konilerden birinin eksikliği (ilgili pigment yokluğu) renk körlüğü ***(-anopi)*** olarak adlandırılır. Konilerde pigment kaybı olmaksızın, konilerin duyarlılığında (pigment yapısına bağlı olarak) farklılıkların olması ise renk zayıflığı ***(-anomali)*** olarak tanımlanır. Tanımlamalarda ilgili renge göre latince *prot-* (birinci), *döter-* (ikinci), *trit-* (üçüncü) ön ekleri kullanılır;

- Kırmızı renk körlüğüne ***protanopi***,
- Yeşil renk körlüğüne ***döteranopi***,
- Mavi renk körlüğüne ***tritanopi*** denir.

Benzer şekilde ***protanomali*** kırmızı, ***döteranomali*** yeşil, ***tritanomali*** mavi renk zayıflığı olarak tanımlanır.

Protanoplarda uzun dalga boyuna duyarlı pigment kaybı olduğu için, 650 nm üzerindeki dalga boyları absorbe edilemez ve renk spektrumunun sağında daralma yaşanır. Benzer daralma tritanopide spektrumun solunda görülür. Döteranopide, yeşil konilerin yerine dalga boyuna göre kırmızı ve/veya mavi koniler aktiflendiği için yeşil renk algısı bozulsa da spektral bir daralma gözlenmez.

Üç koni aracılı görüşe trikromatik görüş (normal görüş), iki koni aracılı görüşe dikromatik görüş, sadece bir koni varlığına monokromat (renksiz) görüş denir.

Kırmızı ve yeşil koni pigmentleri X'e bağlı resesif kalıtıldığından hastalık erkeklerde daha sık görülür. Oldukça seyrek görülen mavi renk körlüğü, X'e bağlı geçiş göstermez. Bu nedenle görülme sıklığı açısından cinsiyetler arasında bir fark yoktur.

Renk körlüğünün tanısında *Ishihara* kartları (Şekil 7.4.7.), renkli ip yumakları (*Holmgren* yün testi) (Şekil 7.4.8.) gibi testler kullanılır. *Ishihara* kartlarında renkli noktalardan oluşturulmuş fon üzerine renkli noktalardan oluşturulmuş sayılar veya desenler (rakam okumayı bilmeyenler için) yerleştirilmiştir (Şekil 7.4.9.). Kartların bazıları sayı veya desen içermez.



Şekil 7.4.7. *Ishihara* testi

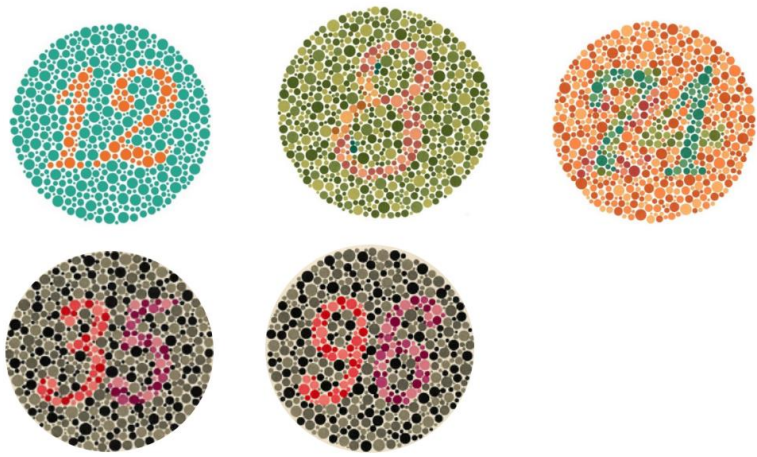


Şekil 7.4.8. *Holmgren* yün testi

Uygulama:

Bu uygulamada *Ishihara* kartları kullanılarak kırmızı-yeşil renk körlüğü değerlendirilecektir.

1. Kişiye sırasıyla *Ishihara* kartları okutulur.
2. Kişinin okuduğu sayılar ile *Ishihara* kart tablosundaki (Şekil 7.4.10.) sayılar karşılaştırılarak renkli görüş değerlendirilir.



Şekil 7.4.9. Örnek *Ishihara* kartları

Numero della tavola	Persone normali	Persone con deficienze rosso-verde				Person con cecità totale o incompleta dei colori
1	12	12				12
2	8	3				×
3	6	5				×
4	29	70				×
5	57	35				×
6	5	2				×
7	3	5				×
8	15	17				×
9	74	21				×
10	2	×				×
11	6	×				×
12	97	×				×
13	45	×				×
14	5	×				×
15	7	×				×
16	16	×				×
17	73	×				×
18	×	5				×
19	×	2				×
20	×	45				×
21	×	73				×
		Proton.		Deutan.		
		forte	media	forte	media	
22	26	6	(2) 6	2	2 (6)	
23	42	2	(4) 2	4	4 (2)	
24	35	5	(3) 5	3	3 (5)	
25	96	6	(9) 6	9	9 (6)	

Il segno × indica che la tavola non può essere letta. Gli spazi in bianco denotano che la lettura è indefinita. I numeri in parentesi indicano che possono essere letti ma sono comparativamente nom chiari.

Şekil 7.4.10. *Ishihara* kart tablosu

❖ Görme Alanı

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda;

- Görme alanı tanımını yapabilir,
- Perimetre kullanarak görme alanını belirleyebilir,
- Spesifik görme alanı kayıplarına yol açan patolojilerin yerini lokalize edebilir.

Göz bir noktaya odaklandığında, görülebilen alanın tümü görme alanı olarak adlandırılır. Görme alanı, göze ve merkezi sinir sistemine ait birçok patolojinin belirlenmesi, lokalize edilmesi ve takibinde önemli bir fonksiyonel parametredir.

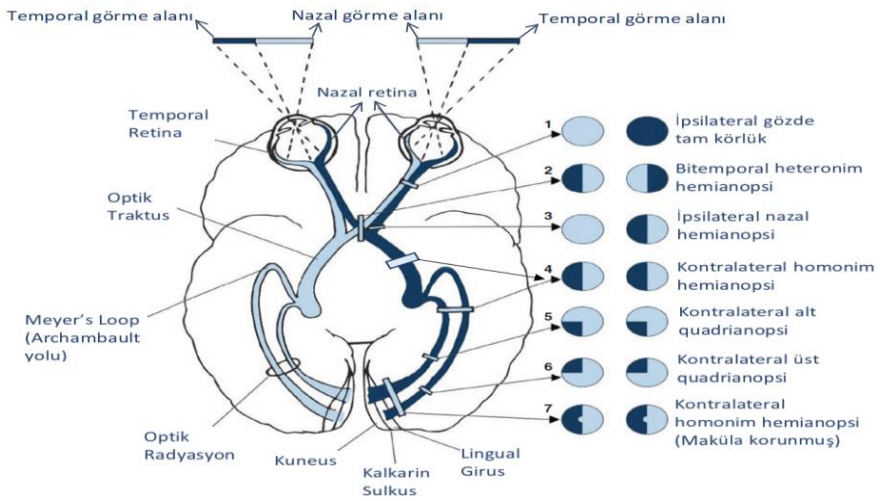
Görme alanı her göz için ayrı değerlendirilmelidir. Görme alanını değerlendirmek için retinal harita (görsel alanın retina üzerindeki yansıması) ve görme yollarının anatomisi hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Görsel

alandaki nesnelerin retinal izdüşümü, kornea ve merceğin kırıcılık özelliğinden dolayı, dikey ve yatay düzlemde ters yerleşim gösterir. Örneğin görme alanının lateralinde (temporal görme alanı) kalan cisimlere ait görüntü, retinanın nazalinde; görme alanının medialinde (nazal görme alanı) kalan cisimlere ait görüntü retinanın temporalinde oluşur. Böylece görsel alanın retinal bir haritası oluşur ve görüntüye ait sinyaller primer görme korteksine kadar aktarılır.

Tüm retinal bölgenin duysal girdisini alan gangliyon hücrelerinin aksonları, gözü optik sinir olarak terk eder. Her iki gözün retinasının nazalinden kaynaklanan optik sinir lifleri çarprazlaşarak optik kiazmayı oluşturur. Retinanın temporalinden kaynaklanan optik sinir lifleri ise aynı yönde devam ederler. Optik kiazmaya kadar her bir optik sinir kendi tarafındaki görsel sinyalleri taşır. Optik kiazmadan sonra başlayan ve talamusa kadar devam eden optik traktus ise aynı taraftaki gözün temporal retina bilgisini (nazal görme alanı) taşıyan lifler ile karşı taraftaki gözün nazal retina bilgisini (temporal görme alanı) taşıyan liflerden oluşur. Aynı retinal bilgi, talamusla primer görme korteksi arasındaki optik radyasyon adı verilen yolak ile primer görme korteksine taşınır.

- Optik sinirde tam kesi olduğunda aynı taraftaki gözde görme alanının tümünde görme kaybı oluşur (Şekil 7.4.11.'deki 1 numaralı kesi).
- Optik kiazma hasarlandığında, her iki gözün nazal retina bilgisini taşıyan lifler etkilendiği için, her iki gözün temporal görme alanında yarım kadran şeklinde görme kaybı (hemianopsi) oluşur (Şekil 7.4.11.'deki 2 numaralı kesi).
- Optik traktus hasarında, hasarlı taraftaki görme alanının nazalinde, sağlam taraftaki görme alanının temporalinde görme kaybı oluşur. Bu durumda yarım kadran şeklindeki görme kaybı her iki göz için görme alanının aynı tarafındadır (homonim hemianopsi) (Şekil 7.4.11.'deki 4 numaralı üstteki kesi).
- Optik radyasyona ait hasarlar yolağın anatomik yerleşimine özgü olarak görme alanında genellikle çeyrek kadran (quadrianopsi) şeklinde görme kayıplarına yol açar (Şekil 7.4.11.'deki 5 ve 6 numaralı kesiler).

Primer görme korteksindeki hasarlar, görme alanında tek taraflı hemianopsi şeklinde görme kaybı oluşturur; fakat optik traktus lezyonlarından farklı olarak fovea santralise ait merkezi görüş korunmuştur (Şekil 7.4.11.).



Şekil 7.4.11. Görme yollarının anatomisi ve ilgili görme kayıpları

Görme alanı testlerine perimetri, kullanılan cihazlara perimetre adı verilir (Şekil 7.4.12.). Manuel perimetrelerin yerini günümüzde dijital perimetreler almıştır. Perimetreler, retinanın ve görme alanının yapısı dikkate alınarak küresel (yay ya da yarım küre) şekilde tasarlanmıştır.



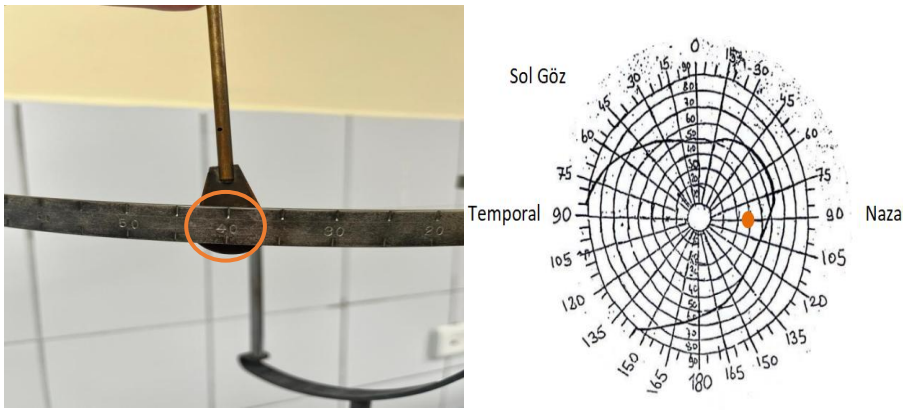
Şekil 7.4.12. Manuel perimetre ve işaretli çubuk

Araç - Gereçler:

- Perimetre
- Renkli ve beyaz renk (farklı büyüklükte) işaretli çubuklar
- Görme alanı şemaları

Uygulama:

1. Kişi, perimetrenin göz desteğine gözünü yerleştirir, diğer gözünü kapatarak karşıdaki minik aynaya bakar (böylece göz bir noktaya odaklanmış olur).
2. Yay (yarı çember) yatay eksene getirilir.
3. Çubuğun ucundaki işaretli kısım, yayın iç yüzeyine temas edecek şekilde en uçtan (Örn. nazal) merkeze doğru ilerletilirken kişinin görmeye başladığı noktaya ait açı belirlenir. Belirlenen açı görme alanı şeması üzerinde işaretlenir (Şekil 7.4.13.).



Şekil 7.4.13. Perimetrede ölçülen nazal 40 derecenin görme alanı şemasında işaretlenmesi (turuncu nokta)

4. Görme alanının dış sınırı belirlendikten sonra çubuk merkeze doğru hareket ettirilerek eksen boyunca görme kaybı olup olmadığı sorgulanır. Kayıp tespit edilirse ilgili koordinat şema üzerinde işaretlenir.

Not: *Optik sinirin retinadan çıkış noktası olan optik disk alanında fotoreseptör hücreler bulunmadığından, yatay eksende temporal 15-19 derece arasında* ***fizyolojik kör nokta*** *saptanır.*

5. Aynı işlem eksen sabit kalacak şekilde yayın diğer ucundan (örn. temporal) başlayarak tekrar edilir.
6. Eksen açısı 45'er derece değiştirilerek 3. 4. 5. adımlar tekrar edilir. Böylece yarım küre şeklindeki alan taranmış olur.

Tüm bu işlemler farklı renklerle işaretli çubuklarla tekrarlanarak renksiz (beyaz işaretli çubukla) ve renkli (kırmızı, yeşil işaretli çubuklarla) görme alanları ayrı ayrı belirlenir. Daha hassas bir değerlendirme için işaretli kısmın boyutu küçültülebilir.

KAYNAKLAR

1. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
2. Guyton C.A. ve Hall J.E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th Edition. Canada: Elsevier; 2021.
3. Sihota R., Tandon R. Parsons Diseases Of The Eye. 23rd Edition. India: Elsevier; 2013.
4. Köylü H. Klinik Anlatımlı Tıbbi Fizyoloji. 3.Baskı. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2019.
5. Kuriakose T. Clinical Insights and Examination Techniques in Ophthalmology. (eBook) doi:10.1007/978-981-15-2890-3 2020:Springer Nature Singapore Pte Ltd.

7.5. İşitme Testleri

Prof. Dr. Ayşe Karson[1]
Dr. Emine Esra Altıok[1]
Dr. Elif Büşra Gökçen[1]
Dr. Hasan H. Gürbüz[1]

Öğrenim Hedefleri:

Öğrenci bu dersin sonunda,

- Sesin kemik yolu ve hava yolu ile iletimini, iki yolun ortak ve farklı özelliklerini açıklar,
- İleti tipi ve sensörinöral tip işitme kaybını tanımlar, tipe özgü işitme kayıplarına örnek verebilir,
- Rinne ve Weber testlerini uygular, test sonuçlarını değerlendirir.

Ses, bulunduğu ortamdaki moleküllerin titreşimleri ile meydana gelen işitilebilir mekanik dalgadır; temel olarak frekansı ve şiddeti ile nitelendirilir. Frekans, saniyedeki dalga sayısını ifade eder ve hertz (Hz) ile ölçülür. Frekansı arttıkça ses tizleşir (ince ses), azaldıkça pesleşir (kalın ses). İnsan kulağı 20-20000 Hz arasındaki sesleri duyabilir, en duyarlı olduğu aralık ise 1000-4000 Hz arasındadır.

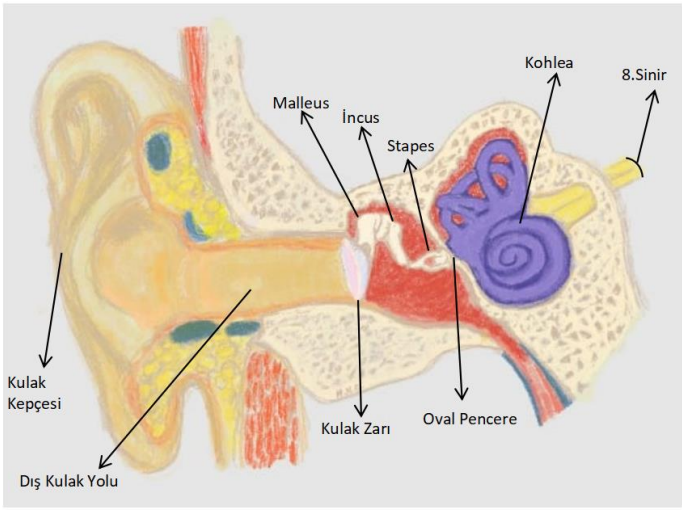
Sesin şiddeti, ses dalgalarının amplitüdü ile logaritmik olarak ölçeklendirilir ve desibel (dB) ile ölçülür. Buna göre 10 dB'den 10 kat şiddetli bir ses 20 dB, 100 kat şiddetli bir ses 30 dB olarak ifade edilir. İnsan kulağı 0-140 dB arasındaki sesleri duyabilir. Uzun süreli veya ani yüksek ses maruziyeti mekanik hasar sonucu işitme kayıplarına neden olabilir.

Kulağın Yapısı

Kulak dış, orta ve iç olmak üzere üç bölümden oluşur. Dış kulak; kulak kepçesi ile başlayıp dış kulak yolu ile devam eden ve kulak zarı ile sınırlandırılmış kısımdır. Orta kulakta malleus (çekiç), incus (örs) ve stapes (üzengi) adı verilen, birbirleri ile eklem yapmış kemikçikler ve kemikçiklerin hareketini kontrol eden kaslar bulunur. Malleus kulak zarı ile stapes de oval pencere ile temas halindedir. Böylece orta kulaktaki hareketli kemikçik sistemi, kulak

[1] Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı

zarındaki titreşimleri oval pencere aracılığı ile iç kulağa yükselterek iletir. Bu yükseltici etkiye kaldıraç etkisi adı verilir. Kaldıraç etkisi kulak zarı ile oval pencerenin yüzey alanlarındaki fark sayesinde gerçekleşir. Orta kulak kaslarının aktivitesi de ses iletiminde artırıcı veya azaltıcı yönde etkilidir. İç kulakta ise işitme reseptörlerini içeren kohlea adlı helikal yapı, kohlear sinir ve denge organı bulunur. Kohlea iki membranöz yapı (baziller membran, *Reissner* membranı) ile ayrılmış üç boşluktan (skala timpani, skala media, skala vestibüli) oluşur. Skala timpani ve skala vestibüli perilenf, skala media ise endolenf sıvısı ile doludur. Orta kulaktan gelen ses dalgaları oval pencere ile kohleaya iletilir ve frekansa özgü olarak baziler membran titreşir. Baziler membran üzerinde, reseptör tüy hücrelerini içeren korti organı bulunur. Uyarılan tüy hücreleri tarafından oluşturulan sinyaller, işitme siniri (kohlear sinir) ve merkezi işitme yolları aracılığıyla primer işitme merkezine iletilir (Şekil 7.6.1.).



Şekil 7.6.1. Kulağın yapısı (H.H.Gürbüz)

Ses dalgaları reseptör yapı olan korti organına iki farklı yol (hava ve kemik yolu) ile ulaşır. Korti organındaki tüy hücrelerinde oluşan sinyaller ortak yol ile kortekse iletilir (Şekil 7.6.2.). Sesin hava yolu ile iletimi kemik yolu ile iletimine göre daha üstündür. Bu, hava yolu ile iletimde işitme eşiğinin daha düşük olduğu anlamına gelir. Böylece bir sesin kemik yoluna kıyasla hava yolu ile daha uzun süre duyulması beklenir.

Hava yolu ile iletim:

Ses Dalgası > Dış Kulak Yolu > Kulak Zarı >Orta Kulak Kemikçikleri (Malleus,İncus,Stapes) > Oval Pencere > Korti Organı (Tüy Hücreleri) > İşitme Siniri > İşitme Yolları > Korteks

Kemik yolu ile iletim:

Ses Dalgası > Kafatası Kemikleri > Korti Organı (Tüy Hücreleri) > İşitme Siniri > İşitme Yolları > Korteks



Şekil 7.6.2. Sesin hava yolu ve kemik yolu ile iletimine aracılık eden yapılar

İşitme Kayıpları

İşitme eşiği, kişinin duyabildiği en düşük ses şiddeti seviyesi anlamına gelir. İşitme kayıplarında işitme eşiği yükselir. Başka bir ifadeyle, daha yüksek ses seviyelerine ihtiyaç duyulur. İşitme kayıpları klasik olarak ileti tipi ve sensörinöral tip olmak üzere ikiye ayrılır. İki tip işitme kaybının birlikte görüldüğü durumlara mikst tip işitme kaybı adı verilir.

İleti tipi işitme kaybı; havadaki ses dalgalarının iç kulağa aktarılmasını sınırlayarak hava yolu ile iletimi bozan durumlarda ortaya çıkar. Hava yolu ile iletime aracılık eden dış ve/veya orta kulaktaki sorunlara bağlı olarak gelişir.

İzole ileti tipi işitme kaybında işitme eşiği; ses uyarısı hava yolu ile verildiğinde artmış, kemik yoluyla verildiğinde ise normaldir.

Kulak zarı delinmesi, buşon (kulak kiri), dış ve orta kulaktaki yapısal değişiklikler, otosklerozis, orta kulak iltihabı (otitis media) ve orta kulak kaslarında fonksiyon bozukluğu (örn. m.stapes) gibi durumlar ileti tipi işitme kaybına neden olabilir.

Duysal-sinirsel (sensörinöral) işitme kaybı; iç kulağa ulaşan ses dalgaları tarafından reseptör yanıtlarının oluşmasını ve/veya sinyal iletimini bozan patolojilere bağlı olarak gelişir. Bu patolojiler korti organı, işitme siniri, merkezi işitme yolları, işitme korteksi ile ilgili olabilir. Ortak yolun etkilenmiş olması nedeniyle işitme eşiği, ses uyarısı hem kemik yoluyla hem de hava yoluyla verildiğinde artmıştır.

Yaşlılık (presbiakuzi), yüksek ses maruziyeti, *Meniere* hastalığı ve ototoksik ilaç kullanımı sensörinöral tip işitme kayıplarına neden olan durumlara örnek gösterilebilir.

Karma (mikst) tip işitme kaybı; hem sensörinöral hem de ileti tipi işitme kaybının birlikte görüldüğü işitme kayıplarıdır.

İşitme eşiği, ses uyarısı kemik yoluyla verildiğinde artmış, hava yoluyla verildiğinde daha da artmıştır.

Uygulama:

İşitme fonksiyonu farklı test sistemleri ile değerlendirilebilir. Bu uygulamada *Rinne* ve *Weber* testleri uygulanacaktır. Testlerde ses kaynağı olarak diyapazon kullanılacak olup diyapazon; sabit frekansta saf ses üreten, saplı ve iki kollu Y şeklinde metal bir alettir (Şekil 7.6.3.)

Rinne testi, aynı kulak için, hava yoluyla kemik yolu uyarımını karşılaştırır. *Weber* testi ise kemik yoluyla uyarı üzerinden iki kulağı birbiriyle kıyaslar. İşitme kaybı tipini belirlemek için iki test birlikte değerlendirilir.

Not: *Sonuçlar normal kulak ile karşılaştırabilir (Schwabach testi).*



Şekil 7.6.3. 512 Hz frekansında ses oluşturabilen diyapazon

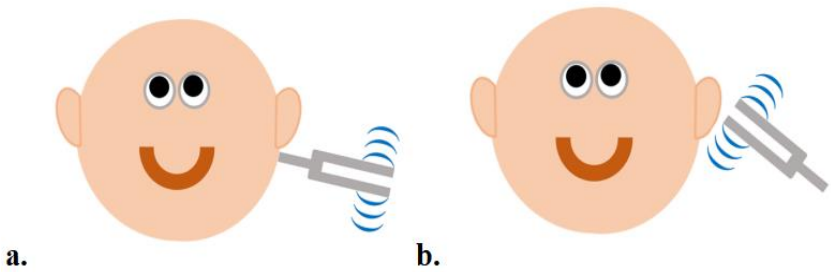
Rinne testi

1. Sapından tutulan diyapazon sert bir yüzeye hafifçe vurularak titreştirilir ve sapı mastoid kemiğin üzerine dik olarak yerleştirilir (Şekil 7.6.4.a.) (sesin devamlılığı için titreşen diyapazon kollarına dokunulmamalıdır).
2. Kişiye tınlama sesini duyup duymadığı sorulur. Sesi duyuyorsa, ses kesildiğinde haber vermesi istenir.
3. Sesin kesildiği söylendiğinde diyapazon hızla dış kulak yolunun 1 cm ötesine getirilir (Şekil 7.6.4.b.) ve kişiye sesin devam edip etmediği sorulur, sesi duyuyorsa ses kesildiğinde haber vermesi istenir.
4. Sesi işitmeye devam ediyorsa; Rinne (+) tir. Bu, hava yolu iletisinin kemik yoluna üstünlüğünü gösterir.

Sesi işitmiyorsa; Rinne (-) tir. Bu durumda test edilen kulak için hava yolu üstünlüğü kaybolmuştur, ileti tipi işitme kaybı düşünülür.

5. Aynı işlemler diğer kulak için tekrarlanır.

Kantitatif bir değerlendirme için diyapazon mastoid kemikte (kemik yolu ile ileti) ve kulak kepçesi önünde (hava yolu ile ileti) iken sesin duyulduğu süreler kronometre ile ölçülüp diğer kulakla ve normal işiten bir kulakla karşılaştırılabilir.

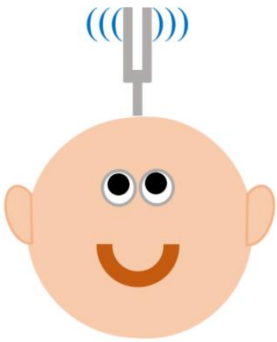


Şekil 7.6.4. Rinne testi

Weber testi

1. Sapından tutulan diyapazon sert bir yüzeye hafifçe vurularak titreştirilir.
2. Titreşen diyapozon, kafatası üzerinde orta hatta bir bölgeye (verteks, iki kaş arası veya çene) yerleştirilir (Şekil 7.6.5.).
3. Kişiye ses duyup duymadığı sorulur, duyuyor ise iki kulak arasında fark olup olmadığı sorulur.

Fark var ise; ya iyi duyan kulakta ileti tipi işitme kaybı olduğu ya da karşı kulakta sensörinöral işitme kaybı olduğu düşünülür.



Şekil 7.6.5. Weber testi

Soru: Elinizle bir kulağınızı tamamen kapatarak Weber testini tekrarlayınız. İki kulak arasında duyma açısından farklılık var ise farklılığın sebebini tartışınız.

Odyometri

Odyometri, günümüzde işitme kayıplarının tespiti için yaygın kullanılan testlerden biridir. Odyometri testi sırasında kişiye giderek artan frekans ve şiddette hem hava hem de kemik yolu ile ses dalgaları verilerek işitme eşiği ölçülür. Elde edilen sonuçlar işitme kaybı tiplerinin belirlenmesine yardımcı olur.

KAYNAKLAR

1. Barret K. E., Barman S. M., Brook H. L., Yuan J. Ganong's Review of Medical Physiology. 26th edition. New York: McGraw-Hill; 2019.
2. Yiğit R., Alkaç Ü. İ., Üçok M. D., Ertuğrul L., Uyar A., Ertan N. Bilgisayar Destekli Fizyoloji Uygulamaları. İstanbul: Nobel Tıp Kitap Evleri; 2003.
3. Berne R.M., Levy M.N., Koeppen B.M., Stanton B.A. Berne and Levy Physiology. 7th Edition. Canada: Elsevier; 2018.