

**T. C.**  
**SAĞLIK BAKANLIĞI**  
**ANKARA FİZİK TEDAVİ ve REHABİLİTASYON**  
**EĞİTİM ve ARAŞTIRMA HASTANESİ**  
**V. FTR KLİNİĞİ**

**KLİNİK ŞEFİ**  
**Doç. Dr. Neşe ÖZGİRGİN**

**SPİNAL KORD YARALANMALI HASTALARIN REHABİLİTASYONUNDA**  
**MEKANİK EGZERSİZ İSTASYONUNDA UYGULANAN ÜST EKSTREMİTE**  
**EGZERSİZLERİNİN FİZYOLOJİK (KAS KUVVETİ, KAN LİPİT PROFİLİ,**  
**KARDİYOPULMONER), FONKSİYONEL, PSİKOLOJİK VE HAYAT KALİTESİ**  
**ÜZERİNE ETKİLERİ**

**UZMANLIK TEZİ**  
**Dr. Adem YILDIRIM**

**ANKARA 2005**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimleriyle yetişmemde büyük emekleri olan, aynı zamanda kaliteli bir çalışma ortamı sağlayan, asistanı olmaktan onur duyduğum değerli hocam V. FTR Klinik Şefi Doç. Dr. Neşe ÖZGİRİN'e,

Uzmanlık eğitimim için gerekli tüm olanakları sağlayan ve her konuda yardımlarını esirgemeyen Ankara Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi Başhekimi, Doç. Dr. Müfit AKYÜZ'e,

Asistanlığım süresince her zaman desteğini yanımda hissettiğim ve aynı zamanda tez çalışmalarım esnasında tecrübelerinden yararlandığım güleryüzlü uzmanım Dr. Ayşe KARAMERCAN'a,

Tezim için gerekli testlerin yapılmasında emeği geçen uzmanlarım Dr. Serap SÜTBELAY, Dr. Nilüfer KUTAY ORDU ve Dr. Deniz DÜLGEROĞLU'na,

Uzmanlık eğitimime bilgi ve tecrübeleri ile büyük destekleri olan V. FTR Kliniği'nin uzmanları Dr. Ayşe KAYA, Dr. Asuman DOĞAN, Dr. Güldal F. NAKİPOĞLU, Dr. Meryem D. ASLAN ve aynı zamanda Başhekim Yardımcılığı görevini yürüten Dr. Erdemir Özer'e,

Birlikte çalışmaktan ve birçok şeyi paylaşmaktan her zaman mutluluk duyduğum arkadaşlarım Dr. Özge KEBELİOĞLU, Dr. Münire MENGÜLLÜOĞLU, Dr. Ahmet KARAKOYUN, Dr. Nermin ATCI, Dr. Gülseren DOST, Dr. İlkey KARABAY, Dr. Engin KOYUNCU, Dr. Refika DEMİRTAŞ, Dr. Burcu Metin ÖKMEN ve diğer kliniklerdeki asistan arkadaşlarıma',

Tez çalışmalarım süresince emeği geçen hastane hemşireleri ve çalışanlarına,  
Sevgisi ve manevi desteği ile her zaman yanımda olan eşim Ayşegül YILDIRIM'a,  
Hayatım boyunca sevincimi ve üzüntümü paylaşan annem, babam ve kardeşlerime,  
Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Adem YILDIRIM

## İÇİNDEKİLER

<b>A. GİRİŞ</b> .....	4
<b>B. GENEL BİLGİLER</b> .....	5
<b>B.1.SPİNAL KORD YARALANMALARI</b> .....	5-23
B.1.1. Tanım .....	5
B.1.2. Anatomi .....	5
B.1.3. Epidemiyoloji .....	6
B.1.4. Etiyoloji .....	6
B.1.5. Nörofizyopatoloji .....	7
B.1.6. Sınıflandırma .....	7
B.1.7. Nörolojik değerlendirme .....	10
B.1.8. Fonksiyonel değerlendirme .....	11
B.1.9. Komplikasyonlar .....	12
<b>B.2.EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ</b> .....	23-50
B.2.1. İskelet Kası .....	23
B.2.1.1. İskelet kasının anatomisi .....	24
B.2.1.2. Organizasyon .....	25
B.2.1.3. Sakrotübüler Sistem .....	26
B.2.1.4. Kas Proteinleri .....	26
B.2.1.5. Kasılmanın Moleküler Temeli .....	27
B.2.1.6. Kas Lifi Tipleri .....	27
B.2.1.7. Kas Yorgunluğu .....	29
B.2.1.8. Egzersiz ve Enerji Sistemleri .....	30
B.2.1.9. Yüksek Enerji Fosfatları .....	31
B.2.2. Kas Kuvvetini Artıran Egzersizler .....	32
B.2.2.1. İzotonik Egzersizler .....	35
B.2.2.2. İzometrik Egzersizler .....	37
B.2.2.3. İzokinetik egzersizler .....	38
B.2.2.4. Ekzantrik Kontraksiyonlar .....	39
B.2.2.5. İstasyon Çalışmaları .....	39
B.2.3. Egzersiz ve Dolaşım Sistemi .....	40
B.2.4. Egzersiz ve Solunum Sistemi .....	42
B.2.5. Düzenli Egzersizin Kronik Etkileri .....	43

B.2.6. Dirençli egzersizler sırasında dikkat edilmesi gereken durumlar .....	48
B.2.7. Dirençli egzersizlerin kontrendike olduğu durumlar .....	49
B.2.8. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi .....	49
<b>B.3. FONKSİYONEL DEĞERLENDİRMEDE İZOKİNETİK SİSTEM</b>	
<b>KULLANIMI</b> .....	50-55
B.3.1. Tanımlar .....	50
B.3.2. İzokinetik Sistemin Avantajları ve Dezavantajları .....	50
B.3.3. İzokinetik Egzersizlerin kontrendikasyonları .....	51
B.3.4. İzokinetik Sistem Parametreleri .....	53
<b>B.4. KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİ (Ergospirometrik Test)</b> .....	55-65
B.4.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testinde Elde Edilen Veriler ve Yorumları .....	58
B.4.2. Egzersiz Limitasyonu .....	64
<b>C. HASTALAR ve YÖNTEM</b> .....	65
<b>D. BULGULAR</b> .....	70
<b>E. TARTIŞMA</b> .....	79
<b>F. SONUÇLAR</b> .....	88
<b>G. ÖZET</b> .....	90
<b>H. KAYNAKLAR</b> .....	91

## A. GİRİŞ

Spinal kord yaralanmasına(SKY) bağılı parapleji gelişen hastalarda üst ekstremite kas kuvveti, hastaların günlük yaşam aktivitelerinde (yemek yeme, el-yüz bakımı, giyinme, süslenme, banyo yapma, mesane-barsak bakımı, mobilite, transferler) ve hatta ambulasyonlarında (push-up, paralel barda, swing-to yürüme, paralel dışında walker, koltuk değneği ile ambulasyon vs.) son derece önemlidir. Ancak hastaların birçoğu üst ekstremitelerine yönelik yeterli ve uygun egzersiz yapamadıkları için günlük yaşam aktiviteleri ve ambulasyonda bağımlı, sedanter bir hayat sürmektedirler.

Bugüne kadar, SKY'lı hastaların endurans ve kas kuvvetini artıracak egzersiz yöntemi halen net olarak ortaya konulabilmiş değildir. Kesitsel ve uzun süreli çalışmalar SKY'lı hastaların egzersizden fayda gördüğünü ve fiziksel kondüsyon seviyelerinin arttığını göstermektedir. Bu çalışmaların çoğunda kol ergometrisi veya tekerlekli iskemle ile yapılan egzersizler çalışma modeli olarak kullanılmıştır. Spinal kord yaralanmalı hastaların rehabilitasyonunda üst ekstremite kaslarına yönelik en etkin fiziksel tedavi programının hangisi olacağı halen tartışma konusudur.

Son yıllarda yürütülen epidemiyolojik çalışmalar spinal kord yaralanmalı (SKY) hastalarda majör ölüm nedeninin kardiyovasküler hastalıklara bağılı olduğunu göstermektedir. Asemptomatik kardiyovasküler hastalık, paraplejili hastalarda normal popülasyona göre daha erken yaşlarda oluşmaktadır. Sedanter yaşam nedeniyle bu hastaların kan lipit profilinde karakteristik olarak, artmış total kolesterol ve düşük yoğunluklu lipoprotein(LDL) yanında azalmış yüksek yoğunluklu lipoprotein(HDL) seviyeleri görülmektedir. Sedanter yaşama ek olarak genel popülasyonda koroner kalp hastalıkları için kabul edilen risk faktörleri olan obezite, HDL'nin düşük seviyelerde olması, serum total kolesterolünün yüksek olması, glukoz intoleransı, sigara alışkanlığı ve stres vs. aynı zamanda SKY'lı hastalar içinde risk oluşturmaktadır.

Bu çalışmada paraplejik hastalara mekanik egzersiz istasyonunda uyguladığımız sabit tekrarlı üst ekstremite progresif dirençli egzersizlerinin fizyolojik (kas kuvveti, kan lipit profili, kardiyopulmoner ) fonksiyonel (günlük yaşam aktiviteleri) ve psikolojik (anksiyete, depresyon ) etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

## **B. GENEL BİLGİLER**

### **B.1.SPİNAL KORD YARALANMALARI**

#### **B.1.1. Tanım**<sup>1,2</sup>

Spinal kord yaralanması travmatik veya nontravmatik nedenlere bağlı olarak gelişen, normal motor, duyu ve anatomik fonksiyonlarda değişikliklerle sonuçlanan medulla spinalis yaralanmalarıdır. Beraberinde getirdiği fiziksel, psikososyal ve ekonomik sorunlar ile hem bireysel, hem toplumsal açıdan önemli bir problemdir.

#### **B.1.2. Anatomi**

Medulla spinalis canalis vertebralisin üst 2/3'ünü dolduran, üç tabaka meninksle sarılı olan silindirik bir yapıdır. Foramen magnumdan L1 vertebranın alt sınırına uzanmakta ve burada conus medullaris olarak koni şeklinde sonlanmaktadır. Conus medullarisin aşağısında lomber ve sakral sinir kökleri at kuyruğuna benzeyen cauda equinayı oluşturur. Medulla spinalis üst ve alt ekstremitte sinirlerini verdiği servikal ve lomber bölgelerde genişleme yapar.

Medulla spinaliste merkezde bulunan kelebek şeklinde olan gri cevher olup, internöronlar, hücre gövdeleri, efferent nöronların dendritleri, afferent nöronların giriş lifleri ve glial hücrelerden oluşur. Gri cevherin etrafında beyaz cevher yer alır ki, bu da temel olarak nöronların myelinli aksonlarından oluşur. Bu akson grupları ya da diğer bir deyişle yollar, medulla spinalis boyunca uzunlamasına yol alır ve bilginin beyinden medulla spinalise veya üst medulla spinalis seviyelerinden alt medulla spinalis seviyelerine ya da periferik sinir sisteminden beyine iletilmesini sağlar.<sup>1,2</sup>

Medulla spinalise ulaşan afferent lifler medulla spinalisin arka tarafında bulunan arka kökler yoluyla arka boynuzlara girerler. Arka köklerdeki küçük ganglionlar afferent nöronların gövdelerini içermektedir. Ön boynuzda bulunan efferent nöronların aksonları ise; ön kökler yoluyla medulla spinalisi terk ederler. Medulla spinalisten kısa bir mesafe uzaklıkta aynı seviyeye ait arka ve ön kökler birleşerek spinal sinirleri oluşturur ki, bunlar da kendi aralarında organize olarak servikal, torasik, lomber ve sakral pleksusları yapılandırır.<sup>1,3,4</sup>

Medulla spinalisten 31 çift spinal sinir (8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral, 1 coccygeal) çıkar. 1.servikal sinirin dorsal kök lifleri olmadığından karşılık gelen bir dermatomu yoktur, vertebral kanalı atlas ve oksiput arasından terk eder. İlk yedi servikal sinir aynı numaralı foramenin üzerinden çıkar. 8.servikal sinir C7 ve T1 arasından çıkar. Bu

seviyenin altındaki tüm spinal sinirler aynı sayılı vertebranın altındaki foramenden vertebral kanalı terk ederler.<sup>5</sup>

Medulla spinalisin arteriyel kanlanması a.vertebralisten ayrılan a. spinalis anterior ve posterior, a.radicularis anterior ve posterior, a. intercostalis posteriordan olur. Venöz kanı v.spinalis interna ve externadan plexus venosus vertebralis internus ve externus aracılığı ile v. vertebralis ve v. intercostalislere dökülür.<sup>6</sup>

### **B.1.3. Epidemiyoloji**

Travmatik spinal kord yaralanmalarının yıllık insidansı ABD’de milyonda 28-55 olarak bildirilmiş olup, her yıl ortalama 10.000 yeni olgu eklenmektedir<sup>7</sup>. Prevalans ise 183.000-230.000’dir.<sup>8</sup> Türkiye’deki insidansı milyonda yeni olgu olarak 12,7’dir.<sup>9</sup> Türkiye’de SKY olan hastaların %32,2’si tetraplejik , %67,8’i paraplejiktir.<sup>10</sup>

SKY genç erişkin erkeklerde daha sık görülür. Çocuklarda nadirdir. ABD’nde hastaların %59’u 30 yaş ve altındadır ve kadın/erkek oranı 1/4’tür.

Etiyolojik nedenler Türkiye’de görülme sıklığına göre; trafik kazası (%48,8), düşme (%36,5), bıçaklanma (%3,3), ateşli silah yaralanmaları (%1,9) ve suya dalma (%1,2) olarak bildirilmiştir.<sup>10</sup>

### **B.1.4. Etiyoloji**

Spinal kord yaralanmalarının etiyojisini iki başlık altında toplayabiliriz. Birinci ve büyük grubu travmatik spinal kord yaralanmalı hastalar teşkil eder. Spinal kord yaralanmalı hastalar hakkındaki araştırmaların büyük çoğunluğu bu grup üzerinde yapılmıştır. Etiyolojik nedenler arasında en sık karşılaşılanlar görülme sıklığına göre; motorlu araç kazaları (%36-48), yüksekten düşmeler (%17-21), şiddet olayları (%5-29), spor ve eğlence aktiviteleri (%7-16)dir. 2000’de yayınlanan genel Türkiye verilerinde ise trafik kazası (%48.8), düşme (%36.5), bıçaklanma (%3.3), ateşli silah yaralanmaları (%1.9) ve suya dalış (%1.2) bildirilmiştir ve hastaların %32.2’si tetraplejik, %67.8’i paraplejiktir.<sup>7</sup>

Non-travmatik spinal kord yaralanmalarının dökümünü yapmak oldukça zordur. Çünkü bu grup homojen değildir ve her hastalık bir başka merkezde tedavi edilir. Non-travmatik sebepler arasında intra ve ekstra medüller tümörler, kord enfeksiyonları, ilerleyici nörolojik hastalıklar ve disk hernileri sayılabilir. Kırk yaşın altında en sık spinal kord yaralanma nedeni travma iken, 40 yaşın üzerinde tümörler en sık etiyojik sebep olarak görülmektedir.<sup>11</sup> Spinal kord yaralanmaları servikal bölgede %44, torakal bölgede %41, lumbosakral bölgede %15 oranında görülür. En yaygın görülen seviye C5, C4 ve C6’dır.

Parapleji için en yaygın görülen seviye ise torakolomber bileşkedir.<sup>12</sup>

### **B.1.5. Nörofizyopatoloji**

Başlangıçtaki bir mekanik zedelenmeyi takiben oluşan oldukça kompleks sekonder olaylar sürecini kapsar.<sup>13,14</sup> Yaralanma anında oluşan mekanik travma kordda nadiren komplet bir kesiye neden olur. Zedelenmenin komplet mi, inkomplet mi olacağını belirleyen asıl faktör ; travma sonrası gelişen kompleks vasküler, biyokimyasal ve inflamatuvar olaylar, yani sekonder zedelenmedir.<sup>15</sup>

#### *Primer Zedelenme*

Başlangıçtaki mekanik travma ile ortaya çıkan traksiyon ve kompresyon kuvvetlerinden oluşur. Kırık ya da deplase olmuş kemik fragmanları hem santral, hem periferik sinir sistemini oluşturan nöral yapıları zedeler. Kan damarları zedelenir ve akson bütünlüğü bozulur.<sup>13</sup> Akut yaralanmanın 15. dakikasında santral gri cevherde mikrohemorajiler oluşur ve birkaç dakikada radial ve aksiyel olarak yayılır.<sup>1,13,15</sup> Zedelenme seviyesindeki spinal kord birkaç dakikada şişerek tüm spinal kanalı doldurur. Kordaki şişme venöz kan basıncını aştığında sekonder iskemi başlar. Kan akımının otoregülasyonu bozulur ve spinal nörojenik şok sistemik hipotansiyona neden olarak iskemiye arttırır.

#### *Sekonder Zedelenme*

Gri cevherde oluşan hipoperfüzyon çevre beyaz cevhere yayılır. Bu hipoperfüzyon aksiyon potansiyellerinin akson boyunca ilerleyişini yavaşlatır veya durdurur ve spinal şoka neden olur.<sup>13</sup>

Hasarlanmış hücreler, aksonlar ve kan damarları toksik kimyasallar salgılayarak intakt komşu nöronları da hasarlar. “Eksitotoksisite” olarak adlandırılan bu süreçte anahtar rol oynayan kimyasal madde glutamattır.<sup>13,15</sup> Aşırı uyarılan intakt nöronlar kalsiyum iyonlarının girişine izin vererek bir seri destrüktif olayın başlamasını tetikler. Üretilen serbest radikaller diğer membranlar ve hücre komponentlerine saldırarak intakt nöronların ölümüne yol açar.<sup>13</sup>

Bu zedelenme süreci yalnız nöronları değil, oligodendrositleri ve myelin üreten hücreleri de etkiler. İntakt nöronlarda bile myelin kaybı oluşur ve uyarı iletimi gerçekleşemez hale gelir.<sup>13,15</sup>

Travmadan birkaç saat sonra maksimal düzeye ulaşan inflamatuvar hücre yanıtı izlenir. 5-7 gün içinde makrofaj infiltrasyonu maksimuma ulaşır. Aktive makrofajlarca salgılanan sitotoksik ürünler gecikmiş aksonal yıkıma ve sekonder demyelinizasyona neden olur(15).

### **B.1.6. Sınıflandırma**

Spinal kord yaralanmalarının anatomik lokalizasyonlarına göre bazı tanımlamalar mevcuttur. Bu tanımlamalar ASIA (American Spinal Injury Association) Bozukluk Skalası'na göre verilmiştir.

#### **B.1.6.1. Lezyon seviyesine göre**

*Tetrapleji:* Spinal kordun servikal segmentlerindeki spinal kanal içinde yeralan nöral elemanların hasarına bağlı olarak motor ve/veya duyuşal fonksiyon bozukluğu veya kaybıdır. Kollarda, gövdede, bacaklarda ve pelvik organlarda fonksiyon bozukluğuna yol açar. Brakial pleksus lezyonlarını veya nöral kanal dışındaki periferik sinir yaralanmalarını içermez.

*Parapleji:* Spinal kordun torakal, lomber veya sakral segmentlerindeki spinal kanal içinde yeralan nöral elemanların hasarına bağlı olarak motor ve/veya duyuşal fonksiyon bozukluğu veya kaybıdır. Üst ekstremitelerin fonksiyonu korunmuştur. Lezyon seviyesine bağlı olarak gövde, alt ekstremiteler ve pelvik organlar etkilenebilir. Bu terim konus medullaris ve kauda ekuina sendromlarını da kapsar. Ancak nöral kanal dışındaki periferik sinir ve lumbosakral pleksus lezyonlarını içermez.

#### **B.1.6.2. Lezyonun genişliğine göre**

*Komplet Yaralanma:*En kaudal seviyedeki sakral segmentlerin duyuşal ve motor fonksiyonlarının yokluğunu ifade eder.

*İnkomplet Yaralanma:*Nörolojik seviyenin altında sakral segmentleri de içeren kısmi duyuşal ve/veya motor fonksiyonun korunmasını ifade eder. Bu yüzeysel ve /veya derin anal duyunun korunmuş olması ve/veya istemli anal sfinkter kontraksiyonunun varlığı ile ortaya konur.<sup>7</sup>

#### **B.1.6.3. Nörolojik Seviye**

Her iki vücut tarafında normal duyuşal ve motor fonksiyona sahip en kaudal spinal kord segmentidir. Sağ duyuşal, sağ motor, sol duyuşal, sol motor olarak ifade edilir. Motor ve duyuş seviyesi farklı ise nörolojik seviye bunlardan daha yukarda olanıdır.

#### **B.1.6.4. Fonksiyonel Sınıflandırma**

ASIA Bozukluk Skalası (Frankelden modifiye edilmiş); kolaylığı nedeniyle en fazla kullanılan, lezyon seviyesi altındaki motor ve duyuşal fonksiyonlar göz önüne alınarak yapılmış fonksiyonel bozukluk değerlendirmesi yapan bir sınıflamadır.

*A Komplet:* Sakral segmentlerde (S4-5) hiçbir duysal ve motor fonksiyon korunmamıştır.

*B İnkomples (sadece duyu):* Nörolojik seviyenin altında motor fonksiyon yoktur, duysal fonksiyon devam eder ve sakral segmentlere kadar uzanır.

*C İnkomples (kullanışsız motor):* Nörolojik seviyenin altında motor fonksiyon korunmuştur ve bu seviyenin altındaki anahtar kasların en az yarısından fazlası 3'ten az kas kuvvetine sahiptir.

*D İnkomples (kullanışlı motor):* Nörolojik seviyenin altında motor fonksiyon korunmuştur ve bu seviyenin altındaki anahtar kasların en az yarısından fazlası 3 veya daha fazla kas kuvvetine sahiptir.

*E Normal:* Motor ve duysal fonksiyon normaldir.<sup>7</sup>

#### **B.1.6.5. Klinik Sendromlar<sup>5,7</sup>**

*Santral Kord Sendromu:* Hemen daima servikal bölgede, genellikle hiperekstansiyon yaralanması ile oluşur. Nontravmatik olguların çoğu servikal spondilozla ilişkilidir. Kollarda bacaklardan daha fazla kuvvet kaybının olması; kortikospinal traktusta üst ekstremiteliflerinin medialde yer almasına bağlıdır. Duyu kaybı değişkendir ancak sakral duyu korunur.

*Brown-Sequard Sendromu:* Sıklıkla servikal hiperekstansiyon yaralanmalarında gözlenir. Spinal kordun yarı kesisi sonucu gelişir. Lezyon seviyesinin altında ipsilateral motor ve proprioseptif duyu, kontralateral ağrı-ısı duysusu kaybı olur.

*Anterior Kord Sendromu:* Anterior spinal arteri veya spinal kordun ön 2/3 kısmını ilgilendiren travmalarda gelişir. Servikal omurganın fleksiyon yaralanmaları sonucu disk veya kemik fragmanların geriye kayması ile oluşabilir. Lezyon altında ağrı-ısı duysusu ve motor fonksiyonun azalması, propriosepsiyon, hafif dokunma ve derin basınç duysularının kısmi korunması ile sonuçlanır.

*Konus Medullaris Sendromu:* Sakral kordun ve nöral kanal içindeki lomber sinir köklerinin lezyonudur. Mesane ve barsak fonksiyonlarında ağır kayıp, "eyer" dağılımında simetrik duyu kayıpları ve alt ekstremitel fonksiyonlarında minör defisitlerle sonuçlanır.

*Kauda Ekina Sendromu:* Nöral kanal içindeki lumbosakral sinir köklerinin lezyonudur. Arefleks mesane, barsak ve flask alt ekstremiteler ile karakterizedir. Defisitler asimetriktir. Etkilenen kaslarda atrofi mevcuttur.

*Servikomedullar Sendrom:* Üst servikal kord ve beyin sapını etkileyen lezyonlarda görülür. Yüzde duyu kaybı olur. Kollardaki kuvvet kaybı bacaklardan daha fazladır.

*Posterior Kord Sendromu:* Motor ve proprioseptif duyu kaybı olur. Ağrı-ısı duyusu korunur.

### **Spinal Şok**

Spinal şok; yaralanma sonrasında somatik motor, duysal ve sempatik otonomik fonksiyonun kaybı ile karakterizedir. Kord yaralanması ne kadar fazla ve seviyesi ne kadar yüksekse spinal şokun süresi de o kadar uzun olur. Yani komplet üst servikal kord yaralanmalarında en uzundur. Spinal şokun somatik motor komponenti paralizi, flasite ve arefleksiden oluşurken; duysal kayıp tüm modalitelere karşı anestezi ile; otonomik kayıp ise hipotansiyon, bradikardi, ciltte hiperemi ve sıcaklıkla kendini gösterir. Spinal şokun mekanizması tam bilinmemekle birlikte, impuls iletiminde yetersizlik oluşturan geçici elektrolit veya nörotransmitter dengesizliği ve geri dönüşümlü bir nöronal ve aksonal membran disfonksiyonu olduğu düşünülmektedir.<sup>5</sup>

### **B.1.7. Nörolojik Değerlendirme**<sup>18,7</sup>

Motor ve duyu muayenesinden oluşur.

#### **Motor Muayene**

5 üst ekstremitede(C5-T1) ve 5 alt ekstremitede(L2-S1) olmak üzere 10 çift miyotomun klavuz kasları incelenir.

C5-Dirsek fleksörleri

C6-El bilek ekstansörleri

C7-Dirsek ekstansörleri

C8-Orta parmak distal falanks fleksörleri

T1-Küçük parmak abduktörleri

L2-Kalça fleksörleri

L3-Diz ekstansörleri

L4-Ayak bilek dorsifleksörleri

L5-Ayak başparmak ekstansörleri

S1-Ayak bilek plantar fleksörleri

Kas kuvveti 6 değerinde skorlanır:

0= Total paralizi

1= Palpe edilen veya gözlenen kas kontraksiyonu

2= Yerçekimi elimine edildiğinde tüm eklem hareket açıklığında aktif hareket

3= Yerçekimine karşı tüm eklem hareket açıklığında aktif hareket

4= Orta derece dirence karşı tüm eklem hareket açıklığında aktif hareket

5= Normal, tam dirence karşı tüm eklem hareket açıklığında aktif hareket

İstemli anal kontraksiyon, hekimin parmağı çevresinde eksternal anal sfinkter kontraksiyonunun hissedilmesi ile muayene edilir.

### **Duyu Muayenesi**

Vücudun sağ ve sol tarafındaki 28 çift(C2-S5) dermatomun klavuz noktaları incelenir.

Yüzeyel temas duyusu pamuk ile, ağrı duyusu iğne ile bakılır.

Duyu 3 değerde skorlanır:

0= Yok

1= Bozulmuş, duyu yüzdeki kadar keskin değil

2= Normal, duyu yüzdeki kadar keskin

Derin anal duyu, parmak ile rektum duvarına basınç uygulanırken hastaya dokunma veya basınç hissinin olup olmadığı sorularak muayene edilir.

Nörolojik seviye; her iki tarafta motor fonksiyonun ve duyunun normal olduğu en kaudal spinal kord segmentidir.

Motor seviye; kendisinin üzerindeki anahtar kasların normal olarak (5/5) derecelendirildiği, en azından 3/5 değerindeki en kaudal anahtar kasın ait olduğu seviyedir.

Duyusal seviye; vücudun her iki tarafında iğne ve hafif dokunma duyusunun normal olduğu en kaudal seviyedir.

Motor ve/veya duyu seviyesi sağ ve solda farklılık gösterebilir ve muayene 4 farklı segmentle ifade edilir: Sağ duyu, sağ motor, sol duyu, sol motor.

Anahtar kası olmayan segmentlerde (C4 ve üzeri, T2-L1, S2-5) hem motor, hem de nörolojik seviye duyu seviyesi ile belirlenir.

### **B.1.8. Fonksiyonel Değerlendirme**<sup>18,7</sup>

Günlük yaşam aktiviteleri ve kognitif fonksiyonu değerlendirmek için fonksiyonel bağımsızlık ölçeği (FIM) kullanılır. Spinal kord yaralanmasının birey üzerine etkisini belirlemek ve tedaviyle gerçekleşen ilerlemeyi göstermek için gereklidir. 18 maddeden oluşmaktadır. 6 temel bölümü kapsamaktadır:

1. Kendine bakım
2. Sfinkter kontrolü
3. Mobilite

4. Lokomasyon
5. İletişim
6. Sosyal algı

Her bir madde 7 değerinde skorlanır:

*Komplet Bağımlı*

1= Tam bağımlı: Aktiviteyi yapan, aktivite için gerekli eforun % 0-25'ini harcar.

2= Maksimal yardım: Aktivite için gerekli eforun %25-50'sini harcar.

*Modifiye Bağımlı*

3= Orta yardım: Aktivite için gerekli eforun %50-75'ini harcar.

4= Minimal yardım: Aktivite için gerekli eforun %75 ve fazlasını harcar.

Dokunmaktan fazlasına ihtiyaç duymaz.

5= Gözlem: Fiziksel yardım gerekmez fakat harekete geçirici bir söz veya fiziksel duruş gerekebilir.

*Bağımsız*

6= Modifiye bağımsız: Aktivite yardımcı bir alete ihtiyaç gösterir ve/veya makul bir zamandan fazlasını gerektirir ve/veya güvenli bir şekilde yapılamaz.

7= Tam bağımsız: Aktivite hiçbir modifikasyon, yardımcı alet olmaksızın güvenli ve makul bir zamanda yapılır.

### **B.1.9. Komplikasyonlar**

**Basınç Yaraları:** Sıklıkla bir kemik çıkıntı üzerinde olduğu gibi belirli bir alan üzerinde, iskemi, hücre ölümü ve doku nekrozuna yol açan, giderilemeyen basınç alanıdır.<sup>19</sup> SKY olan hastalarda basınç yarası insidansı %25-66'dır.<sup>19,20</sup> Yüksek lezyon düzeylerinin aşağı düzeylerdeki lezyonlara göre basınç yarası gelişimi açısından daha çok risk taşıdığı gösterilmiştir.<sup>21</sup> Basınç yaralarının %95'i vücudun alt yarısındaki kemik çıkıntılar üzerindeki deride gelişir.<sup>20</sup> En sık görüldüğü yerler; iskiüm, sakrum, trokanter ve topuktur.<sup>19,20,21,22,23</sup> Basınç yarası oluşumuna katkıda bulunan patomekanik (dış) etmenler; basınç, makaslama, sürtünme ve immobilitedir. Patofizyolojik(iç) etmenler ise; malnutrisyon (protein ve vitamin eksikliği), ileri yaş, nem, inkontinans, sigara, ateş, anemi, eşlik eden hastalıklar (akciğer, kalp ve renal hastalık, diabetes mellitus), enfeksiyon, psikososyal nedenler ve bilişsel işlev bozukluğudur. Basınç yaraları dengeli beslenme, iyi bir cilt bakımı, vücudun uygun pozisyonlanması ve hastanın iyi programlanmış zaman aralıkları içinde çevrilmesi ile önlenir. Kemik çıkıntılar ile direk teması önlemek üzere yastıklar, köpük destekler

kullanılmalıdır.<sup>24</sup> Rehabilitasyon sürecine etkisi düşünülduğünde bası yaralarının tedavisinden çok önlenmesi önem arz etmektedir.<sup>7</sup> Evre 1 ve 2 basınç yaralarının tedavisi konservatiftir. Bakteriyel büyümeyi engellemek ve granülasyon dokusunun gelişimini arttırmak için yara temiz tutulmalı ve ölü dokular debride edilmelidir. Yara iyileşmesini hızlandırmak ve enfeksiyondan korumak için yara örtüleri kullanılabilir. Diğer tedavi ajanları; elektriksel stimülasyon, ultrason, ultraviyole, büyüme faktörleri ve hiperbarik oksijendir.<sup>24</sup> Evre 3 ve 4 basınç yaraları cerrahi girişim gerektirebilir. Direkt kapatma, deri grefti, deri flepleri ve muskulokütanöz flepler uygulanabilir.<sup>19</sup>

**Nörojenik Mesane<sup>25</sup>:** Otonom, duyuşsal ve motor liflerin devamlılığını kaybetmesi sonucu mesane fonksiyonu bozular. Krane ve Siroky'nin nörojenik mesane fonksiyon bozukluğu klasifikasyonu;

- Hiperrefleks detrüşör
  - Koordine sfinkterler
  - Dış sfinkter dissinerjisi
  - İç sfinkter dissinerjisi
- Arefleks detrüşör
  - Koordine sfinkterler
  - Relakse olmayan dış sfinkter
  - Denerve dış sfinkter
  - Relakse olmayan iç sfinkter

Nörojenik mesane komplikasyonları; üriner sistem enfeksiyonları, veziköüretal reflü, hidronefroz, nefrolityazis, mesane taşı ve mesane kanseridir. Spinal şok döneminde retansiyon geliştiğinden hastalar hemen kateterize edilmelidir. Daimi sonda 7 günde bir değıştirilmelidir. Spinal şoktan çıktıktan sonra ürodinamik çalışmalarla mesane fonksiyonu incelenmelidir. Hasta süratle daimi sondadan kurtarılmalı, temiz aralıklı kateterizasyon (TAK) kullanımını takiben spontan idrar yapması sağlanmalıdır. Medikal tedavide nörojenik mesane tipine göre; antikolinerjikler (propantelin, oksibutinin, tolterodin), trisiklik antidepresanlar (imipramin), çizgili kas gevşeticiler ( dantrolen, baklofen, diazepam), alfa adrenerjik blokerler (fenoksibenzamin, prazosin, terazosin), parasempatomimetikler (betanekol), alfa adrenerjik agonistler (efedrin), intratekal baklofen, prostaglandin inhibitörleri ve intravezikal antikolinerjik kullanılabilir. Medikal tedaviye cevap vermeyen olgularda cerrahi düşünölmelidir. Genişletme sistoplastisi, mesane innervasyonunun kesilmesi ( kordektemi, anterior veya anteroposterior rizotomi), transüretal eksternal

sfinkterotomi, pudental nörektomi, mesane boynunun transüretal rezeksiyonu ve artifisiyel sfinkter implantasyonu uygulanabilir.

**Spastisite**<sup>26</sup>: Üst motor nöron lezyonu olan hastaların çoğunda flask dönemden sonra spastisite gelişir. Hiperaktif reflekslerin ortaya çıkmasıyla ilişkili, pasif hareketlere karşı hıza bağımlı olarak artan bir direnç olarak tanımlanır. Temel olarak segmental refleks arkında motor nöronal eksitabilite artışı, motor nöronların germe ile oluşan sinaptik eksitasyonlarında artma ve supraspinal inhibitör kontrolün azalmasına bağlı ortaya çıkar. Spastisitenin olumlu etkileri; ayakta durma ve yürümeye yardımcı olması, atrofiyi engellemesi, osteoporozu önlemesi, ödem ve derin ven trombozu riskini azaltması, öksürmeye ve bronşiyal sekresyonun temizlenmesine katkıda bulunmasıdır. Olumsuz etkileri ise; mobilite, transfer ve günlük yaşam aktivitelerini engellemesi, basınç ülserlerinin oluşmasına ortam hazırlaması ve kontraktürlerin oluşmasıdır.<sup>26</sup> Spastisiteyi arttıran etmenlerin başında eklem kontraktürleri gelmektedir. Konstipasyon, bası yaraları, yanıklar, idrar retansiyonu, enfeksiyon ve taş oluşumu, hemoroidler vs. hazırlayıcı etkenlerdendir. Ayrıca ani ısı değişiklikleri, stres ve emosyonel bozukluklar, depresyon da spastisiteyi arttıran nedenler arasındadır.<sup>8</sup> Tedavide öncelikle zararlı uyaranlar giderilmelidir. Uygun yatak pozisyonu verilmelidir. Pasif eklem hareket açıklığı (EHA) ve germe egzersizleri yapılmalıdır. Alçı ve splintler uygulanmalıdır. Fizik tedavide; lokal soğuk uygulama, ultrason, elektriksel stimülasyon ve EMG biyofeedbackden yararlanılır. Medikal tedavide baklofen, diazepam, dantrolen, tizanidin ve klonidin kullanılabilir. Lokal anestezipler, etil alkol ve fenol ile sinir blokajı ve botulinum toksini enjeksiyonu yapılabilir. Konservatif tedaviye yanıt alınamayan olgularda intratekal baklofen veya cerrahi uygulanabilir. Cerrahi tedavi yöntemleri; tenotomi, tendon uzatmaları, miyotomi, tendon transferleri, rizotomi, nörektomi ve myelotomidir.<sup>26</sup>

**Kardiyovasküler Komplikasyonlar**<sup>7</sup>: Lezyon seviyesi T6 üzerinde olan hastalarda ortostatik hipotansiyonla ilgili baş ağrısı, baş dönmesi veya bulantı olabilir. Lezyon seviyesinin altında sempatik aktivitedeki azalma, venöz göllenme, istirahat kan basıncı düşüklüğü, refleks bradikardi ve kan basıncının diünel varyasyonunun kaybı ile sonuçlanır. Erken dönemdeki önleyici girişimler; yeterli hidrasyon yapılması, abdominal bağ kullanımı ve bacak kompresyonudur. Daha sonra dik duruşa alıştırma için tilt masası ve tilt özelliği olan tekerlekli iskemle kullanılır. Ortostatik hipotansiyonun kalıcı olduğu durumlarda midodrin, efedrin, fludrokortizon ve tuz tabletleri kullanılabilir.<sup>27</sup>

SKY olan hastalarda uzun dönemde kalp hastalığı riski artmış olduğu için bu hastalar

kardiyak risk açısından daha özenle değerlendirilmelidir.<sup>28</sup> Yüksek parapleji ve tetraplejide ciddi koroner iskemiye rağmen anjinal semptomlar fark edilmeyebilir.<sup>29</sup> Koruma amacıyla serum lipid, glukoz, kan basıncı, beslenme alışkanlıkları, sigara ve alkol tüketimi, aktivite seviyesi gibi risk faktörleri periyodik olarak değerlendirilmelidir. Obezitenin sadece kardiyovasküler hastalık açısından değil, aynı zamanda kas-iskelet sistemi açısından da sorunlar yaratacağı bilinmelidir. Kol ergometresi ile yapılan endurans eğitiminin kardiyovasküler sistem, fonksiyonel endurans ve lipoprotein düzeylerine olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir.<sup>30</sup>

**Anemi**<sup>5,7</sup>: Akut dönemde görülen aneminin nedeni; daha çok yaralanmanın kendisine veya ameliyata bağlı kan kaybıdır. Anemi normokrom, normositerdir ve demir, transferin seviyeleri düşüktür. Kronik dönemde görülen anemi ise; ciddi idrar yolu enfeksiyonları, kateterizasyona bağlı mikroskobik hematüri, hemoroid kanamaları, gastrik kan kaybı ve basınç ülserlerine bağlı olabilmektedir, kronik hastalık anemisi ile uyumludur ve hastaların %60'ında gözlenebilir.<sup>31</sup>

**Derin Ven Trombozu**: Spinal kord yaralanmalarında derin ven trombozu (DVT) ve gelişebilecek pulmoner emboli yaşamı tehdit eder. DVT insidansı, kullanılan tanı yöntemine bağlı olarak değişir ve %40 ile %100 arasında bildirilmiştir. Ülkemizde doppler ultrason veya venografi ile yapılan araştırmalarda DVT %53 oranında saptanmıştır. Olguların %80'den fazlası yaralanma sonrası ilk iki haftada gelişir.<sup>16</sup> DVT riski; tüm yaş grupları, erkek cinsiyet, komplet yaralanmalar ve paraplejiklerde daha yüksektir.<sup>5</sup> Akut dönemde %5 oranında pulmoner emboli oluşur. Pulmoner emboli riski; 61-75 yaş, erkek cinsiyet, tetraplejik, spastisitesi az ve vücut kütlesi fazla olanlarda daha yüksektir.<sup>5</sup> Primer neden; flask alt ekstremitedeki venöz stazdır. Bunun yanı sıra geçici bir hiperkoagülabilitate, fibrinolitik aktivitede azalma ve faktör VII aktivitesinde artış sorumlu olabilir.

DVT bulguları; tek taraflı ödem, kollateral damarlarda artış, ateş ve inkomplet hastalarda bacaklarda ağrı ve duyu değişiklikleridir. Tek taraflı alt ekstremitte ödemi DVT'den başka kırık, heterotopik ossifikasyon, hematoma veya sellülit ile de ilişkili olabilir. Bu durumların ayırıcı tanısı yapılmalıdır. SKY olan hastalarda bozulmuş vazomotor tonusa bağlı olarak bacakların şekil ve görüntüsü değişebileceği için bacak çevresi ölçümlerinin değeri azdır.<sup>1</sup> DVT'nun yüksek görülme oranı, potansiyel morbidite ve mortalitesi nedeniyle etkili bir profilaksi yapmak gerekir. DVT insidansını azaltan mekanik önlemler arasında;

EHA egzersizleri, hastanın uygun aralıklarla çevrilmesi, varis çorabı giydirilmesi, alt ekstremiteye elektrik stimülasyonu, elastik bandaj uygulaması ve eksternal pnömotik kompresyon sayılabilir. Farmakolojik profilaksi yöntemleri içinde en yaygın olanı subkutan düşük doz heparin kullanımınıdır. Ancak son yayınlarda düşük molekül ağırlıklı heparin (enoksaparin, dalteparin) DVT profilaksisinde heparinden daha etkili bulunmuştur.<sup>32</sup> Farmakolojik profilaksinin kontrendike olduğu durumlarda veya vena kavada trombüs varlığında vena kava filtresi takılabilir.<sup>33</sup>

DVT şüphesi olduğunda tetkikler tamamlanana dek, tedavi dozlarında düşük molekül ağırlıklı heparin başlanmalıdır. Doppler tekniği tarama ve tanı için oldukça sensitif ve spesifik olmasına rağmen klinik olarak DVT şüphesi olan ancak doppler bulgusu negatif olan hastalarda venografi yapılmalıdır. Tanıdan sonra 4 ile 7 gün süre ile mobilizasyon ve terapilere ara verilmelidir. Tüm akut DVT olguları en az 3 ay antikoagulan ile tedavi edilmelidir.<sup>5,34</sup> Eğer pulmoner emboli gelişirse; nedeni açıklanamayan düşük derecede ateş, taşikardi, takipne, göğüs ağrısı ve benzeri bulgular gözlenebilir. Tetraplejiklerde ateş, omuz ağrısı ve skapular ağrı pulmoner emboli belirtisi olabilir. Ventilasyon-perfüzyon sintigrafisi ve pulmoner anjiyografi ile kesin tanı konur.<sup>8</sup>

**Otonomik Disrefleksi** <sup>18,7</sup> :Otonomik disrefleksi(OD) major sempatik splanknik çıkışın üst kısmında kalan T6 ve daha üst seviyeli SKY olan hastalarda ortaya çıkan, lezyon seviyesinin üstünde yoğun, kontrolsüz refleks sempatik boşalmaların yol açtığı, hayatı tehdit edebilen akut bir sendromdur. Tetraplejiklerde görülme oranı %48-83'tür. Hem komplet, hem inkomplet yaralanmalarda görülür. Spinal şok devresi bittikten sonra herhangi bir dönemde başlayabilir. Genellikle yaralanmadan birkaç ay sonra ortaya çıkar ve 3 yıl içinde geriler.

Başlıca semptom ve bulguları; paroksizmal hipertansiyon, zonklayıcı baş ağrısı, bradikardi, lezyon seviyesinin üstünde terleme ve kızarma, piloereksiyon, nazal konjesyon, korku ve endişe halidir. Yüksek kan basıncı; konfüzyon, görme bozukluğu, bilinç kaybı, ensefalopati, intraserebral kanama, nöbet, atrial fibrilasyon, akut miyokard yetmezliği ve pulmoner ödem gibi hayatı tehdit eden komplikasyonlarla sonuçlanabilir.<sup>5</sup>

OD'yi tetikleyebilen faktörler; üriner sistem (mesane distansiyonu, idrar yolu enfeksiyonu, mesane ve böbrek taşı, kateter takılması, kateterde tıkanma, mesane irrigasyonu, sistometrik çalışmalar), gastrointestinal sistem (barsak distansiyonu, akut batın, gastrit, gastrik ülser, endoskopi, hemoroid), cilt (basınç yarası, sıkı giysi ve ayakkabı, yanık, tırnak batması ) ve reproduktif sistem (cinsel ilişki, gebelik, doğum, menstrüasyon, vajinit,

epididimit, testis torsiyonu, glans penis ve testis üzerine basınç uygulanması) kaynaklı olabilir. OD'nin önlenmesinde vücut temizliği, uygun mesane ve barsak rejiminin sağlanması esastır. OD'nin tedavisinde ilk adım; hasta yatıyorsa hemen oturur pozisyona alınması ve kanı bacaklarda göllendirerek kan basıncının azaltılmaya çalışılmasıdır. Giysiler ve baskı unsuru olabilecek tüm etkenler kontrol edilerek gevşetilir. Kan basıncı ve nabız yakından izlenmelidir. İdrar sondası kontrol edilir, yerinden çıkmışsa yeniden takılır, tıkanmışsa salin ile irrigasyon yapılır. Fekal impakt şüphesi varsa; rektuma topikal anestezi ile jel uygulandıktan sonra gayta manuel olarak çıkarılır. Sistolik kan basıncı hala 150 mmHg'nın üzerindeyse farmakolojik tedaviye başlanmalıdır. Bu amaçla hızlı ve kısa etkili antihipertansif olan nifedipin, nitratlar, prazosin, hidralazin, iv diazoksit kullanılabilir. Uyarıcı etkenin belli olmadığı veya uyarının tedavisinin kolay olmadığı ( basınç yaraları, barsak distansiyonu veya kırıklar gibi) durumlarda genellikle baskılayıcı bir terapötik ajana ihtiyaç vardır. Ganglion bloke edici ajanlar (gunetidin, mekamilamin ve fenoksibenzamin), yeni alfa adrenerjik reseptör blokörleri (terazosin) uygun seçeneklerdir.<sup>5</sup>

**Heterotopik Ossifikasyon<sup>5,7,37</sup>:** Heterotopik ossifikasyon(HO) normalde kemikleşmenin görülmediği kas katmanları arasındaki bağ dokusunda oluşan patolojik yeni kemik dokusudur. Spinal kord yaralanması olan hastalarda %16-53 oranında görülür. Ülkemizde SKY olan hastalarda prevalansı %16,8 olarak bildirilmiştir.<sup>36</sup> SKY'nı izleyen ilk 1-6 ay içinde gözlenir, 1 yıldan daha uzun süre sonra görülmesi nadirdir. Sıklıkla büyük eklemlerin fleksör yüzlerinde oluşur. En sık; kalça, diz, omuz ve dirsekler etkilenir. Patogenezi tam aydınlatılamamıştır. Mezenkimal hücrelerde metaplastik yanıtı uyaran lokal metabolik veya biyokimyasal faktörlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Basınç ülserleri HO gelişiminde risk faktörü olarak bilirse de, spastisite ve agresif egzersiz ile ilişki gösterilememiştir.<sup>1</sup>

HO'un en sık prezantasyonu; şiş, sıcak ve eritemli ekstremitedir. Şişlik lokalizedir ve birkaç günde sınırları daha belirli bir kitle halini alır. Ağrı ve hareket kısıtlılığı oluşur. Selülit, septik artrit, kemik tümörü, Baker's kisti ve venöz trombozdan ayırt edilmelidir. Maturasyonun 6. haftasına kadar direk radyografiler normal olduğu için, erken dönemde üç fazlı kemik sintigrafisi ile değerlendirilir. Serum alkalen fosfataz(ALP) düzeyleri artmıştır.<sup>1,33</sup> HO tanısı konduğunda egzersiz tedavileri EHA'nı korumak için yoğunlaştırılır. Nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlardan özellikle indometazin tercih edilmektedir. Bifosfonatlardan disodyum etidronat 20 mg/kg/gün başlanıp, 3 ay sonra doz yarıya

indirilerek 6 ay verilir. HO eğer eklem hareketlerinde hastanın fonksiyonlarını etkileyecek kadar kısıtlama yapıyorsa, ankiloz oluşmuşsa, tuzak nöropatilerine ve basınç yaralarına neden olmuşsa cerrahi olarak çıkartılması gerekir. Olgunlaşmasını tamamlamadan çıkartılırsa, tekrarlama riski çok yüksektir. SKY'dan 1 yıl sonra HO'un olgunlaştığı kabul edilmektedir.

***Metabolik Sorunlar ve Endokrin Değişiklikler***<sup>5,7</sup>: Spinal kord yaralanmalarından sonra vücut sıvı-elokrolit içeriği ve regülasyonunda önemli değişiklikler olur. Yaralanmadan sonra kısa sürede vücut ağırlığı azalır. Total vücut sıvısı, yağ ve protein miktarı azalır. Protein kaybı üre nitrojen atılımında artma ile sonuçlanır. Akut tetraplejide hiperosmolar hiponatremi (Na<130 mmol/L) görülebilir. Sodyum regülasyonundaki bozukluklar aşırı sıvı verilmesine veya bozulmuş kortizol cevabına bağlı olabilir.

Akut SKY hastaları ağırlıkları ile belirlenenden %54 daha düşük kalori ihtiyacı gösterirler. Tetraplejik ve yüksek paraplejik hastalarda vücut ısısını kontrol edememe (poikilotermi) sorunu görülür. Spinal kord yaralanmalarından sonra akut dönemdeki kilo kaybını kronik dönemde yağ dokusu artımı ve obezite izler. Spinal kord yaralanmalarından sonra diğer immobilize hastalarda olduğu gibi hiperkalsiüri olur. Hiperkalsiüri yaralanmadan sonra en erken 10. günde gelişir, 1. ve 6. aylarda en yüksek seviyesine ulaşır. Semptomlar tipik olarak SKY'ndan 4-8 hafta sonra ortaya çıkar. Anoreksi, bulantı, letarji, polidipsi ve poliüri gözlenir. Bu tablo kalsiyumun kemikten rezorpsiyonu ile oluşur. Kemikte osteoklast sayısı, idrarda fosfat, hidrokspirolin ve glikozaminoglikan miktarları artmıştır. Kemiklerden kalsiyum resorpsiyonu artmış olmasına rağmen, böbreklerden kalsiyum atılımının da 2-3 kat artması nedeniyle hiperkalsemi genellikle gelişmez. Artmış Ca resopsiyonu ve atılımı osteoporoz ve üriner sistem taşlarına neden olur, heterotopik ossifikasyona katkıda bulunabilir. Hiperkalsemi için risk etkenleri; çocukluk veya adolesan çağ, erkek cinsiyet, komplet yaralanmalar, tetrapleji, dehidratasyon ve uzamış immobilizasyondur. Tedavisinde iv sıvılar, loop diüretikler, pamidronat ve kalsitonin kullanılır. Nefrolityazis ve renal yetmezlik gelişebilir. 3 ay kadar erken bir dönemde kemikler osteoporotik hale gelerek uzun kemik kırıkları görülebilir.<sup>33</sup> Akut fazda hastaların aktif tutulması hiperkalsiüriyi engelleyerek kalsiyum dengesini korumaya yardımcı olur.<sup>37</sup>

Spinal kord yaralanmalarından sonra hormon seviyelerinde de değişiklikler oluşur. ACTH kan yoluyla giden uyarılara normal yanıt verirken, nöronal uyarılara cevap yeterli değildir. Örneğin cerrahi girişim veya basınç ülserleri gibi streslere rağmen ACTH sekresyonu artmayabilir. TSH normal olmasına karşılık, tiroksinde geçici bir düşme olur.

FSH geçici olarak düşer. LH tetraplejiklerde kalıcı, paraplejiklerde geçici bir düşüş gösterir. Testesteron da geçici olarak düşer. Bu hormonal değişiklikler testiküler atrofi, sterilite ve jinekomastiye yol açar. İnsüline duyarsızlık sonucu glukoz intoleransı gözlenebilir. Kronik dönemde glukoz intoleransı sık görülür. İnsülin rezistansı; anormal kas kullanımı, yağsız vücut kütlesi kaybı ve vücut yağ kütlesindeki artışa bağlıdır. Spinal kord yaralanmalı hastalarda ciltle termoregülasyon merkezi arasındaki bağlantı zayıflığından dolayı termoregülasyonda da bazı bozukluklar oluşur.<sup>8</sup>

**Ağrı**<sup>7</sup>: Hastaların %30-90'ı ağrıdan yakınıdır. %5-30 olguda ağrı ciddi boyuttadır. Genellikle yaralanmanın ilk 6 ayında ortaya çıkar ve şiddeti zamanla azalır ancak kronikleşebilir. Ağrı oluşma sıklığı servikal lezyonlarda düşük, torakolomber lezyonlarda daha yüksektir. Ağrıyla ilişkili faktörler; ileri yaş, inkomplet yaralanma, kauda ekina lezyonları, servikal yaralanma, santral kord sendromu, ateşli silah yaralanması ve siringomyelidir.<sup>33</sup>

SKY sonrası gözlenen ağrı pek çok şekilde sınıflandırılabilir:

- Nörolojik seviyeye göre (seviyenin üzerinde, geçiş alanında, seviyenin altında)
- Nosiseptif (mekanik, kas-iskelet kaynaklı, visseral)
- Nöropatik (radiküler, segmental, deafferentasyon santral, kompleks bölgesel)

SKY'nda ağrı genellikle seviyenin altında veya geçiş alanında oluşur. Yanma veya karıncalanma şeklinde tanımlanan disestezi karakterdedir.<sup>38</sup> Akut mekanik, kas-iskelet kaynaklı ağrı yumuşak doku veya kemik yaralanması, spinal kırık ve instabilite, kas zorlanması, cerrahi sonrası insizyonel ağrı veya enfeksiyona bağlı olabilir. Genellikle iyi lokalize, keskin veya künt, sızlayıcıdır. Ağrıya neden olan kaynağın belirlenmesi sonrasında analjezikler veya antienflamatuvar ilaçlarla tedavi edilir. Kronik mekanik, kas-iskelet kaynaklı ağrı ise tekerlekli sandalye kullanımına bağlı olarak kol ve omuzda aşırı kullanım problemleri ile ilişkilidir. Karpal tünel sendromu, kübital tünel ve Guyon kanalında tuzak nöropatiler de gözlenebilir.<sup>34</sup>

SKY ağrısının daha zorlukla belirlenen bir kategorisi olan Visseral ağrı muhtemelen n. vagus, plevral, periton ve diyaframda bulunan sensoriyel liflerle iletilir, yukarı seviye lezyonlarında dahi hissedilir ve abdominal veya pelvik patolojiye işaret eder.<sup>5</sup>

Spinal kord yaralanmalı hastalarda en sık görülen radiküler ağrıdır. Radiküler ağrı sinir kökü hasarı veya araknoidite bağlı olarak gelişir. En çok servikal ve lomber bölgedeki periferik sinir köklerinde lezyon görülür. Dermatomal dağılımda batıcı veya yanıcı tarzıdır.

Unilateral veya bilateral olabilir. Ağrılı bölgeye dokunmakla yada perküsyonla ağrının arttığı ve bacak boyunca yayıldığı görülür. Sinir kökü blokları birçok hastanın ağrısını geçirir. Kompleks bölgesel ağrı; lezyon seviyesinde nöropatik ağrı şeklinde ortaya çıkar. Etiyolojisi net değildir, anormal sudomotor aktivite, cilt kan akımında değişiklikler ve ödem ağrıya eşlik edebilir.<sup>34</sup> Segmental ağrı çoğu zaman bilateraldir, “sinir bölge ağrısı” olarak da tanımlanır. SKY seviyesine komşu iki veya üç dermatomda hiperaljezi ve hipersensitivite ile birlikte dir.

Deafferentasyon santral ağrı, kord lezyonunun kaudalinden kaynaklanan ve iyi tanımlanamayan nondermatomal belirtilerle karakterizedir. Bu ağrı tipi sık görülür ve tedavisi çok zordur. Disestezi veya fantom ağrı terimleri de kullanılır, ancak daha az özgüdür. Bu ağrı bir kez başladığında devamlıdır. SKY’ndan haftalar veya aylar sonra başlayabilir.<sup>5</sup> Nöropatik ağrı antikonvülzan veya antidepresan ilaçlarla tedavi edilir. Ek olarak; transkutaneal elektriksel sinir stimülasyonu (TENS), cerrahi ve psikolojik yaklaşımlar uygulanabilir.

***Progressif Posttravmatik Kistik Miyelopati ( Siringomiyeli )***<sup>5,7</sup>: Spinal kordun kronik, progressif bir hastalığı olan siringomyeli; patolojik olarak sıvı ihtiva eden longitudinal kavitasyonlarla (sirinks) karakterize bir durumdur. Yaralanma sonrası 2ay-25 yıl arasında başlayabilir.<sup>1,39</sup> İnsidansı %0,3-8 arasında değişir ve paraplejiklerde daha sıktır.

Semptomları; segmental veya radiküler ağrı, geç motor ve dissosiyasyon ağrısı-ısı duyu kaybı, artmış spastisite ve hiperhidrozistir. Sirinks genellikle proksimale doğru uzayarak duyu düzeyinin yukarı çıkmasına yol açar. Beyin sapına kadar ilerleyen kistlerde Horner Sendromu ve solunum yetmezliği bildirilmiştir. Manyetik rezonans görüntüleme ile tanı konur. Asemptomatik kistler veya 1 cm’den daha küçük kistlerde hasta izlenir. Daha büyük ve semptomatik kistlerde şant takılarak, kist subaraknoid alana boşaltılır.<sup>1</sup>

***Cinsel Sorunlar ve İnfertilite***<sup>7,40</sup>: SKY sonrası cinsel yaşamda özsayı, vücut imajı, libido, duyu, ereksiyon, lubrikasyon, koitus için pozisyon ve fertilite ile ilgili sorunlar yaşanır. Kadınlarda spinal kord yaralanmalı kadın hastalarda cinsel istek ve tatmin azalır. Menstruasyon 3-6 ay içinde normale döner ve etkili doğum kontrol yöntemleri uygulanmalıdır. Hastalarda geçici bir amenore olabilir. Menstruasyon genellikle 3-6 ay içinde normale döner ve gebelik mümkündür. SKY olan erkek hastalarda suprasakral lezyonlarda refleks ereksiyon korunur. T10-12 arasındaki lezyonlarda psikojenik ereksiyon kaybolmuştur. Sakral 2-4 komplet lezyonlarında refleks ereksiyon kaybolur ancak sempatik

yol sağlam kalmışsa psikojenik ereksiyon görülebilir.

Hastaların yaklaşık %90'ında ejakülasyon disfonksiyonu vardır. Ejakülasyonu başarabilen hastalar daha çok inkomplet alt motor nöron lezyonlu hastalardır. Erektile disfonksiyonun tedavisinde; oral vazodilatör ajanlar (sildenafil, yohimbin, apomorfin, fentolamin), intrakavernozal vazodilatör ajan enjeksiyonları ( papaverin, fentolamin, PGE1), penil vakum cihazı ve penil protezler kullanılabilir. Ejakülasyonu sağlamak için; intratekal prostigmin, subkutan fizostigmin, penil vibratör ve elektroejakülasyon yöntemleri kullanılabilir.

**Sosyal ve Psikolojik Sorunlar**<sup>41,7</sup>: Spinal kord yaralanmalı hastada ilk anda kişinin sağlığını ve yaşamını tehdit eden fiziksel ve ruhsal kriz ortaya çıkar. Kriz döneminden sonra hasta problemini çözmek için durumunu inkar etme eğilimine girer. Fiziksel kayıp gerçeğinin duygusal olarak algılanması sonucu depresyon gelişir. Sonunda hasta durumunu kabullenir. Psikososyal uyum; kişinin optimal sağlık, kendini gösterebilme, problem çözebilme, bağımsız ulaşım, iş ve finans kaynaklarına erişmesiyle mümkün olabilir.

İnterdisipliner girişimlerde spinal kord yaralanması olan hastanın problemleri belirli bir hiyerarşi içinde değerlendirilir. Rehabilitasyonun etkili ve kapsamlı bir şekilde planlanabilmesi için bireye özgü hedef saptaması yapılmalıdır. Hedef saptamaları yapıldıktan sonra uyum süreci içinde kişinin çevresinde çeşitli değişikliklerin yapılması gerekir.<sup>7</sup>

**Gastrointestinal Disfonksiyon**<sup>7</sup>: SKY sonrası ölümlerin %10'u akut intraabdominal olaylara bağlıdır.<sup>33</sup> Bu dönemde ileus, fekal impakt ve üst gastrointestinal kanama riski belirginleşir.<sup>1</sup> Bu durum yüksek seviye ve komplet yaralanmalarda daha fazladır. SKY olan hastalarda intraabdominal patolojinin klasik semptom ve bulgularına rastlanmaz. Anoreksi, bulantı, vital bulgularda veya spastisitede değişiklik veya omuz ağrısı gibi referans ağrıları olabilir. Abdominal duvarın denerve olması spesifik keskin ağrı ve lokalizasyonu engeller. Bazı durumlarda abdominal travmaya bağlı olarak nöral kontrol ve strese nöroendokrin yanıt kaybolabilir.<sup>33</sup>

Otonomik dengesizlik, travmatik organ yaralanması, hızlı kilo kaybı, hiperkalsemi, yatar pozisyonda olmak, inaktivite ve narkotik ilaç kullanımı gibi faktörlere bağlı olarak hastalarda gastrointestinal komplikasyon riski yüksektir. Azalmış sempatik aktivite ile vagal parasempatikler güçlenir ve asit, safra ve pankreatik sekresyonlar artar. Sık karşılaşılan problemler ileus, gastrik boşalma problemleri ve konstipasyondur. Üst gastrointestinal kanama, pankreatit, akut kolesistit ve apandisit SKY sonrası ilk aylarda görülebilen

komplikasyonlardır.

Kronik SKY'nda safra kesesi taşı prevalansı %30'lara çıkabilir.<sup>33</sup> Kolelityazisin mekanizması ve doğası açık değildir. Safra taşına sahip SKY olan hastaların klinik prezentasyonu ve tedavi protokolleri genel popülasyondan farklı değildir.<sup>42</sup> Asemptomatik safra kesesi taşının semptomatik hale geçmesi 5 yılda %10, 10 yılda %15 ve 15 yılda %18 olarak bildirilmiştir. SKY olan hastaların çoğunda kolelityazis kronik ağrı ve yaşamı tehdit etmeyen komplikasyonlarla ortaya çıkar.<sup>42</sup> Safra taşlarının komplikasyonları; akut kolesistit, kronik kolesistit, kolanjit, pankreatit, ileus ve safra kesesi kanseridir. Asemptomatik hastalarda profilaktik kolesistektomi önerilmemektedir.<sup>42</sup>

Tetraplejik hastalarda patolojinin şiddetine ve lokalizasyonuna bağlı olarak özellikle erken dönemlerde %20 oranında disfaji görülmektedir. Üst servikal lezyonlarda kranial sinirlerin zedelenme riski, beyin sapı düzeyinde etkilenme riski oldukça fazladır. Travma sonrası oluşan ödem erken dönemde disfaji şiddetini arttırmaktadır. Servikal bölgenin pozisyonlanmasında kullanılan halo fiksatorleri ve philedelphia tipi boyunluklar, baş, boyun ve çene hareketlerini kısıtladığından yutma için gerekli manevraların yapılabilmesini imkansız kılmaktadır. Yüksek arkalı tekerlekli sandalyeler de bu manevraları olumsuz etkilemektedir. Solunum problemleri nedeniyle açılan trakeostomi, bazı ilaçlar (antidepresanlar ve ağız kuruluşuna neden olan ilaçlar) disfajinin artmasına neden olmaktadır. Tetraplejiklerde disfaji çoğunlukla tedavi ile veya zamanla çözülür ve çok az hastada kalıcı olabilir.<sup>18</sup>

**Pulmoner Disfonksiyon** <sup>7</sup> : Göğüs kafesi, abdominal kaslar ve/veya diyafram paralizisine bağlı olarak servikal ve yüksek torasik SKY olan hastaların çoğunda pulmoner disfonksiyon vardır. Yaralanma sonrası ilk birkaç günde %67'lere varan oranlar bildirilmiştir. Bu komplikasyonlar; atelettazi (%36.4), pnömoni (%31.4), hemopnömotoraks ve respiratuvar yetmezlik (%22.6) olabilir.<sup>43</sup>

Fonksiyon kaybı lezyon seviyesine ve derecesine göre değişir. T12 seviyesinin altında solunum fonksiyonları etkilenmez. T6-T12 arası komplet yaralanmalarda abdominal ve alt interkostal kaslar tutulur ve öksürme refleksi bozulur. T1-6 arası yaralanmalarda öksürük kaybı daha belirgindir. C8 seviyesine çıktığında interkostal ve abdominal kasların hiçbiri çalışmaz. C4 spontan solunum için korunması gereken en üst seviyedir. Daha üst seviyeli yaralanmalarda ise mekanik solunum desteği gerekir.<sup>44</sup>

Yardımlı öksürük, postüral drenaj, aralıklı pozitif basınçlı ventilasyon, bronkodilatör

ve mukolitik kullanımı gibi koruyucu yaklaşımlara erken başlanması önemlidir. Oksimetrede progresif bozulmayla birlikte solunum hızında artış, vital kapasitenin ideal vücut ağırlığına göre 15ml/kg'ın altına düşmesi ve solunum seslerinde azalma respiratuvar yetmezlik geliştiğini gösterir ve mekanik ventilasyon gerektirir. Sekresyonları mobilize etmek için çeşitli yöntemler kullanılır. Abdominal öksürme yönteminde inspirasyon sonunda umblikus üzerinde abdomenin kuvvetle yukarı doğru kompresyonu ile öksürme uyarılır. Böylece tepe öksürük akımı %15-33 oranında artırılabilir. Abdominal bağlar veya korseler abdominal içeriği yukarıya diagrafmaya doğru iterek ventilasyon için daha avantajlı bir pozisyon sağlarlar. Sekresyonları gevşetmek, atelektatik alanları açmak için aralıklı pozitif basınçlı solunum yapılabilir. Göğüs duvarına yüksek frekanslı osilasyon uygulanması sekresyonları mobilize etmenin etkili bir yoludur. İntensif spirometre veya karın üzerine koyulan ağırlıklar ile inspiratuvar kaslar kuvvetlendirilir. Servikal ve yüksek torasik seviyede yaralanması olan hastaların vital kapasitelerinin oturur pozisyonda supin pozisyonuna göre yarı yarıya azalmış olduğu akılda tutulmalıdır. Yatar pozisyonda diagrafma göğüs içinde yukarıya doğru kaydığı için daha avantajlı şekilde kasılır.<sup>45</sup>

Mukolitik ajanlar sekresyonların olmasına yardımcı olur. Teofilin, bronkospazmı olan hastalarda kasları gevşeterek yarar sağlar, ayrıca medüller respiratuvar merkezleri uyarır, diyafragma kontraktilesini ve surfaktan salınımını artırır, ancak aritmi, bulantı ve nöbet gibi ciddi yan etkileri olabilir. Profilaktik antibiyotik kullanımı önerilmez ancak Pnömoni geliştiğinde uygun antibiyotik verilir.<sup>17</sup>

## **B.2. EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ**

İmmobilizasyonun ortaya çıkardığı sorunların en iyi çözümü hastanın olabildiğince erken mobilize edilmesi ve egzersize başlanmasıdır. Egzersiz fizyolojisinin amacı, tüm vücut fonksiyonlarında ve bunları düzenleyen mekanizmalarda egzersizle meydana gelen değişiklikleri ortaya koymaktır. Burada egzersiz ve fizyolojik etkilerini daha iyi anlayabilmek için öncelikle iskelet kası ve kasılmanın fizyolojisine kısaca değinilecektir.

### **B.2.1. İskelet Kası**

Mekanizması en iyi ve en detaylı olarak anlaşılmış olan vücut işlevi kas kasılmasıdır. Merkezi sinir sisteminin belirli bölgelerinden (beyinde motor korteks ve beyin sapında retiküler alan) çıkan emirler, omurilikte bulunan ve iskelet kaslarımızı kontrol eden özel sinir hücrelerine, alfa motor nöronlara ulaşır. Alfa motor nöronların aksonları ile iskelet kasına

iletilen elektrik sinyaller, kas hücresinde, kasılma ile sonuçlanan bir dizi olay başlatır. İskelet kasları, adından da anlaşılacağı gibi iskelet sistemimize tutunur, kasıldıklarında vücudumuzu hareket ettirir ya da iskelet sistemine destek verirler. İstemli olarak kontrol edilebilirler.<sup>46</sup>

İskelet kasının fonksiyonları: 1)*Hareket*: Bir ekleme belirli bir hareketi yaptıran kaslara sinerjik kaslar, zıt hareketi yaptıran kaslara, antagonist kaslar denir. Sinerjik kasların kasılması sırasında antagonist kaslarda gevşeme olur. 2)*Koruma*: İskelet kasları istemli olarak veya refleks yolla kasılarak organları dış etkenlere karşı korurlar. Karın duvarı refleksi ile karın duvarının sertleşmesi, kornea refleksi ile göz kapaklarının örnek verilebilir. 3)*Isı Üretme*: İskelet kaslarının kasılmaları ısı oluşumunun en önemli yoludur. Kas çalışmalarında enerji verimi düşüktür (yaklaşık %20), kalan enerji ısıya dönüşür. 4)*Mekanik İş*: Kasılma ile vücut öğelerinde veya tüm vücutta oluşan hareket nedeniyle fiziksel olarak pozitif veya negatif iş oluşturulur.<sup>47</sup>

#### **B.2.1.1. İskelet kasının anatomisi**

Vücudumuzda 430'dan fazla iskelet kası bulunur. İskelet kasının yaklaşık %75'i su, %20'si proteindir. Kalan %5'lik kısım inorganik tuzlar, yüksek enerji fosfatları, üre, laktik asit, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, fosfor, çeşitli enzim ve pigmentler, aminoasitler, yağ asitleri ve glikojenden meydana gelir.<sup>47</sup>

Kaslar iskelet kası hücrelerinin yanı sıra bağ dokusu da içerirler. Bir kas makroskopik olarak incelenirse, bağ dokusunun kası hem çepeçevre sardığı hem de demetlere ayırdığı görülür. Kasın tümünü bir kılıf gibi saran bağ dokusuna *epimisyum*, kas kitlesini demetlere ayıran ve bu demetleri çevreleyen bağ dokusuna ise *perimisyum* adı verilir. Bu iki yapı kasılma sırasında yırtılma riskine karşı kası korurlar. Bir kas demetini meydana getiren liflerin her biri yine bağ dokusu ile çevrelenmiştir. Kas liflerine elektrik izolasyonunu sağlayan bu dokuya, *endomisyum* adı verilir. Bağ dokusu elemanları kasın iki ucunda biraya gelerek, kasın iskelete tutunmasını sağlayan tendonları oluştururlar. Bu bölgede kas hücresi yoktur. Tendonlar kasılmaya katkıda bulunmayıp, kasın oluşturduğu gerilimi iskelete aktarırlar.<sup>46</sup>

İskelet kasına gelen motor nöronun aksonu dallanarak birden fazla kas lifini innerve ettiği için, bir motor nöronun deşarjına tek bir kas lifi değil, nöronun innerve ettiği bütün lifler cevap verir. Bir motor nöron ve innerve ettiği kas lifleri bir motor üniteyi (motor birim) meydana getirir. Motor ünitedeki kas lifi sayısı kasın özelliğine bağlı olarak değişir. Hassas ve net hareketler yapan el ve göz kasları gibi kaslarda motor ünite başına 3-6 kas lifi bulunur.

Bacak kaslarında ise bir motor ünite 120-165 lif bulunduğu tespit edilmiştir; bazı sırt kaslarında bu sayı daha fazladır.<sup>48</sup> Bugün vücut için motor ünite başına düşen kas lifi sayısı ortalama 100 olarak kabul edilebilir. İskelet kası liflerinin sayısı ise embriyonel dönemde sabit hale gelir, doğumdan sonra artmaz.<sup>47</sup>

### **B.2.1.2. Organizasyon**

Uzun bir hücre olan iskelet kası hücresine bu belirgin özelliği nedeniyle kas lifi de denir. Her kas lifi bir hücredir ve periferik olarak yerleşmiş birden fazla nukleusu bulunur. Kas lifleri tendonda başlayıp tendonda biter ve tendon uçları arasında birbirine paralel olarak yerleşirler, bu yüzden ünitelerin kasılma güçleri birbirine eklenir. Embriyonik gelişme sırasında pek çok miyoblast (primordial kas hücresi) birleşerek, ince ve oldukça uzun bir iskelet kası hücresini meydana getirirler. Çapları 10-100µ olan hücrelerin boyları 30 cm'ye varabilecek kadar uzundur. Öyle ki, bazı kaslarda tek bir kas lifinin kası bir uçtan diğer uca kat ettiği gözlenir. Fakat, çoğunlukla kasın gerçek boyundan daha kısa olup, kasın uzun eksenine yakın bir açı ile yerleşen lifler, bağ dokusu ile bir arada tutulurlar.<sup>49,50</sup> En uzun kas olan sartorius kasında 30 cm.den uzun hücreler vardır. Hücreler arasında sinsisyum meydana getiren köprüler bulunmaz. Her kas lifinin üzeri sarkolemma denilen 2-100nm kalınlığında bir membranla örtülüdür.

Kas lifinde birbirine paralel yerleşmiş, çapları yaklaşık 1 µ olan birkaç yüz ila birkaç bin miyofibril bulunur. Miyofibriller miyoflamanlardan, miyoflamanlar ise kontraktıl proteinlerden oluşur. Miyofibrillerin arasını sarkoplazma doldurur. Sarkoplazmada miyogloblin, glikojen, ATP, kreatin fosfat ve glikolitik enzimler bulunur, ayrıca kasın aktifliği nispetinde artan sayıda mitokondri vardır.

İskelet kasının çizgili karakteristiği kas lifinin çeşitli kısımlarındaki kırma indeksi farklarına, bu farklar ise kalın ve ince flamanların organizasyonuna bağlıdır. Çizgilenme gösteren kısımlar harflerle ifade edilmektedir. Işık mikroskopunda kondansatörün hareketiyle odak değişirken, polarize ışığa karşı izotrop bölgeler(I bandı) aydınlık, anizotrop bölgeler (A bandı)ise karanlık görünür. Aydınlık I bandı Z çizgisiyle ikiye ayrılmıştır. Z çizgisi bir örgü şeklinde ince flamanları birbirine bağlar. Karanlık A bandının merkezinde parlak H bandı, H bandının ortasında M çizgisi bulunur. İki komşu Z çizgisi arasındaki saha *sarkomer* adını alır. Kas istirahatta iken sarkomerin boyu 2-2,6 µ kadardır. Bir sarkomerde bir tam A bandı ile iki tarafında yarım I bantları bulunur. A bandında kalın ve ince flamanlar, I bandında ise sadece ince flamanlar bulunur.<sup>47</sup>

### B.2.1.3. Sakrotübüler Sistem

Sarkolemanın tübüler uzantıları transvers tübül (T tübülü) veya sakrotübül adını alır. Kas lifleri elektron mikroskopunda vezikül ve tübüller olarak görülen membranöz yapılarla çevrilidir. Bu yapılar, T tübülleri ile sarkoplazmik retikulumdan oluşan sakrotübüler sistemi meydana getirir. Kasın endoplazmik retikulumuna sarkoplazmik retikulum adı verilir ve sarkoplazmik retikulumda ribozom bulunmaz. T tübülleri longitudinal tübüllere dik olarak kas içine giren 300°A çapındaki kanallardır. İki T tübülü tabakası arasındaki boşluk ekstrasellüler aralığın uzantısıdır. Sarkoplazmik retikulumun miyofibrillere paralel kısımlarına longitudinal tübül, Z çizgisine yakın geniş kısımlarına terminal sisterna adı verilir. Terminal sisternalar A ve I bantları arasındaki bileşelerde T tübülleri ile yakın ilişkidir ve buralarda ortada T tübülü, yanlarda terminal sisternalar olmak üzere triadlar meydana gelir. Triadlarda membranların tek değerli iyonlara karşı permeabilitesi fazladır. Triadlarda devamlılık değil yakın komşuluk vardır.

T tübüllerinin görevi aksiyon potansiyelini hücre membranından kas hücresindeki bütün fibrillere hızla taşımaktır.<sup>48</sup> Sarkoplazmik retikulumun görevi ise T tübülleri ile taşınan bu aksiyon potansiyeline cevaben  $Ca^{+2}$  salınması ve kas gevşemesi sırasında  $Ca^{+2}$ 'un tekrar sarkoplazmik retikuluma alınıp depolanmasıdır.<sup>51</sup>

### B.2.1.4. Kas Proteinleri<sup>47</sup>

Bir miyofibrilde yaklaşık 1500 kalın, 3000 ince flaman bulunur. Kalın flamanlar 200 miyozin molekülünün bir araya gelmesiyle oluşur. Miyozin molekülü 6 farklı polipeptid zincirinden yapılmış kompleks bir proteindir. Bu polipeptid zincirleri serbest iki baş, bir gövde ve başları gövdeden ayıran birer kol meydana getirirler. Baş ve kola birlikte çapraz köprü adı verilir. Miyozin molekülü, biri kolun gövdeyi terk ettiği, diğeri başın kola tutunduğu yerde olmak üzere, iki yerde menteşe gibi hareketlidir. Miyozin başının ATPaz özelliği vardır.

İnce flamanda iplik gibi ince-uzun tropomiyozin molekülü 7 aktin molekülü boyunca uzanır. Troponin molekülleri, tropomiyozin molekülleri arasındaki intervallerde yerleşen küçük globüler ünitelerdir ve bir molekül troponin bir molekül tropomiyozine bağlanır. *Troponin T*, diğer troponin kısımlarını tropomiyozin molekülüne bağlar. *Troponin I*, Miyozin-aktin etkileşmesini inhibe eder.<sup>52</sup> *Troponin C* ise kasılmayı başlatacak  $Ca^{+2}$  iyonunun bağlanma bölgesidir. Bir tropomiyozin molekülünün varlığında troponin, yaklaşık 7 aktin molekülünün aktivitesini kontrol eder.

### **B.2.1.5. Kasılmanın Moleküler Temeli**<sup>47</sup>

Kasılma ince flamanların kalın flamanlar üzerinde kayması ile meydana gelir.(kayan flaman mekanizması, flaman kayma teorisi) A bandının genişliği sabit kalır, Z çizgileri birbirine yaklaşır ve böylece sarkomer boyu kısalmır. İnce flamanların kalın flamanlar üzerinde kayması aktin ve miyozin arasındaki çapraz köprü bağlarının kurulup çözülmesiyle mümkün olur. Bu sırada flamanların boyunda kısılma yoktur.<sup>53</sup>

Kasılma başlamadan önce troponin-tropomiyozin bileşiğinin inhibitör etkisi ortadan kaldırılmalıdır. Bu  $Ca^{+2}$  iyonu aracılığıyla gerçekleştirilir.  $Ca^{+2}$  iyonları troponine bağlandığında tropomiyozin molekülünün pozisyonu değişir ve miyozinin aktinle ilişki kuracağı bölge serbest kalır; miyozin başları aktinle ilişki kurar. Tersine  $Ca^{+2}$  troponinden ayrılınca tropomiyozin bloke edici pozisyonuna döner. Yani hangi sayıda çapraz köprünün ince flamanla ilişki kuracağını tayin eden, hücre içi  $Ca^{+2}$  düzeyidir.

Kasılma için gerekli enerji ATP'den elde edilir. Kasılma başlamadan önce miyozin başı ATP bağlar ve sahip olduğu ATPaz aktivitesiyle ATP'yi parçalar.

Salındıktan hemen sonra  $Ca^{+2}$  aktif transportla tekrar sarkoplazmik retikulumda birikmeye başlar ve kalsekstrin adlı proteine bağlı olarak depolanır. Sitoplazmada  $Ca^{+2}$  belirli bir düzeye düştüğünde miyozinle aktin arasındaki kimyasal etkileşme sona erer ve kas gevşer.  $Ca^{+2}$ 'un sarkoplazmik retikuluma aktif transportu için gerekli enerji ATP'den sağlanır. Yani hem kasılma hem de gevşeme için ATP gereklidir.<sup>54</sup>

### **B.2.1.6. Kas Lifli Tipleri**

Kas lifleri farklı mekanik ve kontraktıl özellikler gösterirler. Sınıflandırılmaları problemlili olmakla birlikte, maksimum tansiyona ulaşma süresine başlıca iki tip lif bulunmaktadır. Yavaş kas lifleri (Tip I lifler), hızlı kas lifleri (Tip II lifler). Maksimal izometrik kasılma sırasında pik tansiyona ulaşma süresi Tip I liflerinde 80-100ms, Tip II liflerinde yaklaşık 40ms'dir.

Liflerin sınıflandırılması miyozin başının ATPaz aktivitesine göre yapılır. Miyozin başının ATPaz aktivitesi Tip I liflerinde düşük, Tip II liflerinde yüksektir. Tip II lifleri IIa, IIb, IIc lifleri şeklinde alt gruplara ayrılır.<sup>47</sup> Kas Lifli tiplerinin özellikleri Tablo 1'de virilmiştir.

**Tablo 1:** Kas lifi tiplerine ait özellikler

	<b>Tip I</b>	<b>Tip IIa</b>	<b>Tip IIb</b>	<b>Tip IIc</b>
<b>Diğer İsimler</b>	Yavaş kas lifi Yavaş oksidatif Kırmızı lifler	Hızlı kas lifi, Hızlı oksidatif-glikolitik, Beyaz lifler	Hızlı kas lifi Hızlı glikolitik Beyaz lifler	Hızlı kas lifi Hızlı glikolitik Beyaz lifler
<b>Miyozin başı ATPaz aktivitesi</b>	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
<b>Kas kasılma zamanı</b>	Uzun	Kısa	Kısa	Kısa
<b>Enerji metabolizması</b>	Oksidatif	Oksidatif-glikolitik	Glikolitik	-----
<b>Yorgunluğa dayanıklılık</b>	Çok fazla	Fazla	Orta	Az
<b>Maksimal tetanik güç</b>	Düşük	Orta	Orta-yüksek	Yüksek
<b>Motor ünitedeki lif sayısı</b>	Fazla	Fazla	Az	-----
<b>Motor sinir</b>	Küçük	Büyük	Büyük	-----
<b>Miyogloblin içeriği</b>	Yüksek	Orta	Düşük	-----
<b>Mitokondri enzim aktivitesi</b>	Yüksek	Orta	Düşük	-----
<b>Glikojen içeriği</b>	Lifler arasında fark yok.			

Tip I liflerinin oksidatif kapasitesi yüksek, bu yüzden mitokondri, kapiller, miyogloblin içerikleri fazladır. Tip IIb liflerinin ise glikolitik kapasiteleri yüksek ve sarkoplazmik retikulumun  $Ca^{+2}$  pompalama hızı fazladır. Tip IIa liflerinin hem oksidatif hem de glikolitik potansiyelleri yüksektir ve yorgunluğa karşı nispeten dirençlidirler. Tip IIc lifleri insan iskelet kasında çok az bulunur ve Tip I ve Tip II liflerinin karışımı olarak kabul edilebilir.<sup>55</sup> Tip I lifleri yavaş oksidatif, Tip IIa lifleri hızlı oksidatif, Tip IIc lifleri hızlı glikolitik lifler olarak ta adlandırılır. Oksidatif metabolizmayı kullandıklarından Tip I liflerinin yorulması daha geç olur., bu lifler uzun süren düşük yoğunluktaki işler için uygundur. Tip II lifleri ise yüksek enerji kullanımını gerektiren kısa anaerobik aktivitelerde önemlidir. Orta mesafe koşuları, basketbol, futbol gibi aerobik ve anaerobik metabolizmalara ihtiyaç duyan aktivitelerde her iki kas tipi de devreye girer.<sup>47</sup>

Tip II liflerinin çapı daha fazladır, bu yüzden daha büyük kuvvet meydana getirebilir. Tip I liflerinin büyüklüğü kadında ve erkekte aynı olmasına rağmen, Tip II lifleri erkeklerde kadınlardan daha büyüktür.<sup>56</sup> Çoğu kas birbirinin arasına dağılmış şekilde yavaş ve hızlı lifleri içerir. Lif kompozisyonu kişiden kişiye ve özel görevlerine bağlı olarak kastan kasa az çok değişiklik göstermektedir. Yavaş kas liflerinin daha fazla bulunduğu kaslar, miyogloblin

içerikleri daha fazla olduğu için kırmızı görünür. Uzun ve devamlı kasılmalar yapan sırt kasları örnek verilebilir. Hızlı kas lifleri ise ince, net, hızlı hareket yapan göz kasları gibi kaslarda daha çok bulunur.

Bir motor ünitadaki kas lifleri aynı tiptir ve kas lifinin tipine göre motor üniteler de yavaş ve hızlı üniteler olmak üzere ikiye ayrılır. Genelde yavaş üniteleri yavaş ileten küçük motor nöronlar, hızlı üniteleri hızlı ileten büyük motor nöronlar innerve eder. Buna *büyüklik prensibi* denir.

#### **B.2.1.7. Kas Yorgunluğu**<sup>47</sup>

Kas yorgunluğu için tek bir tanım yapmak zordur, şu iki tanım birbirini tamamlar: a) gerekli ve beklenen kuvvetin devam ettirilememesi, b) gerekli kuvvet ne olursa olsun nöromüsküler sistemin kuvvet oluşturma kapasitesinin azalması.

İş süresi ve yoğunluğu arttıkça kasın maksimal kuvvet oluşturma kapasitesi azalır; yani yorgunluk belirir. Bir başka tanıma göre yorgunluk, normal fizyolojik fonksiyonunu yetmezliği veya tekrarlayan uyarılara kasın yanıtının azalmasıdır. Elektrofizyolojik olarak motor birim potansiyellerinin amplitüdlerinde azalma olarak izlenebilir.<sup>57</sup>

Kas yorgunluğuna yol açan birçok faktör bulunmaktadır. Kas kasılma zincirindeki her basamak yorgunluk bölgesi olabilir. Son zamanlarda merkezi sinir sistemi yorgunluğuna verilen önem artmıştır. Yorgunluk nedenleri arasında santral nöral mekanizmaların koruyucu inhibitör etkisi, kas-sinir bileşkesinde uyarıların iletilmesinde azalma, laktik asit birikimi, glikojen depolarında boşalma gibi kontraktıl mekanizmaya bağlı nedenler, oksijen ve kan akımının yetersiz kalması gibi santral kardiyak nedenlerle motivasyon ve konsantrasyon kaybı, ağrı gibi nedenler yer almaktadır.<sup>57</sup> İnorganik fosfat birikiminin yorgunlukla en yakın ilişkili faktör olduğu gösterilmiştir.<sup>58</sup>

Kısa süreli yoğun egzersizlerden sonra görülen yorgunluğun nedenleri ile uzun süreli düşük yoğunluktaki egzersizlerden sonra görülen yorgunluğun nedenleri farklıdır. Kısa süreli yoğun egzersize bağlı yorgunluğa kısmen laktik asit yükselmesiyle birlikte seyreden hücre içi asidite artışı yol açar. Ayrıca sarkoplazmik retikulumdan serbestleşen  $Ca^{+2}$  miktarı da azalmıştır. Buna karşılık, uzun süreli düşük yoğunluktaki egzersize bağlı yorgunlukta başlıca neden muhtemelen kas glikojeninin azalmasıdır. Uzun süren kas aktivitelerinden sonra sinir sinyalinin nöromüsküler bileşkeden taşınmasının da azalabileceği gösterilmiştir. Kasılan kasa kan akımının kesilmesi oksijen yetmezliğine ve metabolitlerin birikmesine sebep olarak kas yorgunluğuna yol açar.<sup>47</sup>

Kas yorgunluğu ağrı ve spazmın da eşlik edebildiği hoş olmayan bir duygu olarak algılanır. Nöromusküler hastalıklarda; örneğin multipl sklerozda, kas parezilerinde, periferik vasküler hastalıklarda, solunum sisteminin ve kardiyovasküler sistemin hastalıklarında yorgunluk daha erken ortaya çıkar ve toparlanma daha uzun sürer. Kuvvetlendirme programlarında ilerleme kaydedildikçe yorgunluk daha geç ortaya çıkar.<sup>57</sup>

Yorulan kasın latent dönemi ve kasılma süresi uzar, kasılma amplitüdü azalır. Yorgunluk aşırı olursa gevşeme tam olmaz. Bazı bilim adamları kas yorgunluğunu, kullanma ile dinlenme arasındaki dengenin geçici olarak bozulması şeklinde ifade ederler. Yorgunluk kasın zarar görmesine karşı bir savunma mekanizmasıdır. Yorgunluk geriye dönen, fizyolojik bir olaydır. Egzersiz programı sonrası toparlanma için bir dinlenme süresi olmalıdır. Dinlenme süresi önceki aktivitenin yoğunluğuna, süresine ve lif tipine bağlıdır. Tip II lifleri daha çabuk yorulur. Çabuk yorulan kas lifleri çabuk, yavaş yorulan kas lifleri ise geç dinlenir. Dinlenme süresinde enerji depoları tazelenir. Laktik asit kas dokusundan ve kandan yaklaşık 1 saat içinde uzaklaştırılır. Kas glikojen depolarının tekrar dolması ise birkaç gün alabilir.<sup>47</sup>

#### **B.2.1.8. Egzersiz ve Enerji Sistemleri**<sup>47</sup>

İskelet kası, yiyeceklerle alınıp vücutta karbonhidrat ve lipit halinde depolanan kimyasal enerjiyi yakıt olarak kullanan bir makine şeklinde düşünülebilir. Bu kimyasal enerji kas kasılmasında doğrudan kullanılmaz, önce ATP'ye dönüştürülmelidir. Fizyolojik şartlarda 1 mol ATP 12 kcal enerji verir. Kas kasılması için gerekli enerji kas lifindeki reaksiyonlarla elde edilir. Yoğun egzersizde iskelet kasının kullandığı enerji 120 hatta 200 katına çıkabilir.

Kaslar enerji verici madde olarak ATP, kreatin fosfat, glikojen, glikoz ve serbest yağ asitlerini kullanır. Bu maddelerden ilk üçü kas içinde depolanmış halde bulunurken, glikoz ve serbest yağ asitleri kan yoluyla gelir.

Enerji verici maddenin toplam miktarı ile kullanım hızı arasında ters ilişki vardır. En büyük depoyu meydana getiren yağ asitlerinin kullanılması zaman alır, en küçük depo olan yüksek enerji fosfatları(ATP, Kreatin fosfat) ise çok hızlı kullanılabilir.

Egzersizin hemen başında kullanılan maddeler yüksek enerji fosfatlarıdır. İlk 3-5 dakikada tüketilen başlıca yakıt ise kas glikojenidir. Bunu izleyen yaklaşık 30 dakika içinde kanla gelen yakıtların önemi artar, glikoz ve yağ asitleri enerji oluşumuna birbirine yakın oranda katkıda bulunur. Daha sonra giderek glikoz kullanımını azalır, yağ asitlerinin kullanımını artar. Hafif ve orta yoğunluktaki egzersizlerde enerjinin çoğu yağ asitlerinden kaynaklanır,

egzersizin şiddeti artınca glikojenden gelen enerji daha çok önem kazanır, ve bu durumda yağ asitlerinden farklı şekilde glikojenin miktarı kısıtlı olduğu için egzersiz süresi kısalmır.<sup>59</sup> Kasın egzersiz sonrası toparlanma döneminde ve istirahat sırasında kullandığı başlıca madde yağ asitleridir. Aktif kas tarafından aminoasitler ve keton cisimleri de kullanılabilmesine rağmen, bu maddelerin önemi azdır. Kullanılacak enerji verici maddenin belirlenmesi kompleks bir olaydır ve egzersizin tipi, süresi, mevcut enerji kaynakları ve diyet gibi faktörler tarafından etkilenir.

### **B.2.1.9. Yüksek Enerji Fosfatları**

İskelet kasında depolanan ATP ve kreatin fosfatın verebileceği toplam enerji 6-7 kcal civarındadır.<sup>60</sup> 10 saniyeyi geçmeyen zorlu bir egzersizle bu depolar tükenir. Kullanılmaları uzun kimyasal reaksiyonları gerektirmediği, oksijene bağımlı olmadıkları ve doğrudan kas içinde depolandıkları için ATP ve kreatin fosfat, kasın *acil enerji deposu* olarak kabul edilirler.

İskelet kasının 100 gramında 1-3 gram glikojen depolanır. Bu glikojen karaciğer glikojeninden farklı olarak glikoza dönüştürülüp kana verilemediği için sadece iskelet kası tarafından kullanılabilir. Kasta depolanan glikojen miktarının fazla olması, uzun süren kas aktivitelerinde avantaj sağlar.<sup>61</sup>

Gerek kasta depolanmış glikojen gerek kan yoluyla kas hücrelerine gelen glikoz, aerobik ve anaerobik metabolizma ile kullanılabilir. İstirahatta, hafif ve orta dereceli egzersizlerde oksijen temini yeterli ve enerji metabolizması aerobiktir. Egzersiz şiddeti artarsa kaslara taşınan oksijen miktarı da artar ve enerji ihtiyacı aerobik metabolizma ile sağlanır. Egzersiz şiddeti belli bir noktayı aştığında aerobik metabolizma enerji temininde yetersiz kalır ve bu noktadan itibaren anaerobik metabolizma devreye girer. Aerobik metabolizma ile gerçekleştirilen ATP oluşumuna anaerobik metabolizmanın önemli katkı sağlamaya başladığı egzersiz şiddetine *anaerobik eşik* adı verilmektedir.<sup>62</sup> Anaerobik eşik antrenmansız kişilerde maksimal oksijen kullanımının %40-60'ında görülürken, bu oran antrenmanlı kişilerde %85'e kadar yükselebilir. Uzun süre devam ettirilebilecek iş yükünün üst sınırını gösteren en iyi gösterge olduğu için anaerobik eşik önemlidir. Anaerobik eşik altında yapılan egzersizler uzun süre devam ettirilebilir. Buna karşın laktik asit meydana geldiğinden, anaerobik eşik üzerindeki bir iş yüküne dayanma süresi daha kısadır.<sup>63</sup>

Anaerobik metabolizma iki yolla meydana gelir.

1. *Anaerobik alaktasit yol*: Kasta depolanmış olan ATP ve kreatin fosfat

kullanılır. Enerji oluşumuna katkısı azdır, ama çok hızlı bir şekilde devreye girebilir. Zorlu bir egzersizin ilk 5 saniyesinde baskın olan yoldur.

2. **Anaerobik laktasit yol:** Glikoz ve Glikojen anaerobik yolla metabolize edilirken laktik asit oluşur.

Sıçrama, ani koşma gibi yoğun eforlarda anaerobik enerji kaynakları kullanılır. Bu aktivitelerin aralarında yer alan daha uzun aerobik dönemler sırasında anaerobik enerji kaynakları (ATP,kreatin fosfat) yenilenir.

Kullanılan 1 litre oksijen için 4,70-5,05(ortalama 4,825) kcal enerji elde edilir. Egzersizle birlikte oksijen kullanımı artmaya başlar ve ilk 2-3 dakikada oksijen açığı meydana gelir, bu sırada kalbin ve akciğerin adaptasyonu söz konusudur. Egzersiz bittikten sonra istirahat durumundan fazla alınan oksijene ise *oksijen borcu* denir. Oksijen borcu, fazla laktik asidi uzaklaştırmak, ATP ve kreatin fosfat depolarını yenilemek ve miyoglobinden ödünç alınan az miktardaki oksijeni yerine koymak için kullanılır.<sup>47</sup>

Egzersiz ne kadar ağırsa anaerobik yoldan enerji oluşumu ve laktik asit oluşumu da o kadar fazladır. Egzersiz şiddeti arttıkça PH'taki azalma kasları, solunumu ve diğer fonksiyonları etkiler.<sup>55</sup>

Egzersiz süresi ne kadar uzunsa enerji oluşumuna aerobik metabolizmanın katkısı o kadar fazla olur. Aerobik metabolizmanın katkısı 10 saniye süren bir maksimal egzersizde %10, 2 dakika süren egzersizde %50, 2 saat süren egzersizde ise %99'dur.<sup>60</sup>

Laktik asit gerçekte enerji verici bir madde değildir. Bununla birlikte, anaerobik egzersizlerde meydana gelen laktik asit egzersiz sırasında veya egzersiz sonrasında enerji kaybı olmaksızın pürivik aside dönüştürülür. Pürivik asit ya okside edilerek aerobik yoldan enerji oluşumuna katkıda bulunur veya karaciğerde glikoz ve glikojene dönüştürülür. Ağır egzersizlerden sonra yapılan hafif egzersizler laktatın uzaklaştırılmasına katkıda bulunur.<sup>47</sup>

### **B.2.2. Kas Kuvvetini Artıran Egzersizler** <sup>46,57</sup>

Kas kuvvetlerindeki artış dirençli egzersizler ile sağlanabilir. Bu egzersizler dinamik veya statik kas kasılmasına karşı bir kuvvetle karşı konulması ile sağlanabilmektedir. Dirence karşı yapılan kas kuvvetlendirme egzersizlerinin, lokomotor sistem yaralanmalarının önlenmesinde ve rehabilitasyonunda, sportif performansı arttırmada, kas ve yumuşak dokulardaki katabolik yıkımın arttığı yaşlılık gibi fizyolojik, sistemik hastalıklar gibi patolojik durumlarda fonksiyonel kapasitenin devamı için oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Dirençli egzersizler kas kuvvetinde artışın yanı sıra dayanıklılık artışına da

neden olmaktadır. Kas kuvveti kas kasılması ile ortaya çıkan kuvvettir. Dayanıklılık ise kasın düşük yoğunlukta tekrarlanan egzersizi uzun süre devam ettirebilme kapasitesidir. Dayanıklılık düşük dirence karşı sık tekrarlar yapılan egzersizle sağlanırken, kas kuvvetlendirme için hem düşük direnç-çok tekrar hem de yüksek direnç-az tekrarlar yapılan egzersizler fayda sağlamaktadır.

Bir kasta maksimal güç oluşturabilmek için kasın tüm motor birimlerinin eş zamanlı aktivasyon göstermesi önemlidir. Eğitimin erken döneminde kazanılan güç artışının daha çok bu nöral uyumla sağlandığı düşünülmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda kas hipertrofisi gelişmeden evvel kas kuvvetlerinde artış olması bu şekilde yorumlanmıştır.

Kas güçlendirme egzersizleri ile hem Tip I hem de Tip II kas liflerinde hipertrofi olduğu saptanmıştır. Bu hipertrofi kapsamında kas hücrelerinin protein içeriğinde, sarkomer sayısında ve kontraktıl flamanların boyutlarında artış olmaktadır. Kas hipertrofisi 6-8 hafta süren kas kuvvetlendirme programı sonrasında ortaya çıkmaktadır.<sup>47,57</sup> Bazı yayınlar kuvvetlendirme programına alınan kaslarda hiperplazi olduğundan bahsetmektedirler ancak bununla ilgili kesin ve güvenilir bilgiler henüz mevcut değildir. Adı geçen kas lifi tiplerinde özellikle Tip II liflerin birbirine dönüştüğü ancak Tip I lifler ile Tip II lifler arasında bu tür bir dönüşüm olmadığı öne sürülmektedir.

Bu değişikliklerin dışında kuvvetlendirme egzersizlerinde şu değişiklikler de görülebilmektedir:

- ATP- Fosfokreatin sistemi, anaerobik glikoliz aerobik sistem enzimlerinde artış
- Kasları besleyen kapiller damarlarda artış; özellikle 12 haftadan uzun süren düşük yoğunluk ve uzun tekrarlı egzersizlerde
- Ön boynuz motor nöron hücrelerinde ve motor son noktalarda enzimatik aktivite artışı ve nukleolusta büyüme
- Ağrı eşiğinde artma, ağrı skorlarında azalma
- Yağsız vücut kitle artışı, yağ kitlesinde azalma, kas kitlesinde eş zamanlı artış
- Testosteron konsantrasyon artışı, özellikle ilk 6 haftada belirgin olup kas proteinindeki değişikliklere neden olmakta sonra normal serum seviyelerine inmektedir
- GH, testosteron ve kortizol düzeylerinde maksimum egzersizin yapıldığı il 1-2 saat içinde artma
- Kas kuvvetinin artışına paralel olarak, ligament ve bağ doku metabolizması, kalınlık, ağırlık ve dayanıklılıklarında artma. Ayrıca kemik kompresyonunu uzun

dönem etkileri nedeniyle kemik mineral içeriğinde artma.

- Maksimum O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>max) tüketiminde artma. Bu artış sadece istasyon çalışmaları gibi çok tekrarlı, kısa dinlenme aralıkları olan programlar ile çok az oranda sağlanabilmektedir.

Kuvvetlendirme egzersizleri pek çok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Bunlar kısaca sayılacak olursa:

- Nöromuskuler hastalıklar, steroid tedavisi sonrası gibi durumlarda kaybolan kas kuvvetini yeniden sağlamak için
- Romatoid artrit gibi enflamatuar hastalıklarda eğer kontrendikasyon yoksa yapılan dirençli egzersizlerin kas kuvvetinin yanı sıra eklem konfigürasyonunu koruyucu etkisi olduğu gösterilmiştir.
- Polimyozit ve dermatomyozit gibi hastalıklarda yıkım arttırmayacak derecede yapılırsa kas atrofileri önlenmektedir.
- Sporcularda hem hız gerektiren hem de dayanıklılık isteyen yarışmalar öncesi yapılan antrenman programlarında dirençli egzersizler önemlidir.
- Kardiyovasküler uyumu ve genel fiziksel uyumu arttırmak için.

Kas kuvvetlendirme eğitiminde bir takım prensipler söz konusudur. Bir kas kuvvet kaybına uğramışsa bu kasın yeniden eğitimi için fizyolojik ve mekânîk bazı avantajlardan faydalanılabiliriz. Mekânîk avantaj eklemün uygun pozisyonlanması ile sağlanabilir. Örneğin kas kendisi yer çekimini yenecek güce sahip değilse bu durumda yer çekimi etkisi ortadan kaldırılarak yapılan egzersizler ile güçlendirme sağlanabilir. Burada hastaya yapılacak işlemin ayrıntıları anlatılarak veya bizzat terapist tarafından çalıştırılacak olan eklem pozisyonlanarak uygun yönlendirme yapılabilir. Öncelikle kas normal eklem hareket açıklığında çalıştırılır, sonrasında kasa uygulanan direnç ve yük kolu gittikçe arttırılır. Eğer izole kas güçlendirme isteniyorsa, PNF gibi patternlerin kullanılarak, kombine hareketlerin ortaya çıkarılması uygun değildir. Çünkü bu pattern içinde aynı fonksiyonu yapan ve kuvvetlendirilmek istenen kastan daha güçlü kaslar aktive olurlar ve hedef kasın yerine onlar çalışır. Agonist kaslar arasında kuvvet farkı olabilir ve bu fark kuvvetlendirme egzersizi sırasında güçlü olanın lehine artarak güçsüz olan hedef kas çalıştırılmamış olur. Egzersizin planlanmasında hastanın ve kasın aşırı yorgunluğunu engellemek için günde bir tek ve uzun egzersiz seansı yerine bölünmüş periyotlar halinde egzersiz yapmak daha uygun olacaktır. Egzersize en kuvvetli olan kas grubundan başlanarak daha zayıf kas grupları daha sonra çalıştırılmalıdır.

Kuvvet artırma çeşitli şekillerde yapılabilir.

- Tekrar sayısı aynı kalır ancak kaldırılan ağırlık artar.
- Uygulanan yük aynı kalır ancak tekrar sayısı artırılır.
- Tekrar sayısı ve uygulanan yük aynı kalır ancak bir metronom kullanılır ve aşamalı olarak kontraksiyon hızı artırılır.<sup>57</sup>

Kas kuvvetlendirme egzersizleri kapsamında farklı birkaç yöntem uygulanabilir. Bu yöntemler şunlardır:

- a) İzotonik egzersizler
- b) İzometrik dirençli egzersizler
- c) İzokinetik güçlendirme egzersizleri
- d) Ekzantrik kontraksiyonlar
- e) İstasyon çalışmaları.<sup>47,57</sup>

### B.2.2.1. İzotonik Egzersizler

İzotonik egzersiz, EHA içinde kas uzarken veya kısalırken direnç uygulanarak yapılan egzersizdir. Direnç elle veya mekanik olarak uygulanabilir. Mekanik direnç uygularken yük sabittir. Bu egzersizlerde EHA'nın farklı noktalarında kuvvet vektörünün açısı değiştiği için kas içindeki gerilim de değişir. Maksimum yüklenme açısı her kas için farklıdır.<sup>57</sup> İlk izotonik egzersiz programı DeLorme tarafından önerilmiştir.<sup>66</sup> Bu egzersizler **progresif rezistif egzersizler** olarak bilinirler. Buna göre, az tekrarlı ve yüksek dirence karşı yapılan egzersizler kas kuvvetini artırmakta ve hipertrofiye neden olmaktadır. DeLorme'nin güçlendirme programında, önce her kas grubu için haftada bir 10 defa kaldırılabilen maksimal ağırlık (10 repetition maksimum=10RM) saptanır. Daha sonra, haftada en az 3 gün ve günde tek seans olmak üzere, her seansta 10 RM için saptanan ağırlığın sırasıyla %50'si, %75'i ve %100'ü ile 3 set halinde 10'ar tekrar yapılır. Her bir set 5-7 kez tekrarlanmalı ve tekrarlar arasında 2 dakika kadar bir süre olmalıdır. Genellikle kişi, daha önce submaksimal olarak 20 tekrar yaptığı için tam dirençte 10RPM yapamayabilir. Ancak bu önemli değildir. Çünkü kas bu şekilde de olsa yorulmakta ve kuvvetlenme olanağı artmaktadır. Bir hafta sonra 10RM yeniden belirlenir.<sup>67</sup> Hasta 2 gün istirahattan sonra 5 gün süre ile yeni RPM'yi çalışır ve bu böyle devam eder. Bu yöntemde kaslar hem konsantrik hem de izotonik olarak kasılırlar. Teorik olarak bu yöntemin dezavantajı, bütün motor ünitelerin sadece maksimal eforla uyarılabilemesidir..<sup>68,69</sup> İzotonik egzersiz tedavi protokollerinin karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2:** İzotonik egzersiz tedavi protokollerinin karşılaştırılması <sup>57</sup>

De Lorme ve Watkins	McQueen	Oxford	Rose	Zinovieff
10RM belirlenir	10RM belirlenir	10RM belirlenir	1RM belirlenir	10RM belirlenir
%50 10RMx10 %75 10RMx10 %100 10RMx10	10x10RM 4 tekrarla set tamamlanır	%100 10RMx10 %75 10RMx10 %50 10RMx10	1RM 5 saniye süreyle kaldırılır	10RMx10 Her tekrarda 10RM'dan ½-¼ kg eksilti olarak set 10 tekrarla tamamlanır
Haftada 4 gün	Haftada 3 gün	Haftada 4 gün	Her gün	Haftada 5 gün
Her hafta 10RM test edilir	1-2 haftada bir 10RM test edilir	Her hafta 10RM test edilir	Her gün 1RM belirlenir	1-2 haftada bir 10RM test edilir

Bazı hastalar %50 ve %75 yüklerde yorulur ve 10 RPM'yi başaramazlar. Zinovieff'in DeLorme'dan modifiye ederek oluşturduğu Oxford Tekniği'nde DeLorme'nin aksine, çalışmaya 10RM ile başlanır.<sup>70</sup> Sonra yük %75 ve %50'ye düşürülür. Bu şekilde yorgunluk engellenebilmektedir.

Bir başka izotonik egzersiz tekniği de kısa süreli maksimal efor ya da 1RM (bir kez kaldırılabilen maksimal ağırlık) olarak anılan yöntemdir. İzotonik kontraksiyonu 5 saniye izometrik kontraksiyon takip eder. Bu şekilde kaldırılabilen maksimum ağırlık dramatik olarak artarken, bir kas hipertrofisi oluşmamaktadır. Bir kez maksimum güç elde edilirse bu gücün aynı seviyede korunabilmesi için her gün aynı egzersiz yapmak yerine haftada bir kez 1RM yapmanın da yeterli olacağı bildirilmektedir.<sup>68</sup>

Bir başka yöntem de kontraksiyon hızının artırılmasıdır. Yük sabit iken hızın giderek artırılması kas kuvvetini artırmaktadır. Diğer bir yöntem olan De Lateur programında ise sabit ağırlık hafif bir yük, kas yorulana kadar hareket ettirilir. Kişi rahatlıkla 20 tekrar yapabildiğinde uygulanan ağırlık artırılır. Eğer kişi yorulmadan 30 tekrar yapabiliyorsa, uygulanan ağırlık çok azdır ve gerçek kas yorgunluğuna erişilemez. DeLorme'nin programına göre ekleme daha az yük yüklendiğinden artrit hastalarda tavsiye edilmektedir.<sup>71</sup>

Kolay uygulanabilir olması, ev programı olarak verilebilmesi ve ucuz maliyet izotonik egzersizlerin avantajıdır. Bu egzersizler için çeşitli ağırlıklar kullanılır. Kum torbası, dambıl, el ve bileğe takılabilen ağırlıklar ve çeşitli ev eşyaları birer egzersiz aracı olabilir. Ayakkabı, kemer veya koldaki manşonlara bağlanan ağırlıklar da kullanışlıdır. Dinamik sabit

dış dirençli egzersiz tipinde uygulanan direnç hareket boyunca değişmez. Serbest ağırlıklarla veya egzersiz cihazları ile sabit direnç uygulayarak yapılabilir. Değişken dirençli egzersiz tipinde makara gibi kaldıraç kollu ağırlık cihazları ve elastik bantlarla hareket açıklığı boyunca her açıda değişen direnç uygulanır. Bu noktada her noktada maksimal kas kuvvetinin ortaya çıkması sağlanabilir. Vücudun kendisi de yerçekimine karşı çalıştırılarak izotonik egzersiz yaptırılabilir.<sup>57</sup> Konsantrik komponenti olmaksızın sadece egzantrik egzersiz yapmak istendiğinde özel bir ekipmana ihtiyaç vardır. Alt ekstremité için eksantrik egzersizler yokuş aşağı yürümek veya merdivenleri inmek şeklinde de yapılabilir.

#### **B.2.2.2. İzometrik Egzersizler**<sup>64,47,57</sup>

Kasın aşırı yüklenmesi durumunda, kasta en fazla kuvvet artışını izometrik egzersizler sağlar. Fiziksel anlamda bir iş yapılmamış ancak kas içinde bir gerilim ve kuvvet oluşumu sağlanmıştır. İzometrik egzersizler hareketsiz bir objeye karşı ya da statik bir pozisyonda ağırlık tutularak yapılır. Yüksek oranda verilen dirençler istenen sonuca ulaşmada etkilidir. Bu egzersizle ile olan kuvvetlendirme, aynı yönde kasılan kas grubu, kasılma süresi, maksimal/submaksimal kasılma oranı ve egzersiz sıklığı ile ilgilidir. Günlük egzersiz programı, her seansta birkaç saniye süren ve aralarında 2-3 dakikalık dinlenme periyotları olan, en az 5 maksimum kontraksiyon olarak kabul edilmektedir. Bu şekilde hareketin yapıldığı açıdaki kuvvetin her hafta %5 arttığı bildirilmiştir.<sup>68,69,73</sup>

Bu yöntemle kas kuvvetini artırmak için maksimum sayıda kas lifinin kasılması gerekir. Çünkü yüksek eşik değerli, erken boşalmı motor ünitler, maksimum efor elde edilmeden deşarj olamazlar. Uygulanan direnç yeterince fazla olmalı ve bütün kas lifleri uyarılıncaya kadar devam etmelidir. Uygulanan direnç kasta maksimal sayıda lifi etkilemeli, ancak kasın uzamasına neden olmamalıdır.

İzometrik egzersizlerin fazla zaman ve ekipman gerektirmemeleri avantajlarıdır. Daha az kas ağrısına neden olur ve hareketin istenmediği durumlarda tercih edilir. Eğer motivasyon yeterli ise maksimuma yakın efor ve bütün liflerin boşalımı sağlanabilir. Hareket kaybı varsa, hareket ağırlı veya kontrendike ise kullanılabilir.

Kuvvetin, egzersizin yapıldığı açıda artması ve çabukluk gerektiren hareketlerde hareket hızının artmaması da dezavantajlarıdır. İzometrik egzersizlerle hızlı hareketi gerektiren aktivitelerin iyileşmediği bildirilmektedir. Hareket ortaya çıkmaması nedeniyle kas kuvveti ancak kasılmanın olduğu eklem açısında artar. Bu yüzden EHA'nın farklı açılarında ayrı ayrı kuvvetlendirme çalışılmalıdır.

Bir önemli problem de izometrik egzersiz sırasında arteriyel kan basıncında ortaya çıkar. Metabolik ihtiyaçları karşılamayan kan akımı anaerobik metabolizmaların daha erken devreye girmesine yol açarak daha erken dönemde yorgunluk oluşturabilir. İskelet kasındaki mekanik ve metabolik aktivasyon afferent sinir lifleri ile pressör bir yanıt oluşturur ve kan akımında artış sağlamaya çalışılır. Bu nedenle *statik egzersizler kalpte basınç yüklemesine* yol açarken, *dinamik egzersizler volüm yüklemesine* neden olmaktadır. İzometrik egzersizlerde kan basınç artışı belirgindir. Periferik direnç artışı olmadan kalp atış hızında artma ortaya çıkar. Artan kalp atım hızı diastolik dolumu azaltır, kas gerilim arttıkça da atım hacmi azalır. Basınç artışı egzersiz bitince durur. Ayrıca kalp hastalığı olanların önemli bir kısmında izometrik egzersize bağlı ventriküler ritim bozuklukları ortaya çıkabilmektedir. Kardiyovasküler problemi olanlar izometrik egzersizleri yaparken çok dikkatli olmalıdırlar. Bu komplikasyonların ortaya çıkışını engellemek için BRİME Programı (kısa izometrik egzersizler) geliştirilmiştir. Burada her biri 3-6 saniye süren kontraksiyonların arasında 20 saniyelik istirahat süresi vardır.<sup>65,71,74,75</sup> İzometrik egzersizlerin bir diğer dezavantajı da kas kuvveti artışı ölçmedeki zorluklardır. Bu egzersizler hastanın ilgisini çekmediği için idame ettirmekte zorluklarla karşılaşılır.

Direnç uygulamaksızın yapılan izometrik egzersizle ile vücutta kuadriseps, gluteal bölge kasları, bel kasları, hamstring grubu kaslar çalıştırılabilirler. Burada amaç kas liflerinde mobilizasyon sağlamak, spazmı ve ağrıyı azaltmaktır. Eklem immobilizasyonu uygulamasının erken dönemlerinde kas atrofisini engellemek için atel veya korse içinde hastanın izometrik egzersizler yapması sağlanabilir.

### **B.2.2.3. İzokinetik egzersizler**

İzokinetik hareket, eklem rotasyon hızının aynı, buna karşılık hareket momentinin değişken olabildiği bir hareket türüdür. İzokinetik egzersizlerde, uygulanan kuvvet ne kadar fazla olursa olsun, açısal hareketin hızı değişmez. EHA boyunca her açıda maksimum direnç verilmesi ile maksimal kasılma ve optimum güçlendirme sağlanır. İyi motive edilen bir hastada çalışılan kasta hareket açıklığı boyunca maksimum gerilim sağlanır. Eğer kas kuvvetini artırmak için en iyi stimulus yüksek gerilim olarak kabul edilirse izokinetik yöntem izotonik egzersizlerden iyidir.

Günlük aktiviteler sırasında saf izokinetik egzersizler nadiren ortaya çıkarılır. Genelde izokinetik hareket elde edebilmek için eklem eksternal bir dinamometre tarafından kontrol edilmesi gerekir. İzokinetik kas kontraksiyonunda konsantrik veya eksantrik hareket

bulunabilir. Konsantrik kasılmada iş ortaya çıkarılırken eksantrik kasılmada mekanik iş negatiftir. Kişinin cihaza uyguladığı kuvvet direnç olarak karşısına çıkar. Bu bağlamda, tam EHA boyunca maksimal gerilim elde edilmiş olur. Eksantrik kontraksiyonlarda ise dinamometre spesifik bir hıza ayarlanır. Bu durumda dinamometre ekstremitayı aktif olarak hareket ettirir; kişi cihaza karşı kuvvet uygular.

İzokinetik egzersizlerde tartışılan en önemli konu hareket hızıdır. Kas kuvvetindeki artış yönünden bazıları değişik hızlarda yapılan çalışmalar arasında fark bulamazken diğerleri sadece çalışılan hızda bir kuvvetlenme olduğunu belirtmektedirler. Düşük açılarda hızlarda oluşan kuvvet daha fazla iken, yüksek hızlarda daha düşük kuvvet oluşturulabilmektedir. Düşük hızda yapılan egzersizlerin kuvvet artışını, yüksek hızla yapılan aktivitelere transfer edemediği gösterilmiştir. Konsantrik tipte izokinetik egzersizde tork-hız ilişkisinde kas enzimlerinde değişiklik gösterilmişken, kas hipertrofisi sıklıkla gösterilememiştir. İzokinetik egzersizler ya değişik hızlarda veya en iyi kazanç elde edilecek ortalama bir hızda yapılmalıdır. Uygulama her biri en az 5-7 tekrarlı 3 set halinde yapılır. İzokinetik egzersizler serbest ağırlık olmadığından oldukça güvenilir bir yöntemdir. Az ağrıya neden olması ve hareketin analizine imkan vermesi de birer avantajdır. İzokinetik egzersiz aracı ekipmanın ve ekstremitenin ağırlığını hesaba katmadığından ve yerçekimine karşı hareket yapılıp yapılmadığını göz önüne almadığından, ortaya çıkan kas kuvvetini vermez. Pahalı olması ve bazı kas gruplarına uyarlanma gücü ise dezavantajlarıdır.<sup>68,69,76</sup>

#### **B.2.2.4. Ekzantrik Kontraksiyonlar**

İzotonik bir kasılma olan ekzantrik kontraksiyonlarda, kasın uzunluğu artmakla birlikte kasta gerilim ortaya çıkar. Bu kasılmalar, yokuş veya merdiven inerken olduğu gibi kas bir ağırlığı azaltırken veya bir hareketi durdurmak için kasılırken ortaya çıkar. Bu tür kasılmalar negatif iş yaparlar. Kasta izometrik veya konsantrik kasılmaya göre daha fazla gerilim olur. Ekzantrik kontraksiyon, diğerlerine göre daha az enerji gerektirir. Ancak, özellikle Tip II kas liflerinde olmak üzere daha fazla kas hasarı ve egzersiz sonrası yorgunluk ağrısına neden olabilir. Egzersiz sonrası ağrı oluşturmayan eksantrik kontraksiyonlar kronik tendinitli hastaların tedavisinde yararlıdır.<sup>77</sup>

#### **B.2.2.5. İstasyon Çalışmaları<sup>57</sup>**

İstasyon çalışmalarında hastaya, kasa veya kas grubuna farklı yüklenmeler getiren, fonksiyonel eğitimi içeren belli bir sırada bir dizi egzersiz yaptırılır. Sabit zamanlı istasyon

çalışmalarında belli sayıdaki farklı egzersiz (6-8) sabit bir sürede (örneğin 1 dakika egzersiz, 1 dakika ara) yapılır. Hastanın bu sürede yaptığı egzersiz sayısı not edilir. Amaç sabit bir sürede yaptırılan egzersiz sayısını arttırmaktır. Bu şekilde kas dayanıklılığı arttırılır. Sabit tekrarlı istasyon çalışmalarında ise belli sayıda egzersizin yapılış süresi not edilerek ilerleme bu sürenin kısalması ile değerlendirilir. Bu tip çalışma daha çok kuvvet artışı sağlar.

Bu egzersiz tiplerinin etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmalar sonucunda elde edilen iş yükünü eşitlemek ve dengelemek mümkün olmadığı için net sonuçlara varılamamıştır. Genel anlamda eğer, hareket oluşumu istenmiyorsa izometrik egzersizler, hızlı gelişimin istendiği durumlarda ise izokinetik egzersizler tercih edilmektedir. İzotonik egzersizler daha yaygın olarak kullanılırlar. Konsantrik ve izometrik kasılmada kasın kısalma hızı arttıkça kasın oluşturabileceği kuvvet azalır. Ekzantrik kasılmada ise kasılma hızının artması kas içindeki gerilimi arttırır. Dirence karşı kas kasılmasında kas içi gerilimi en çok ekzantrik kasılmada görülür, bunu sırayla izometrik ve izotonik kasılma takip eder. Ancak uzun dönemde ekzantrik kasılmanın sebep olduğu kuvvet artışı konsantrik olandan fazla değildir.

### **B.2.3. Egzersiz ve Dolaşım Sistemi**<sup>47</sup>

Egzersiz sırasındaki dolaşım değişiklikleri üst beyin merkezleri tarafından başlatılır. Kasları devreye sokan merkezi aktivitenin aynı zamanda dolaşım sistemi cevaplarını ortaya çıkaran sinir devrelerini uyardığına inanılmaktadır.

Egzersiz başladığında, hatta başlamadan hemen önce, sempatik aktivite artar, parasempatik aktivite azalır. Sempatik vazokonstriktör liflerdeki aktivite artışı splanknik alana ve deriye kan akımını azaltır. Splanchnik kan damarlarının maksimal kontraksiyonu ile dakikada yaklaşık 2.2 litre ek kan aktif kaslara gönderilebilir. Buna karşılık, damarları sempatik dilatör liflerle innerve edilen iskelet kaslarına gelen kan miktarı artar ve 25-30 litreye ulaşabilen kalp dakika volümünün %88'i iskelet kasları alır. Sempatik vazodilatör liflerdeki aktivite kısa sürelidir; bu yüzden ancak başlangıçtaki kan akımı artışı bu faktöre bağlanabilir. Kan akımının lokal kontrolü, egzersiz yapan kaslara kan akımının devam ettirilmesinde daha önemlidir. İskelet kası istirahatta kendisine gelen 100 ml kandan 4-5 ml oksijen alırken, bu değer maksimal egzersizde 15-17 ml ye çıkar. Böylece hem kaslara gelen kan miktarının hem de arteryo-venöz oksijen farkının artması sonucu kaslara yeterli oksijen sağlanmış olur. Kişinin egzersiz sırasında kullanabileceği en yüksek oksijen miktarı, "maksimal oksijen kullanımı" ( $VO_{2max}$ ) olarak ifade edilir ve maksimal aerobik gücün en iyi göstergesidir.<sup>78</sup>

$VO_{2max}$ 'ı belirleyen en önemli faktör dolaşım sisteminin kapasitesidir. Fakat bazı

araştırmacılar kasa ait bazı faktörlerin de  $VO_{2max}$ 'ın belirleyicisi olabileceğini iddia etmektedirler.<sup>79</sup>

Deri kan akımı hafif ve orta derecede ağır egzersizlerde meydana gelen ısının uzaklaştırılabilmesi için artar. Ağır egzersizlerde ise egzersiz sıcak ortamda yapıyor olsa bile azalır. Merkezi sinir sistemine giden kan miktarında değişiklik olmaz.

Koroner kan akımı hem istirahatatta, hem de yoğun egzersizde kalp dakika volümünün %4-5'i kadardır.<sup>55</sup> Koroner kan akımı yoğun egzersizle dakikada 250ml'den 1250ml'ye çıkar. Miyokartta arteriyo-venöz oksijen farkı istirahatatta zaten yüksek olduğu için (16-17 ml/dl), egzersiz sırasında ancak 2-3 ml/dl artar.

**Atım Volümü:** Kalp atım volümünün artışı, daha çok venöz dönüşün artışı ile olur. Ayrıca kalbin kasılma kuvveti de artar. İstirahatta total kan volümünün yaklaşık %65-70'i venlerde bulunur. Ven ve venüllerin konstriksiyonu ile bu kan volümünün yaklaşık yarısı aktif dolaşıma karışarak kalbe dönebilir.

Venöz dönüşü artıran faktörler şunlardır.

1. İskelet kası pompasının etkinliğinin artması
2. İspirasyonun derinlik ve frekansının artmasına bağlı olarak göğüs içi basıncının azalması
3. Karın kaslarının kasılmasına bağlı olarak iç organlardan daha fazla kan dönmesi
4. Sempatik sistemin etkisiyle oluşan vazokonstriksiyon
5. Dilate iskelet kası arteriyolları aracılığıyla arterlerden venlere kan akımının kolaylaşması

Çoğu kişide egzersiz sırasında maksimal atım volümü, istirahatatta ölçülen değerinin %40-100 fazlasıdır. Egzersizle birlikte artmaya başlayan atım volümü, maksimal aerobik güce yaklaşırken sabit kalır, kalp dakika volümünde daha sonra meydana gelen artışlar ise kalp hızının artmasıyla gerçekleştirilir.

**Kalp Hızı:** Egzersiz başlamadan önce veya egzersiz başlar başlamaz kalp hızı, istirahat düzeyinin üzerine çıkar ve iş yükü arttıkça kalp hızı da atar. Sabit yükte yapılan egzersizlerde kalp hızı birkaç dakika içinde sabit bir düzeye ulaşır. Ağır yüklerde kalp hızının sabit değere ulaşması daha uzun zaman alır.<sup>80</sup> Kişinin maksimal bir egzersiz sonucunda ulaşabileceği kalp hızı, "maksimal kalp hızı" olarak isimlendirilir. Maksimal kalp hızı değeri: '220-yaş' formülünden yaklaşık olarak hesaplanabilir. Yüksek ısıda yapılan egzersiz, oda ısısında yapılan egzersize göre kalp hızının daha fazla yükselmesine sebep olur. Emosyonel faktörler de hem istirahatatta, hem de hafif ve orta şiddetteki egzersizde kalp hızını

etkileyebilir. Buna karşılık, maksimal kalp hızı, şartlar ne olursa olsun değişmez.

**Kan Basıncı:** Arteriyel kan basıncı beyne, kalbe ve diğer önemli organlara yeterli kan temin edecek şekilde tutulur. Zorlu izotonik egzersizler sırasında sistolik kan basıncı 230mmHg'yi, diyastolik kan basıncı 100mmHg'yi aşabilir. Diyastolik kan basıncı egzersizin şiddeti arttıkça sabit kalır, hatta hafifçe düşebilir. İzotonik egzersizlerde aktif kas grubu ne kadar büyükse, direnç damarlarının dilatasyonu o kadar fazla ve kan basıncı o ölçüde düşüktür. Bu yüzden aynı şiddetteki bacak egzersizlerine göre kol egzersizlerinde kan basıncı daha yüksektir. İzometrik egzersizlerde sistolik kan basıncı, diyastolik kan basıncı ve kalp hızı aniden artar. Egzersiz yapan kas grubu ne kadar büyükse, basınç ve kalp hızı cevabı da o ölçüde belirgindir. Büyük kas gruplarının büyük bir güçle kasıldığı izometrik egzersizlerde sistolik kan basıncı 300mmHg'yi, diyastolik kan basıncı ise 150mmHg'yi aşabilmektedir.<sup>55</sup>

#### **B.2.4. Egzersiz ve Solunum Sistemi**

**Solunum Dakika Volümü:** İstirahatta yaklaşık 6 litre olan solunum dakika volümü egzersizde 200 litreye kadar çıkar.(60) 1 litre oksijenin vücuda alınması için gerekli solunum dakika hacmi (solunum eşdeğeri) istirahatatta ve orta derecede şiddetli egzersizde 20-25 litre iken, maksimal egzersizde 30-40 litreye yükselir. Statik egzersizlerde ventilasyon dinamik egzersizlere göre daha fazladır.<sup>81</sup>

Düşük yoğunluktaki egzersizlerde solunum dakika volümü artışı daha çok tidal volüm artışına bağlıdır. Orta derecede ağır ve ağır egzersizlerde tidal volüm, vital kapasitenin %60'ına kadar yükselebilir. Solunum frekansı da artar; maksimal egzersizdeki değeri 12 yaşındaki çocuklarda yaklaşık 55/dakika iken, 25 yaşında 40-45/dakikadır. İyi antrenmanlı sporcularda solunum frekansı dakikada 60'a kadar çıkabilir. Kişi solunum derinliğini ve frekansını spontan olarak dengeleyerek ventilasyonun optimal etkinlikte olmasını sağlar.

**Solunum İşisi:** İstirahatta solunum kasları 1 litre solunum için 0,5-1 ml oksijen kullanırlar. Ağır egzersizde bu değer, toplam oksijen kullanımının %3'üne kadar artabilir.

**Ventilasyon-Perfüzyon Oranı:** Hafif egzersizlerde bile ventilasyon-perfüzyon oranı daha üniform hale gelir. Hem üst hem de alt akciğer zonlarında kan akımı artmasına rağmen, üst zonlardaki kan akımı artışı daha fazladır.

**Arteriyel Oksijen Basıncı ve Oksijen Satürasyonu:** Çok ağır egzersizlerde arteriyel kan oksijen satürasyonu, parsiyel oksijen basıncında azalma olmaksızın %95'in altına düşebilir. Arteriyel karbondioksit basıncı ve PH ise önemli ölçüde sabit kalır.<sup>24</sup> Egzersiz sırasında oksijen ve karbondioksit difüzyon kapasiteleri üç katına çıkar.<sup>82</sup> Egzersizde çeşitli sistemlerde meydana gelen değişiklikler aşağıda özetlenmiştir.

- Kalp atım volümü artar.
- Kalp hızı artar.
- Kalp dakika volümü ve kan basıncı artar.
- İskelet kaslarına kan akımı artar.
- Koroner kan akımının kalp dakika volümüne oranı sabit kalır.
- Splanknik alana kan akımı azalır.
- Deri kan akımı şartlara bağlı olarak artabilir veya azalabilir.
- Arteriyo-venöz oksijen farkı artar.
- Solunum hacmi artar.
- Solunum frekansı artar.
- Solunum dakika hacmi artar
- Akciğer difüzyon kapasitesi artar.
- Arteriyel oksijen ve karbondioksit parsiyel basınçları ve PH sıklıkla değişmez.

### **B.2.5. Düzenli Egzersizin Kronik Etkileri** <sup>47</sup>

Vücudun optimal fonksiyonu için düzenli egzersizin gerekli olduğu konusunda tam bir görüş birliği vardır. Antrenmanın başlıca amacı performansı artıracak biyolojik adaptasyonlara yol açmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için aktivitelerin iyi planlanması ve yapılması gerekir. Bu yüzden antrenmanın sıklığı, tipi, aktivitenin hızı, şiddeti, süresi ve tekrar sayısı önemlidir.

**Dolaşım Sistemine:** Düzenli antrenman programları ile meydana gelen en önemli fizyolojik değişiklik aerobik gücün ( $VO_{2max}$ ) artmasıdır. Egzersiz şiddeti kişinin  $VO_{2max}$ 'ının yüzdesi cinsinde ifade edilebilmektedir. Sedanter hayat süren kişilerin  $VO_{2max}$ 'larının %50-80'i yükte haftada üç defa yarım saat egzersiz yapmaları  $VO_{2max}$ 'larını %15-20 artırır. Antrenmana fizyolojik cevapta önemli kişisel varyasyonlar vardır. Başlangıçtaki  $VO_{2max}$  değerine bağlı olarak artış %2-3 kadar düşük, %30-50 kadar yüksek olabilir. Maksimal aerobik gücün antrenmana duyarlılığı büyük ölçüde genetik yapıya bağlıdır.<sup>83</sup> Maksimal oksijen kullanımının artması kişinin daha büyük yüklerde daha uzun süre yorgunluk hissetmeden egzersiz yapabilmesini sağlar.  $VO_{2max}$  değerinin artışına maksimal kalp dakika volümünün artması da eşlik eder.

Antrenmanla  $VO_{2max}$  değerinin artışını sağlayan mekanizmalar; kan dağıtımının ve kasın oksijen kullanımının daha etkin olması, daha önemlisi atım volümünün artmasıdır. Bu

artış diyastolik dolmanın daha fazla olmasına bağlıdır.<sup>84</sup> Submaksimal egzersizde atım volümü artarken kalp hızı azaldığı için kalp dakika volümü değişmez. Submaksimal egzersizdeki kalp hızının antrenmanla azalmasının, egzersiz yapan kaslardan daha az güçlü feed-back reflekslerinin doğması sonucu kalp kronotrop aktivitesinin değişmesine bağlı olduğu düşünülmektedir.<sup>84</sup> Belirli bir submaksimal yükte kalp hızının azalması, antrenman cevabının başlıca göstergesi olarak kabul edilmektedir. Antrenmanla istirahattaki kalp hızı azalır, atım volümü artar. Bu, kalp kasının daha ekonomik çalışmasını sağlar. Bazı sporcularda istirahat kalp hızı dakikada 25'e kadar düşebilir. Egzersizden sonra kalp hızının normale dönüşü daha hızlı olur. Bu özellik bazı performans testlerinin temelini oluşturur.<sup>85</sup> Maksimal kalp hızı ise genellikle sabit kalır. Veya yaklaşık 5-7 atım/dakika azalır.<sup>78</sup>

Kan basıncı ya sabit kalır ya da hafif azalır. Genellikle sistolik ve diyastolik kan basınçları eşit şekilde etkilenir.<sup>78</sup> Kalp hızı ile kan basıncının çarpımının kalp kasının önündeki yükü gösterdiği düşünülmektedir. Antrenman bu yükü azaltarak kalbin etkinliğini artırır. Dayanıklılık antrenmanı yapan kişilerde genellikle sol ventrikül diyastol sonu volümü artar, ventrikül duvar kalınlığı ise değişmez. Bazı kişilerde ventrikül hipertrofisi gelişse bile duvar kalınlığı 15mm'yi geçmez, antrenman bırakıldığında ise duvar kalınlığı normale döner.

VO<sub>2max</sub> 20 yaş civarında maksimuma ulaşır, daha sonra yılda 0.5-1 azalır.<sup>86</sup> Belirli bir kas aktivitesinin stresin göstergesi, bu aktivite sırasındaki VO<sub>2</sub>'nin VO<sub>2max</sub> değerine oranıdır. Saatte 5 km hızla yürümenin maliyeti 65kg'lık bir kişide 1 L/dak oksijene eşittir. Halbuki bu yükte 100 kg.lık bir kişinin oksijen harcaması 1,5L/dakikadır. Gençlikte bu yük zorlanmadan tolere edilse bile VO<sub>2max</sub>'ı azalan yaşlılar zorlanabilmektedir. Bu yüzden kas aktivitelerinin zorlanmadan yapılabilmesi için yaşlılar hem düzenli egzersiz yapmalı hem de vücut ağırlığının artması engellenmelidir. Yaşlılarda antrenmanla VO<sub>2max</sub> artışı, gençlerdeki artıştan daha az değildir ve yaşlıların bu açıdan bir dezavantajı bulunmamaktadır.

Düzenli egzersiz bırakılırsa VO<sub>2max</sub> değerinde belirgin bir azalma olur ve kazanılmış özellikler zamanla kaybedilir.<sup>87,88,89</sup> Antrenman yoğunluğunun azalması bile, önceki yüksek VO<sub>2max</sub> değerlerinin azalmasına yol açar.<sup>88</sup>

Dolaşım sistemi üzerine etkilerinden dolayı düzenli egzersiz koroner kalp hastalıklarına karşı koruyucu rol oynar.<sup>90,91</sup> Düzenli egzersiz ömrü uzatan bir faktördür. Fakat belki de daha önemlisi, ömrü boyunca düzenli egzersiz yapan kişilerin hayat kalitelerinin daha iyi olmasıdır.<sup>92</sup>

**Solunum Sistemine: Solunum Volümü:** Antrenmanlı kişilerde istirahatta ve submaksimal egzersiz sırasında antrenman yapmayanlara göre pek farklı değildir., maksimal egzersizde ise daha yüksektir.

*Solunum Frekansı:* İstirahatta çok az düşebilir. Bu, solunum volümünde artma ile birlikte olduğunda solunum işinin azalması demektir. Solunum frekansı submaksimal egzersizlerde fazla artmaz, maksimal egzersizler sırasında ise belirgin artma gösterir.

*Solunum Dakika Volümü:* Antrenmanla istirahat solunum dakika volümünde belirgin bir değişiklik olmaz. Submaksimal egzersizlerde solunum dakika volümü artışı daha azdır., yani solunum işi daha verimlidir. Maksimal egzersizlerindeki solunum dakika volümü antrenmanlılarda daha yüksektir.<sup>85</sup>

*Solunum Eşdeğeri:* Solunum verimini en iyi gösteren parametredir. Kullanılan 1 Litre oksijen için gerekli solunum volümüdür. Kişi yaptığı egzersizi ne kadar iyi biliyorsa solunum eşdeğeri o kadar yüksektir. Normalde submaksimal egzersizlerde 30-35 litre olan solunum eşdeğeri, dayanıklılık antrenmanı yapanlarda 25-30 litreye düşer.<sup>61</sup> Antrenmanlı kişilerde solunum katsayısı değeri de azalır.<sup>84</sup>

*Akciğer Volüm ve Kapasiteleri:* Düzenli egzersizin solunum fonksiyonlarına etkilerini inceleyen araştırmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bazı araştırmacılara göre antrenmanla solunum fonksiyonlarında gelişme olurken<sup>93</sup>, bazı araştırmacılar böyle bir etki bulamamışlardır. Solunum kaslarının kapasitesi maksimal egzersizde bile tam olarak kullanılmadığı için, antrenmanların solunum fonksiyonları üzerine az etkili olması normaldir.<sup>55</sup> Yüzücülerin ve dalıcıların yüksek değerlere sahip oldukları kabul edilir.<sup>94,95</sup>

*Difüzyon Kapasitesi:* Aktif hayat süren kişinin istirahat koşullarındaki ve submaksimal bir egzersizlerindeki difüzyon kapasitesi hareketsiz yayanlara göre pek farklı değildir. Fakat maksimal egzersizlerindeki difüzyon kapasitesi sporcularda, özellikle yüzücülerde daha yüksektir.

Dayanıklılık antrenmanları yapan kişilerde karın solunumunun önemi artar. Göğüs solunumu karın solunumuna oranla daha yorucu olduğundan bu durum avantajlıdır.<sup>85</sup>

*İskelet Kasının Adaptif Cevabı:* Antrenman döneminde oksijen kullanımındaki artışa paralel olarak iskelet kasında kapiller dansite, mitokondri ve enzim miktarları artar. Kas süksinat dehidrogenaz aktivitesinin  $VO_{2max}$  ile yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir.<sup>85</sup> Dayanıklılık antrenmanlarını yapanların kaslarında pürivik asit, yağ asidi, keton cisimlerinin oksidasyon kapasitesi daha fazladır. Kapiller dansite artışına bağlı olarak kanın ortalama geçiş zamanı uzar ve kanla doku arasındaki madde ve gaz alışverişi daha etkin olur.

Maksimal oksijen kullanımının belirli bir yüzdesinde egzersiz yaparken antrenmanlı kişiler daha fazla serbest yağ asidi ve daha az karbonhidrat kullanırlar. Böylece glikojen deposu daha uzun süre dayanır ve dayanıklılık artar.<sup>96</sup> Ayrıca antrenmanlarla iskelet kasının glikojen depolama potansiyeli de artar.<sup>55</sup>

Bir kasın herhangi bir nedenle kullanılmaması oksidatif potansiyelini azaltır. Tip I ve Tip II liflerinin dağılımı genetik olarak belirlenmiştir ve antrenmanla kas liflerinin tipinde değişiklik olmadığı kabul edilmektedir. Bu konunun açıklığa kavuşması için ek çalışmalara ihtiyaç vardır.<sup>60</sup> Antrenmanın bir diğer etkisi laktatın daha yüksek iş düzeylerinde birikmesi yani anaerobik eşik değerinin artmasıdır.

***Kas Kitlesine ve Kas Kuvvetine:*** Genel bir kural olarak maksimal kuvvete yakın çalışan kasların kuvveti artar.<sup>97</sup> Kuvvet antrenmanları iskelet aksı kitlesini de artırır. Fakat kas kitlesindeki artma antrenmanla gelişen kuvvet artışının ön şartı değildir.<sup>60</sup> Gerçekten de, kuvvet antrenmanlarının ilk haftalarında kasın çapraz kesit alanında belirgin artma olmaksızın kas kuvveti %20-40 artabilir.<sup>55</sup> Bu, motor ünitelerin daha etkin aktivasyonuna bağlıdır. Kas lifi sayısının artabileceğini bildiren çalışmalar da bulunmasına rağmen<sup>81,98</sup>, kas kitlesinin artışı kas lifi sayısının değil, her bir kas lifinin çapının artışına bağlıdır.<sup>99</sup> Zorlu kuvvet antrenmanları lif alanının %50'ye kadar artırabilir. İmmobilizasyon ise benzeri bir azalmaya yol açar.

Kuvvet antrenmanları ile özellikle Tip II liflerinde hipertrofi gelişir.<sup>60</sup> Dayanıklılık antrenmanlarının etkisi daha çok Tip I liflerinin metabolik potansiyelleri üzerindedir; bu arada Tip II liflerinin oksidatif potansiyeli de artar.

Antrenmanlarla kuvvet artışı erkeklerde ve kadınlarda rölatif olarak aynıdır.<sup>78</sup> İyi bir kuvvet antrenmanı programı için antrenmanların %15'i eksantrik, %10'u izometrik, %75'i konsantrik olmalıdır. Kasılmanın yaklaşık 6 saniye devam ettirilmesi tavsiye edilir. Tekrarların sayısını artırmak kuvveti artırmada bir noktaya kadar avantaj sağlar.<sup>96</sup>

***Lokomotor Organlara:*** Egzersizin kemikler, ligamanlar ve tendonlara etkileri inaktivite üzerine yapılan çalışmalarla daha net olarak gösterilmiştir. İmmobilizasyon, kollajen lif demetlerinin sayısını ve hacmini belirgin ölçüde azaltır. İnaktivite sadece kas, kemik ve eklemlerin kuvvetini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda ligaman ve tendonlar tarafından taşınan kuvveti de azaltır. Buna karşılık antrenmanla ligamanlar kalınlaşır, kuvvetlenir ve daha esnek hale gelir. Hiyalen kıkırdak ise kalınlaşır ve basıya daha dirençli hal alır.<sup>61</sup>

Yerçekiminin kemikler üzerine etkisinden dolayı ayakta yapılan egzersizler, yatarak yapılanlara, yürüme, yüzme göre daha iyi kas hipertrofisi geliştirici aktivitelerdir.

Egzersiz kemikte minerali artırır<sup>100</sup> ve kemik hipertrofisi sağlayarak osteoporozu geciktirir. Bu yüzden orta yaşlı ve yaşlı kadınlara uygun egzersizler tavsiye edilmelidir.<sup>96</sup> Bazı sporlar kemik yapısında lokal değişikliklere yol açabilir. Örneğin, elit tenisçilerin aktif kollarında kemik yapısı daha güçlüdür.<sup>61</sup>

**Kan Kompozisyonuna:** Dayanıklılık antrenmanlarından sonra kan volümü artar. Bu artış daha çok plazma volümünün artmasına bağlıdır.<sup>101</sup> Hemogloblin konsantrasyonu ise fizik aktivite veya inaktiviteden etkilenmez. Kan volümü arttığı için toplam hemogloblin miktarında artma görülür.<sup>55</sup>

Fiziksel açıdan aktif kişilerin plazma trigliserit ve LDL kolesterol konsantrasyonları daha düşük, HDL kolesterol konsantrasyonları daha yüksektir.<sup>102,103</sup> Egzersiz plazma lipoprotein(a) düzeyinde de geç ve uzun süreli bir azalmaya yol açabilir.<sup>104</sup> Böyle bir kan lipit kompozisyonu aterosklerozdan korunmada avantajdır. Bir araştırmada<sup>97</sup> egzersiz yapan yaşlılarda, düzenli egzersiz yapmayan yaşlılarda görülen HDL kolesterol azalmasının bulunmadığı gösterilmiştir. HDL kolesterol düzeyini artırmak için maksimal kalp hızının en az %75'inin eşit şiddette antrenman ( hafta en az 13-20 km yürüme veya jogginge eşdeğer egzersiz<sup>105</sup>) yapılmalıdır.<sup>106</sup>

Antrenmanlı kişilerde egzersizle adrenalin ve nöradrenalin artışı daha azdır, submaksimal egzersizde kalp hızının daha düşük oluşu bunun kanıtıdır. Antrenmanın istirahatdaki adrenalin ve nöradrenalin düzeylerine etkisi ise tartışmalıdır.<sup>107</sup> Gonadotropin düzeyleri dayanıklılığı iyi olanlarda artabilir. Bu dayanıklılık antrenmanları yapanlarda görülen düşük testosteron düzeylerinin gonadotropinlerdeki azalmaya bağlanamayacağını göstermektedir.<sup>108</sup> Düzenli egzersizler  $\beta$  endorfinlerin artmasına yol açar.  $\beta$  endorfinlerin artması, antrenman sezonunun sonunda görülen iyilik hissine katkıda bulunabilir. Düzenli egzersizler glukoz toleransının ve insülin hassasiyetinin artmasına yol açar. Böylece diyabetli hastaların ihtiyaç duyduğu insülin miktarı azalır.

Egzersiz programlarının plazma prostasiklin konsantrasyonunu artırdığı, serum tromboksan konsantrasyonunu azalttığı gösterilmiştir.<sup>109</sup> Bu değişiklikler iskemik kalp hastalığının ve trombozun önlenmesinde önemlidir.<sup>96</sup>

**Metabolizmaya:** Bir kişi fiziksel açıdan ne kadar aktif ise, obezite riski söz konusu olmaksızın alınabilecek enerji miktarı da o kadar fazladır. Böylece esansiyel besin maddelerinin alımı da daha fazla olmaktadır. Yaşlanmayla metabolizma yavaşlar ve gıda alımı azalır fakat kişinin esansiyel besin maddesi ihtiyacı azalmaz. Bu yüzden, yaşlılara fiziksel açıdan aktif kalarak esansiyel besin maddelerinin alımının istenen düzeyde tutmaları tavsiye edilmelidir.<sup>96</sup>

Düzenli egzersiz obezite tedavisinde giderek daha fazla yer almaktadır.<sup>61</sup> Antrenman programlarının başlangıcında vücut ağırlığında önemli bir azalma olmaz çünkü, yağ dokusu azalırken başta kas kitlesi olmak üzere yağsız vücut kitlesi artar. Egzersiz programı 3 ayı geçince yağsız vücut kitlesi artışı yavaşlar ve vücut ağırlığındaki azalma vücut yağındaki

gerçek değişmeyi yansıtmaya başlar. Kuvvet antrenmanları ile de vücut ağırlığı azalmasına rağmen aerobik antrenmanların etkisi daha belirgindir. Haftada 3-4 gün çalışıldığında önemli değişiklikler meydana gelir, haftada 2 gün egzersiz yapıldığında ise vücut ağırlığındaki değişme çok azdır.<sup>78</sup>

**Bağışıklık Sistemine:** Düzenli egzersizin bağışıklık sistemine etkileri, egzersizin yoğunluğuna bağlıdır. Orta yoğunluktaki egzersizler bağışıklık sistemine zarar verebilir.<sup>110</sup> Bazılarına göre T hücrelerinin sayısı ve alt tiplerinin oranı antrenmanlardan etkilenmez.<sup>111</sup>, bazılarına göre ise T lenfositlerin oranı artar, hepler T hücrelerinin supressor T hücrelerine oranı azalır.<sup>112</sup> Aktif kişilerde istirahattaki Natural Killer(NK) hücre aktivitesinin daha fazla olduğu ileri sürülmektedir, fakat bu hipotez henüz ispatlanamamıştır.<sup>111,113</sup> Antrenmanlar ağır olursa NK hücrelerinin sayısı azalabilir.<sup>112</sup> Orta yoğunluktaki antrenmanlar serum immunglobulinlerinde yaklaşık %20 artışa yol açar.<sup>114</sup> Düzenli egzersizin bağışıklık sistemi üzerine etkileri sağlık durumu, hastalıktan korunma ve tedavi ile de ilişkilidir.<sup>115</sup>

#### **B.2.6. Dirençli egzersizler sırasında dikkat edilmesi gereken durumlar**

**Kardiyovasküler durumlar:** En çok izometrik egzersiz veya yüksek dirence karşı yapılan egzersizlerde olmak üzere Valsalva manevrası görülebilir. Kapalı glottise karşı bir ekspiratuvar efor olan bu manevradan kaçınmak gerekir. Valsalva manevrası sırasında karın ve göğüs boşluğunda basınç artacağı için venöz dönüş azalır. Venöz dönüşün azalması kalp debisini azaltır, kan basıncında geçici bir düşme olur. Buda kalp hızında artışa yol açar. Valsalvayı önlemek için dirence karşı kas kasılması sırasında nefes verme, sayı sayma, gevşeme sırasında ise nefes alma önemlidir. Özellikle serebrovasküler olay, miyokard enfarktüsü geçirmiş veya hipertansiyonu olan hastalar için önemlidir.

**Kas yorgunluğu:** Enerji depolarını tazelenmesi ve laktik asitin uzaklaştırılması için egzersiz programı sonrası toparlanma için bir dinlenme süresi sağlanmasına dikkat edilmelidir.

**Aşırı yüklenme:** Egzersiz nedeniyle kas kuvvetinin geçici veya kalıcı olarak azalmasıdır. Özellikle alt motor nöron hastalığı gibi kalıcı nöromüsküler hastalığı olan kişilerde karşılaşılan bir durumdur.<sup>116,117</sup> Denerve kasta yüklenme ile aşırı bir protein yıkımı olduğu düşünölmektedir. Bu durumdaki hastaların tedavisi sırasında periyodik olarak dikkatli bir değerlendirme ile aşırı yüklenmeden kaçınılabılır.<sup>118</sup>

**Osteoporoz:** Osteoporoz varlığında, dirençli egzersizle fraktür riski arttığından dikkatli olunmalıdır.

**Kas hassasiyeti:** dirençli egzersiz sonrası kaslarda hassasiyet ve ağrı ortaya çıkabilir.

Egzersize bağlı olarak üç tip ağrı görülebılır.

- 1) Egzersiz sırasında veya hemen sonrasında ortaya çıkan ağrı ve hassasiyet,
- 2) Egzersizden 24-48 saat sonra ortaya çıkan gecikmiş kas hassasiyeti,
- 3) Kas krampları sonrası ortaya çıkan ağrı.

Egzersiz sırasında ortaya çıkan ağrının birçok nedeni olmakla birlikte, laktik asit, potasyum gibi iyonlar ve diğer metabolik artıkların birikmesi ile ağrı alıcılarının uyarılması, aktif kasa kan akımının yetersiz gelmesi, yani iskemi ile oluştuğu düşünölmektedir. Ağrı kasılma yorgunluğunun azalması veya gevşeme ile dolaşım normale dönene dek sürer.<sup>119,120</sup> Gecikmiş kas hassasiyetinin zorlu, uzun süreli egzersizle ve kasılma tipi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. En fazla eksantrik kasılma sonrası ortaya çıkar.<sup>121,122</sup> Geç dönem hassasiyetin nedeni tam olarak bilinmemektedir.

Kişiye uygun program, ağırlık/direnç, egzersiz tipi belirlenirse ve uygun ekipman kullanılırsa doku hasarından korkmak için bir neden yoktur. Ayrıca dirençli egzersizde direncin ve yoğunluğun yavaş yavaş artırılmasının ve egzersiz öncesi yeterli ısınmanın kas hassasiyetini ve ağrıyı azaltmada önemli olduğu düşünölmektedir.

Kas krampları motor nöron aşırı uyarılabilirliği nedeniyle ortaya çıkan ani, yoğun, elektriksel olarak aktif kas kasılmalarıdır. Krampların devam eden kas işi nedeniyle ortaya çıkan sıvı elektrolit dengesizliğinin bir sonucu olabileceği düşünölmektedir.<sup>120</sup>

### **B.2.7. Dirençli egzersizlerin kontrendike olduğu durumlar**

Kas veya eklem enflamasyonu varlığında dirençli egzersiz uygulanmaz. Yüklenmenin enflamasyonu ve şişliği, dolayısıyla kas ve eklem hasarını artıracakı düşünölmektedir. Dirençle birlikte eklem içi basınç artmaktadır, bu da enflamasyonlu dokuda yıkımı artırabilir. Dirençli egzersiz sonrasında 24 saat veya daha uzun süren ağrı varlığında dirençli egzersize ara verilmeli ve ağrının kaynağı araştırılmalıdır.

Eklem instabilitesi ise uygun program seçildiği ve kas dengesi korunduğu takdirde kontrendikasyon oluşurmaz.

### **B.2.8. Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi**

Kas kuvvetinin elle değerlendirilmesi klasik olarak Oxford Skalasına göre (0-5) yapılır.

- 0 → Hiçbir kasılma yoktur.
- 1 → Hareket ortaya çıkarmayan, gözle görölen veya palpe edilebilen hafif kasılma
- 2 → Kas, yerçekimi etkisi ortadan kaldırıldığında EHA boyunca hareketi sağlayabilir.

3 → Kas, yerçekimine karşı, ancak dış dirence karşı hareket yapamaz.

4 → Kas, yerçekimine ve kısmen dış dirence karşı EHA boyunca hareket ortaya çıkarabilir.

5 → Kas, tümüyle normal fonksiyonunu yerine getirebilir.

Elle kas kuvveti muayenesi ile saptanan değerler, kişiler arasında ve aynı kişinin tekrar muayeneleri arasında farklılık gösterebilir. Daha objektif ölçüm için dinamometreler, izotonik ve izokinetik ölçüm yapan cihazlar veya serbest ağırlıklar kullanılabilir. Manuel test yapılıyorsa prensip olarak hep aynı kişinin değerlendirmesi tercih edilmelidir. Kasın değerlendirilmesi sırasında hasta rahat bir pozisyonda olmalı, değerlendirilecek bölge çıplak bulundurulmalıdır. Kasın izole gücünün yeterli olması yanında tüm agonist, antagonist, sinerjist ve fiksator rollerini de tamamlayabilmesi gerekir. Normal günlük aktiviteler için dayanıklılığı yeterli olmalıdır.

### **B.3.FONKSİYONEL DEĞERLENDİRMEDE İZOKİNETİK SİSTEM KULLANIMI**

#### **B.3.1. Tanımlar**

*İzokinetik kasılma:* Bir ekstremité veya gövde segmentinin sabit bir hıza ulaşmak için dirence karşı ivmesini tanımlar.

*İzokinetik kuvvet:* belli bir hızda oluşan kasılma sırasında geliştirilebilen en yüksek döndürme momenti (tork) değeridir. Çeşitli izokinetik dinamometrelerle 5°-500°/sn arasında hızlar elde edilebilir. İzokinetik dinamometrede kişi ne kadar kuvvet uygularsa uygulasin, hareket eden segmentin hızı, önceden belirlenen hızın üzerine çıkamamaktadır. Bu sabit hızı aşmak için kaslar tarafından oluşturulan kuvvete (döndürme momentine) karşı cihazın dinamometresinin uyguladığı direnç, hareket genişliğinin her bir noktasında uygulanan kuvvete eşit olmaktadır.<sup>123</sup>

*Hız:* Rotasyon aksı etrafında her saniyedeki hareketin derecesidir.

#### **B.3.2. İzokinetik Sistemin;**

##### ***Avantajları:***

1-İzokinetik test, kas iskelet sistemi performansının niceliksel ölçümünü sağlar. Elde edilen objektif parametrelerle hastanın izlenmesi ve gelişmesinin kaydedilmesi mümkün olur. Manuel kas testi sadece hareket genişliğinin belli bir noktasında oluşan kuvveti belirlemekte, kesin ve güvenilir sonuçlar vermemektedir.

2-Tekrarlayan ölçümlerde gelişmeleri izleme ve sayısal ölçüm yapma olanağını verir.

3-Agonist- antagonist kas kuvveti oranlarının incelenmesi, iş kapasitesi ve dayanıklılık gibi kasa ait özelliklerin belirlenmesi, ayrıca hareketin kinematik analizinin yapılmasına olanak sağlar.

4-Hasta ve sporcuya fonksiyonel hızlarda kas eğitimi olanağı verir.

5-Hareket hızı izlenebilir ve istenildiği gibi ayarlanabilir.

6-İstenen kas ya da kas gruplarının izole olarak çalıştırılması yada test edilmesine olanak sağlarlar.<sup>124</sup>

#### ***Dezavantajları:***

1-Cihaz pahalıdır.

2-İzokinetik test ve egzersizlerin güvenilirliği için hastanın uyumu gereklidir. Hastanın sisteme uyum göstermemesi halinde sonuçların değeri düşüktür.

3-İzokinetik cihazların kullanılması ve sonuçların yorumlanması için eğitilmiş ve deneyimli çalışanlara ihtiyaç vardır.

4-Büyük kas kütlesi içeren eklemlerde (kalça ve gövde gibi) sonuçların geçerliliği ve güvenilirliği tartışmalıdır.

#### ***İzokinetik Değerlendirmenin Amaçları***

1-Objektif kayıt elde etmek ve bu verilerle izlem yapmak

2-Atletik taramalar yapmak

3-Çeşitli iş kollarında çalışanların işe uygunluk açısından kas performanslarının değerlendirilmesi

4-Özürüllüğü ölçmek

5-Normal kas iskelet sistemi performansı değerlerini saptamak.

### **B.3.3. İzokinetik Egzersizlerin Kontrendikasyonları;**

#### ***Mutlak kontrendikasyonları***

1-İleri derecede azalmış eklem hareket açıklığı

2-Muskülotendinöz yapıda akut zorlanma

3-Şiddetli ağrı

4-Şiddetli effüzyon

5-Yumuşak doku iyileşmesi ile ilgili problemler

6-Anstabil eklem, kemik

7-Akut zorlanma, burkulma.<sup>123</sup>

**Relatif kontrendikasyonlar**

- 1-Ağrı
- 2-Ekleme hareket genişliğinde kısıtlanma
- 3-Minimal effüzyon veya sinovit
- 4-Kronik veya subakut zorlanma.<sup>124</sup>

**İzokinetik cihazlar:** Cybex, Kin-Com, Biodex, Lido markalı cihazlar bulunmaktadır. İzokinetik teknoloji hız kontrollü, hareket açısına özgül rehabilitasyon yapmayı sağlar.

**İzokinetik Cihaz Kullanımında Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar:**

**Kalibrasyon:** Cihaz en az ayda bir kez kalibre edilmeli ve kalibrasyon eğrisi saklanmalı.

Hastanın onayının araştırmalardaki testler için alınması, yaşı dikkate alınmalı, kardiyopulmoner problemleri varsa egzersiz seçimi ona göre yapılmalı.

Değerlendirilen ekleme göre dinamometrenin aksı eklemin anatomik aksına göre ayarlanmalı. Hastanın vücudu kemerlerle iyi tespit edilmeli.<sup>123</sup>

**Test Protokolleri:**

- 1- İzometrik
- 2- İzokinetik konsantrik
- 3- İzokinetik ekzantrik
- 4- İzokinetik konsantrik/ ekzantrik
- 5- İzokinetik ekzantrik/konsantrik
- 6- Endurans testi.<sup>126</sup>

**Düşük hızlarda test:**

Kuvvet, bir kasılma ile elde edilen güç veya bir tekrarda kaldırılabilen en yüksek ağırlık miktarı olarak tanımlanabilir. İzokinetik testte kuvvet, 60°/sn veya daha düşük hızlarda yapılan testlerle belirlenir ancak bu hızlarda ekleme binen yükün çok artması, ağrı ve refleks inhibisyon gelişebilmesi nedeniyle test olumsuz etkilenir. Ayrıca 60°/sn altındaki hızlar fonksiyonel hızlar değildir.

Düşük hızlarda test, tibial rotasyon gibi rotasyonel veya subtalar eklem gibi hareket genişliği az olan eklemleri değerlendirmekte yararlı olabilir. Düşük hızda yapılan testlerde, bilateral karşılaştırma, döndürme momenti eğrisinin şekli, unilateral agonist/antagonist oranları elde edilebilir. Performansın simetrisi ve kas dengesizliği değerlendirilir. Döndürme momenti değerinin vücut ağırlığına oranı değerli bir parametredir.

**Yüksek hızlarda test:**

Klasik izokinetik tanımlamalara göre 60°/sn üzerindeki hızlarda yapılan testler, güç testi olarak kabul edilir.

Güç, belli bir zamanda belli bir hareket genişliği içinde oluşturulan kuvvettir. Güç, zaman ve iş içerdiğinden kas fonksiyonunun daha değerli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

***Fonksiyonel hız testi:***

İzokinetik tanımlamalara göre fonksiyonel kasılma hızları 300°/sn üzerindeki hızlardır. Günlük yaşam ve sportif aktivitelerin hızı oldukça yüksektir.

***Endurans testleri:***

Hastanın maksimal kasılmayı kaç kez tekrarlayabildiği gözönüne alınarak değerlendirilir. Hastanın motivasyonuna bağlı olması testin olumsuz yanını oluşturur. Endurans testlerinin fonksiyonel aktivitelerin hızlarına uygun olarak yüksek hızlarda yapılması önerilir.<sup>123</sup>

Biodex sistem 2'nin avantajları: egzersizin 4 modunda da çalışılabilmesidir.

- 1- Pasif
- 2- Eksantrik, Konsantrik
- 3- İzokinetik
- 4- İzometrik<sup>127</sup>

***Egzersiz Hızı:***

Hastanın yakalayabileceği hızlar seçilmeli, sözel olarak “yaratacağın güç aletin kuvvet kolunu yenmeli” komutu verilmelidir. Ekstremiteler önceden belirlenen hızlara ulaşmalı yoksa aktif eklem hareket genişliği egzersizi yapılmış olur. İzokinetik sistemde egzersiz yapıldığında motor öğrenme olur. Bu hastanın oluşan hızı yakalaması ile ilgilidir.

60-180°/sn hızda izokinetik hissin iyi algılandığı bulunmuştur. Testlerde genellikle bu hızlar kullanılır. Çalışmalarda önce yavaş, sonra hızlı hızlar önerilse de, subakut durumlarda önce hızlı sonra yavaş hızlar seçilir.

**B.3.4. İzokinetik Sistem Parametreleri**

***Tork:*** İzokinetik sistemde kuvvet tork şeklinde ölçülür ve foot pound, Newton-metre olarak ifade edilir. Tork, bir eklem hareket açıklığı boyunca uygulanan kas kuvvetidir.<sup>126,127</sup>

***Döndürme momenti:*** Rotasyonel hareketin kuvvetini ifade eder.

***Döndürme momenti:*** kuvvet x mesafe (rotasyonel hareket aksından kuvvetin uygulandığı noktaya dik inen uzaklık).<sup>123</sup>

***İzokinetik kuvvet:tork:*** Belli hızda oluşan kasılma sırasında geliştirilebilen en yüksek

döndürme momenti değeridir. İzokinetik dinamometrede kuvvet çeşitli faktörlerden etkilenir, bunlardan en önemlisi:

- kas kaldıraç kolu
- antagonist koaktivasyon

Antagonist kasların koaktivasyonu eklem stabilitesini sağlar, artiküler yüzey basınç dağılımını dengeler ve eklem mekanik empedansını düzenler. İzokinetik dinamometrenin kuvveti bu bileşke kuvvettir.

(Agonist kas kuvvet X agonist kuvvet kolu)- (antagonist kas kuvvet X antagonist kuvvet kolu) = izometrik güç X dinamometre kaldıraç kolu

Herhangi bir açıda ölçülen kuvvet sadece agonist değil antagonist kasların kuvvet kolu ile de ilgilidir.

Tork eğrisinde ilk yukarı defleksiyonu eğrinin ilk 1/3'de yer almalıdır. Eğer yatık yada disperse olursa kas kontraksiyonu başlatmada güçlük vardır.

**Peak Tork:** Tork eğrisindeki en yüksek noktayı belirtir. En sık kullanılan parametredir. Tüm ROM boyunca ulaşılan en yüksek değerdir (maksimum muskuler gerim). Belli bir hızda eklem hareket açıklığının tüm noktaları ve tüm tekrarlar göz önüne alındığında ulaşılan en yüksek tork değeridir.

**Maksimum Gravity Effect Torque (max GET) (Tork üzerine yerçekiminin maksimum etkisi):** Yerçekimi, bir çok pozisyonda hareketi kolaylaştırarak yada zorlaştırarak etkilemektedir. Ekstremitelere ağırlığı hesaplanarak veriler yerçekimi düzeltilmiş hale getirilir. Toplanan veri üzerinde yerçekimi etki torkunun saptanması için hasta ekstremitenin ağırlığı ölçülür. Tartı işleminde ekstremitelere maksimum yerçekimi etki torku oluşturacak şekilde açlandırılır. Hastanın gevşemesi istenir.

**Peak torka ulaşma zamanı:** Kas kontraksiyonunun başlamasından tork tepe noktasına ulaşmasına kadar geçen süredir. Sağlam eklem ve kaslar daha fazla tork oluşturur ve peak torka kısa sürede ulaşır.

**Time Rate of Torque Development (TRTD):** Önceden belirlenen tork değerine ulaşma süresi.

**TRTD to spesifik ROM:** Açı spesifik tork ölçümü . Farklı bireylerin karşılaştırılmasında peak torkdan daha önemlidir.

**Maksimum Repetitive Work:** Tek bir tekrarda üretilen iş. Eklem fonksiyonel kapasitesini peak torkdan daha iyi gösterir. Kas bir anlıktan ziyade tüm ROM boyunca gücünü devam ettirmelidir.

**Total Work (Total İş):** Total iş tork eğrisinin altında kalan alana eşittir. Güç ise birim

zamanda harcanan kuvvettir.

$$\text{Güç} = \frac{\text{kuvvet} \times \text{uzaklık}}{\text{zaman}} \quad \text{Watt}$$

**Resiprokal İnnervasyon Zamanı (RIT):** Agonist kas kontraksiyonunu takiben ortaya çıkan antagonist kas kontraksiyonu arasındaki zaman. Uzamış ya da gecikmiş RIT efüzyonlu eklem, ağrı veya ileri derecede güç kaybı olan hastalarda görülür.

**Tork Akselerasyon Enerjisi(TAE):** Kas kontraksiyonunun patlayıcılığını ölçer. Hızlı kas performansını gösteren bir indikatördür. Kasın kasılmaya başladığı ilk 1/8 sn'de yaptığı işin ölçümüdür.

**Eklem Hareket Genişliği:** Total eklem hareket genişliği ve torkun herhangi bir noktasındaki eklem hareket açıklığını gösterir.<sup>127,128</sup>

**Force Decay Rate(FDR)(Güç akybetme hızı):** Genelde tork eğrisinin inen kolu ya konveks yada düzdür, konkav olursa hareketin sonunda kuvveti oluşturmada güçlük vardır, bu eklem ve kaslardaki patolojiyi gösterir.<sup>123,127,128</sup>

Egzersiz kas kuvveti artışı dışında kardiyopulmoner sisteme olumlu etkilerini objektif olarak değerlendirmek için kardiyopulmoner egzersiz testi kullanılmaktadır.

#### **B.4. KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİ (Ergospirometrik Test)**

Egzersiz, istirahatatta bulunmayan kardiyopulmoner anormallikleri açığa çıkarabilen, ayrıca kardiyopulmoner fonksiyonların yeterliliğini tespit etmede kullanılabilen bir fizyolojik streştir. Egzersiz insanların maruz kalabileceği çok sayıdaki stresten sadece birisi olduğundan, “egzersiz stres testi” yerine “kardiyopulmoner egzersiz testi” adının kullanılması daha uygundur.<sup>129</sup> Egzersiz testlerinin kardiyovasküler hastalıklardaki geçmişi oldukça eskiye uzanmaktadır. İlk defa 1908 yılında Willem Einthoven egzersizle birlikte EKG’de meydana gelen ST segment değişikliklerini göstermiş, 1932 yılında ise Goldhammer ve Scherf anginada egzersiz EKG’sinin tanısal yönünden bahsetmiştir.<sup>130</sup> Egzersiz testinin ilk standardizasyonu ise Taylor ve arkadaşları tarafından 1955 yılında gerçekleştirilmiştir.<sup>131</sup>

Kardiyopulmoner egzersiz testi diagnostik-prognostik ve fonksiyonel amaçlarla uygulanmaktadır. Kardiyoloji kliniklerinde teste en sık başvurma nedeni, kardiyovasküler hastalığın diagnostik ve prognostik yönden değerlendirilmesi iken, rehabilitasyon alanında, başlıca fonksiyonel amaçlı kullanım söz konusudur.

Test sonucunda elde edilen verilere göre, hastanın egzersiz kapasitesinin normal veya limitli olduğu söylenebilmekte; limitli ise, bunun kardiyovasküler respiratuar veya periferik nedenlerle (örn: kas) ilgili olası patolojilerden hangisi ile meydana gelmiş olabileceğinin

açıklaması yapılabilmektedir. Ayrıca kardiyopulmoner rehabilitasyon programlarının sonuçlarının değerlendirilmesi için de objektif ölçümler sağlanmaktadır.<sup>129</sup>

Kardiyopulmoner egzersiz testi, genelde güvenli bir işlem olmasına karşın, komplikasyon riski sıfır değildir. Bu nedenle test endikasyonlarını koyarken, titiz bir klinik değerlendirme yapılmalıdır.

Egzersiz testinin kesin kontrendikasyonları şunlardır: <sup>132</sup>

1) Akut miyokard enfarktüsü veya istirahat EKG'sinde yeni ciddi kardiyak değişikliklerin gözlenmesi

2) Hipertansiyonla birlikte aktif unstabil anjina

3) Ciddi kardiyak aritmiler

4) Akut perikardit

5) Endokardit

6) Ciddi aortik stenoz

7) Ciddi sol ventrikül disfonksiyonu

8) Akut pulmoner emboli ya da pulmoner enfarkt

9) Akut ya da ciddi nonkardiyak patolojiler

10) Ciddi fiziksel engellilik ya da özürlülük

Egzersiz testi için göreceli kontrendikasyonlar şunlardır: <sup>132</sup>

1) Belirgin arteriyel ya da pulmoner hipertansiyon

2) Taşiaritmi ya da bradiaritmiler

3) Orta dereceli valvüler ya da myokardial kalp hastalıkları

4) Elektrolit anormallikleri

5) Sol ana koroner arter obstrüksiyonu

6) Hipertrofik kardiyomiyopati

7) Psikiyatrik bozukluklar

8) Daha az ciddi olan non-kardiyak hastalıklar

Kardiyopulmoner egzersiz testi için, birçok cihaz kullanılmaktaysa da , günümüzde üst ekstremiter ergometer, bisiklet ergometer veya treadmill'in bağlı olduğu, egzersiz boyunca ekspire edilen gazların toplanıp, analizinin yapılabildiği, sofistike bilgisayar sistemleri en popülerleridir.<sup>129</sup> Bunun yanı sıra, standart kardiyopulmoner egzersiz testlerinin kullanılmadığı fiziksel dizabilitesi olan hastalar için, adaptif test modaliteleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında tekerlekli sandalye ergometresi, kol-bacak ergometresi, sırtüstü veya yarı dik

pozisyonda kullanılabilen bisiklet ergometresi ve air-dyne ergometer sayılabilir. Değişik Egzersiz Testi Modalitelerinin Avantaj ve Dezavantajları Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3:** Değişik Egzersiz Testi Modalitelerinin Avantaj ve Dezavantajları <sup>133</sup>

Test	Bisiklet Ergometresi (Cycle ergometer)	Kol Ergometresi (Arm Ergometer )	Koşu bandı (Treadmill)	Farmakolojik ajanlar
Avantajlar	Koşu bandı ile iyi koreledir	Ortopedik, vasküler ya da	Kolay erişilebilir. İyi	Tüm hastalarda
	Toraks ve kollar stabildir	nörolojik dizabilite	standardize edilmiştir. Çok	uygulanabilir.
	Vücut ağırlığının etkisi azdır	nedeniyle, bacak egzersizlerini yapamayacak hastalar için uygundur.	sayıda protokolü vardır. Eğimli protokoller için kullanılabilir.	Güvenirliliği yüksektir. Standardizasyonu iyidir.
Dezavantajlar	Hasta bisikleti çevirmeyi öğrenemeyebilir.	Koşu bandına göre kardiyak outputta daha az artış olur.	Obez, ortopedik, nörolojik, vasküler ve artritlik sorunu olanlar, istenen egzersiz düzeyine ulaşamayabilir	Fizyolojik değildir. Kullanılan ajana bağlı bazı riskler içermektedir. Özel görüntüleme cihazları ve eğitimli personel gerektirir.
	Koşu bandına göre max VO2%6-25 azdır	Koşu bandına göre MO2 tüketimi (RPP) daha fazladır.		
	Belirli VO2'de kardiyak zorlanma daha fazladır.			
	Bisiklet çok yer kaplar			

Kardiyopulmoner egzersiz testlerinde kullanılan birçok protokol vardır. Bunlar arasında en bilinenleri Bruce, Cornell, Weber, Balke- Weber ve Naughton protokolleridir. En yaygın olarak kullanılanı ise Bruce protokolüdür. <sup>132,133</sup> Genellikle treadmill için standardize edilmişlerdir.

Kardiyopulmoner egzersiz testinin uygulanışında endikasyon ve kontrendikasyonlar kadar sonlandırma kriterlerinin de iyi bilinmesi gerekir.

*Egzersiz testi sonlandırma kriterleri* şunlardır; <sup>132</sup>

1. Progresif anjina (anjina ölçeğine göre 3+)
2. Ventriküler taşikardi
3. Sistolik kan basıncında belirgin düşüş (20 mmHg veya üzerinde)
4. Baş dönmesi, konfüzyon, ataksi, solgunluk, siyanoz, bulantı ya da ciddi periferik dolaşım yetmezliği bulguları
5. 2 mm.den fazla horizontal ya da aşağı ST depresyon ya da elevasyonu
6. 2. ve 3. derece AV blok
7. Artan ventriküler ektopi ve multiform prematüre ventriküler atımların başlaması
8. Kan basıncında aşırı yükselme, sistolik basıncın 250 mm/Hg'nın, diastolik

basıncın 120 mmHg'nın üstünde olması

9. Kronotropik bozukluk
10. Israrlı supraventriküler taşikardi
11. Egzersizle indüklenen sol dal bloğu
12. Hastanın bırakma isteği
13. Monitör sisteminde bozukluk

#### **B.4.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testinde Elde Edilen Önemli Veriler ve Yorumları**<sup>129,125</sup>

##### *a) Maksimum Oksijen Tüketimi (VO<sub>2</sub> max)*

Dinamik egzersiz sırasında oksijen tüketimi, artan iş yüküyle lineer bir modelde yükselir. Egzersizi yapan kişi yorulma veya tükenme noktasına geldiğinde, oksijen kullanma kapasitesi de son sınırına gelir; buna rağmen iş yükü artarsa, oksijen tüketimi plato oluşturur. Bu maksimum değer, maksimum oksijen tüketimi olarak gösterilir ve bireyin normal egzersiz kapasitesine sahip olduğunun en iyi göstergesidir. Kardiyorespiratuvar dayanıklılık kapasitesi veya fiziksel sağlık kriteri olarak yaygın bir şekilde kullanılıp, kabul görmektedir. Gerçekte çoğu sedanter normal yetişkinler ve kardiyopulmoner hastalar VO<sub>2</sub> maksimuma erişmeyi başaramamakta ve bu seviyenin çok altında yorgunluk ve rahatsızlık hissederek testi sonlandırmaktadırlar. Bu değer pik performans veya VO<sub>2</sub> peak olarak kabul görmekte, tahmini VO<sub>2</sub> maksimumun %84'ü bir değer, normal egzersiz kapasitesi için düşük sınır kabul edilmektedir. Azalmış VO<sub>2</sub> max, oksijen dağılımında (kalp, akc, sistemik dolaşım) veya periferik kullanımda (örn: kas) problem olduğunu gösterir. Egzersize azalmış VO<sub>2</sub> max cevabı, aynı zamanda yetersiz eforu da gösterir. Elde edilen VO<sub>2</sub> max'dan yararlanılarak hastaya egzersiz reçetesi verilebilir. İstenilen VO<sub>2</sub> max'daki iş yükünden yararlanılarak, hastaya bu sistemde egzersiz yaptırılabilir. Bu nokta, özellikle kardiyopulmoner rehabilitasyonda çok önemlidir.

##### *b) İstirahattaki Oksijen Tüketimi ve MET Kavramı*

30 yaşındaki, 70 kg ağırlığında bir erkeğin istirahat oksijen tüketimi 250 ml/dk'dır. Vücudun ağırlığından bağımsızdır ve kişiler arasında oran sabittir.

MET (Metabolik Equivalan)

İstirahat halindeki oksijen kullanımı ünitesidir. 1 MET: 3.5 mlO<sub>2</sub>/kg/dk dır. Pratik olarak MET kavramı egzersiz şiddetini, istirahatın katları olarak belirtir.

Bazı aktivitelerin gerektirdiği MET Düzeyleri şunlardır <sup>133</sup>

Yatakta istirahat: 1 MET

Oturma: 1.2-1.6 MET

Masada yazı yazma : 1.9-2.2 MET

Ayakta durma, yüz yıkama ve tıraş olma : 2.5-2.6 MET

Ayakta durma, giyinme ve soyunma : 2.3-3.3 MET

Ağır ev işleri : 3.0-6.0 MET

Yürüme (3 km/sa) : 3.5 MET

Yürüme: (1.5 km/sa) =2.0 MET

Koşma : (8 km/sa) = 8.0 MET

Koşma : (9 km/sa) = 10.0 MET

*c)Miyokardial Oksijen Tüketimi (MO<sub>2</sub>)*

MO<sub>2</sub>, intramiyokardial duvar gerilimi, kontraktilite ve kalp hızı ile tespit edilir. MO<sub>2</sub>'nin invaziv ölçümü, kateterizasyon ile yapılır. Double product veya Rate Pressure Product (RPP) olarak da adlandırılır. Kalp hızı ve sistolik kan basıncı çarpımı ile, kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında noninvaziv bir şekilde de ölçülebilir. RPP, miyokardın perfüzyon ihtiyacının güvenilir bir göstergesidir ve kronik stabil anjinalı hastaların çoğu, aynı PPP'de göğüs ağrısı duymaya eğilimlidir. Egzersizde koroner kan akımı, istirahat değerlerinin 5 kat fazlasına yükselir. Koroner arter hastalığı olanlarda, ağır egzersizde miyokardiumun metabolik ihtiyaçlarını sağlamak için yeterli koroner kan akımı olmayacak, bu da miyokardial iskemi ile sonuçlanacaktır.

*d)Fonksiyonel Aerobik Bozulma (FAİ)*

Bu değer, hastanın egzersiz testinde elde edilen VO<sub>2</sub> max'u ile tahmini VO<sub>2</sub> max'u arasındaki farkın yüzdesidir.

$$\%FAİ = \frac{\text{Prediktif VO}_{2\text{max}} - \text{VO}_{2\text{max}}}{\text{Prediktif VO}_{2\text{max}}} \times 100$$

FAİ'nin normal değeri % 0'dır. Bu, yaşa ve cinse göre tahmin edilen VO<sub>2</sub> max'un %100 olduğunu ve fonksiyonel herhangi bir bozulma olmadığını gösterir. FAİ kavramı, rehabilitasyon programlarının takibinde, özellikle hastaları sık sık değerlendirmede ve bir önceki durumu ile karşılaştırmada yararlıdır.

Kardiyopulmoner egzersiz testini yorumlamaya temel teşkil eden, 4 majör VO<sub>2</sub> ilişkisi vardır. Bunlar VO<sub>2</sub>/güç, O<sub>2</sub> pulse, kalp hızı/VO<sub>2</sub> ve VE/VO<sub>2</sub>'dir. Otomatik

sistemlerde, rutin olarak grafikler şeklinde mevcuttur. Böylece maksimal değerler dışındakiler de (submaksimal cevaplar) değerlendirilebilir.

$VO_2$ /güç, egzersiz için ihtiyaç duyulan metabolik gerekliliği veya başka bir deyimle işi başarmak için gerekli oksijen maliyetini gösterir. Obezitede olduğu gibi, egzersiz için metabolik gereklilik arttığında,  $VO_2$ /güç oranı (WR) grafiği dikleşir. Normalde  $VO_2$ -WR ilişkisi lineerdir. Hipertiroidizm ve kötü egzersiz tekniklerinde de dikleşen  $VO_2$ -WR grafiği görülür.

$VO_2$ -WR ilişkisi normallerle, KOAH'lılar arasında anlamlı farklılık göstermez.  $\Delta VO_2/\Delta WR$  ilişkisi, iş oranındaki artmaya bağlı,  $VO_2$ 'deki relatif artışı gösterir, seks, yaş ve boydan bağımsızdır.  $\Delta VO_2/\Delta WR \sim 10$  ml/dk/watt'dır.

Azalmış  $\Delta VO_2/\Delta WR$ , azalmış  $O_2$  dağılımının teorik göstergesi olmasına rağmen, bilinen kardiyovasküler hastalığı olanlarda, her zaman gözlenmemektedir. Anormal kardiyovasküler cevap örneğini düşündüren diğer ölçümlerde eşlik ettiğinde (düşük  $O_2$  nabızı veya düşük anaerobik eşik), azalmış  $\Delta VO_2/\Delta WR$  kardiyovasküler anormalite tanısı koymada, daha çok yardımcı olmaktadır.

#### e) $O_2$ Nabızı

$O_2$  Nabızı, her kalp atımında, kalbin oksijeni dağıtma kapasitesini gösterir, ( $VO_2/HR$ ) ile hesaplanır ve atım volümü ile arterio-venöz oksijen farkının  $[c(a-v)O_2]$  çarpımına eşittir. Maksimal eforda yaşa, boya, cinse göre tahmin edilen değerlerin %80'inden düşük bir  $O_2$  nabızı anormal olarak değerlendirilir. Bu durum ventriküler dikfonksiyonları da içine alan kardiyovasküler patolojilere, anemi, dishemoglobinemi, karboksihemoglobinemi, kondüsyon bozukluğu, ventilatuar limitasyon ve olası hipoksemiye bağlanmaktadır. İnterstisyel akciğer hastalıklarında da düşük  $O_2$  nabzından bu faktörler sorumlu olabilir.

#### f) Anaerobik Eşik (Anaerobic Thresold-AT)

AT, egzersiz stimulusuna cevapta, kardiyovasküler fonksiyonun yeterliliğini değerlendiren, noninvasiv ölçüm yöntemlerinden biridir. Egzersiz sırasında, anaerobik metabolizmanın, aerobik metabolizmayı desteklemeye başladığı andaki  $VO_2$ , anaerobik eşiktir (AT). AT noktasında sirkülasyon kapasitesi aşılmıştır, anaerobik metabolizma yoluyla sağlanan enerji artar, bu da laktik asidemiyle sonuçlanır. Bir başka deyişle, bir progressif egzersiz dönemi sırasında AT'un meydana gelmesi, aktif adalelere  $O_2$  dağıtımında yetersizliği anlatır.

İnvaziv yöntemlerle kan laktat ve  $\Delta$  standart bikarbonatın direkt ölçümü, AT'u tespit için altın ve gümüş standartlardır. AT'un noninvazif tespitinde V-slope ( $VCO_2/VO_2$ ) veya Dual criteria ( $VE_2/VCO_2-VE/VO_2$ ) metodu yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pratik olarak AT'nin, tahmini  $VO_2$  max değerinin %40 altında olması, patolojik

olarak kabul edilir. Solunum rezervi azalmış KOAH'lı hastalarda, prediktif  $VO_2$ 'nin %40'ından düşük bir AT değeri, birlikte bir kardiyovasküler hastalık olma olasılığını artırır.

KOAH'lı hastalarda AT normal, belirsiz veya düşük olabilir. Orta-ağır KOAH'lı hastaların yalnızca %25-50'sinde, hafif KOAH'luların ise çoğunda AT belirlenebilir. İntertisyel akciğer hastalığı ve sarkoidozda da AT düşüktür.

Kardiyovasküler hastalığı olanlarda (kalp, pulmoner ve sistemik sirkulatuar), dishemoglobinemi, anemi ve karboksihemoglobinemi'de  $VO_2$  ve AT düşüktür.

Kondüsyon bozukluğunda da  $VO_2$  max ve AT düşüktür. Bu durum hafif kardiyak hastalıkla, kondüsyon bozukluğunu ayırmada güçlük yaratmaktadır. Bu hastalıkların bizzat kendisi de kondüsyon bozukluğu yaptığından, problemi iyice büyötmektedir. Bu tip hastalarda AT hem V-slope, hem de direkt yöntemle belirlenmelidir.

#### *g) Kalp Hızı*

Progresif artış gösteren egzersizler sırasında, kardiyak outputtaki artışlar, strok volüm ve kalp hızında artışla birlikte başarılıdır. Yüksek iş yüklerinde, kardiyak outputtaki artışların tümü, yine kalp hızı artımıyla meydana gelir. Kalp hızı ile iş yükü ve  $VO_2$  arasında lineer bir ilişki vardır. 220-yaş  $\pm$  10, egzersiz sırasında ulaşılacak maksimal kalp hızını tahmin ettirir. Kardiyovasküler hastalıklarda, pulmoner vasküler hastalıklarda, hipoksemi, anemi, karboksihemoglobinemi, kondüsyon bozukluğu ve KOAH' ta eğride sola kayma görülür.

#### *h) Kalp Hızı Rezervi (HRR)*

Yaşa göre tahmin edilen kalp hızı ile egzersizde ulaşılabilen maksimum kalp hızı arasındaki fark, kalp hızı rezervidir. Normal olarak maksimum egzersizde ya çok az (< 15 atım/dk) veya hiç kalp hızı rezervi yoktur.

Kardiyovasküler hastalıklarda, egzersize geniş spektrumlu kalp hızı cevabı görüldüğü için, HRR normal veya artmıştır. Respiratuar hastalar, belirgin HRR'e sahiptir. Egzersize katılan ekstremitelerle ilişkili belirgin bir problem olmadan egzersiz sonlandırıldığında, HRR ve solunum rezervi birlikte mevcutsa yetersiz, zayıf efordan şüphelenilebilir.

#### *i) Respiratuar Exchange Ratio <sup>130</sup>*

Aktif dokulardan  $O_2$  kullanımıyla  $CO_2$  meydana gelir ve akciğer yoluyla atılır. Dakikada ekspire edilen  $CO_2$ 'in, aynı zaman aralığında kullanılan  $O_2$ 'e bölünmesi ( $VCO_2/VO_2$ ) Respiratuar Exchange Ratio olarak adlandırılır. Bu hücresel seviyede ölçüldüğünde, Respiratuar Quotient (RQ) olarak da bilinir. R değeri önemli bir respiratuar değişkendir. Örneğin 1.0 değerindeki bir R değeri, enerji elde etmek için karbonhidratların kullanıldığını, 0.70'lik bir R değeri yağların yandığını, bu iki değer arasındaki değerler de,

karbonhidrat ve yağların çeşitli oranlarda metabolize olduğunu gösterir.

R değeri, aynı zamanda egzersiz testini yapana yol gösterebilecek, tükenmeyi gösteren bir rehberdir. Bu değer, pik egzersizde 1.0'dan düşük olduğunda, genellikle yetersiz eforu veya hastanın kötü motivasyonunu işaret eder. 1.0'ı aşan R değeri metabolizma anaerobik süreçlere dayanmaya başladığında görülür ve kişi egzersizi daha fazla devam ettirmek istemez. 1.15-1.20 arası R değeri gerçek  $VO_2$  max'a erişildiğinin göstergesidir. Bununla birlikte bazı akciğer hastaları, 1.0'ın altındaki R değerlerinde de tükenmiş olabilirler.

#### *j) Dakika Ventilasyon (VE)*

Egzersiz sırasında dakika ventilasyon, 6 lt/dk'lık istirahat değerinden 10 lt/dk'ya yükselir. Bu artış, somatik  $O_2$  tüketimi ve  $CO_2$  üretimindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Orta ve yüksek seviyelerdeki egzersizde VE;  $VCO_2$  üretimiyle uyumlu, ama  $VO_2$  tüketimiyle uyumsuz yükselir. Bu olay, pulmoner ventilasyonun, oksijen tüketiminden ziyade,  $CO_2$  atılması ihtiyacıyla düzenlendiğini ve ventilasyonun aerobik kapasiteyi limitleyen bir faktör olmadığını düşündürmektedir.

Respiratuar hastalıklarda  $FEV_1$ 'de bir azalma olur. Bu azalma istirahat maksimal istemli ventilasyonunda (MVV) azalmaya yol açar. MVV, egzersiz sırasındaki maksimum ventilatuar rezervi yaklaşık olarak tayin eder. VE max'daki azalma,  $VO_2$  max ve egzersiz toleransı için, ventilatuar bir limitasyon oluşturur.

KOAH'lı hastalarda  $VE_{max}$ 'un en iyi prodüktörünün MVV olduğu gösterilmesine rağmen, restriktif akciğer hastalıklarında ve normallerde  $VE_{max}$ 'u tahmin etmede, MVV'nin güvenilir olmadığı bulunmuştur.

#### *k) Solunum Rezervi (BR)*

Normal şahıslarda respiratuar faktörler egzersizi sınırlandırmaz, genellikle yeterli BR vardır. BR,  $MVV-VE_{max}$  ya da  $VE_{max}/MVV$  % olarak ifade edilebilmektedir.  $VE_{max}/MVV$  % normal kişilerde yaklaşık %60-70 arasındadır. Wasserman ve arkadaşları normal orta yaşlı sedanter erkeklerde  $VE_{max}/MVV$  % değerlerini  $72 \pm 15$  olarak, Olafsson ve Hyatt %64 olarak rapor etmişlerdir. Atletlerde,  $VE_{max}/MVV$  %100'e yaklaşabilmektedir.

Wasserman ve arkadaşları BR belirteci olarak,  $MVV-VE_{max}$  kullanıldığında, normal kişilerde alt sınırın 11 lt/dk olacağını belirtmektedirler.

Azalmış veya hiç BR olmaması, egzersize ventilatuar limitasyon olduğunu göstermede, sıklıkla kullanılan kriterlerden birisidir. KOAH'lı hastalarda, hastalık şiddeti arttıkça  $VO_2$  max ve BR'ün azaldığı, HRR'ün arttığı gösterilmiştir. Restriktif akciğer

hastalıklarında da BR azalmıştır. Kardiyovasküler hastalıklarda egzersiz, BR mevcut olduğu halde erken kesilir. Hem azalmış BR, hem de HRR var ise, kombine bir hastalık düşünülür.

Nöromusküler hastalıklarda da BR azalmış olabilir. Kondüsyon bozukluğunda ise BR normal olduğu halde, egzersiz erken kesilebilir.

*l) Solunum Sayısı (RR)*

Progressif artan egzersiz sırasında, solunum sayısının üst limiti olarak 60/dk kabul edilmektedir. Egzersiz VE'deki erken artış, başlıca VT'deki (Tidal volüm) yükselmeden kaynaklanır. VT, FVC'nin %50-60'ında sabit kalır. VE'de görülen daha sonraki yükselmeler, solunum sayısındaki artışla meydana gelir.

*m) VE/VCO<sub>2</sub> (Carbondioxide production)*

Bu değer, ölü boşluk ventilasyonunu tahminde ve egzersiz sırasındaki dakika ventilasyonunun etkinliğini ve uyumluluğunu noninvaziv olarak değerlendirmede, ekstrem bir yardımcıdır.

Normallerde maksimal egzersiz sırasında, VE/VCO<sub>2</sub> cevabı başlangıçta istirahat seviyesinin altına düşer, daha sonra kademeli olarak azalarak en düşük noktasına gelir. Pratik amaçlarla, en düşük VE/VCO<sub>2</sub> değeri, yaklaşık olarak AT'deki VE/VCO<sub>2</sub> değeridir. Egzersiz testinde 40'tan büyük bir VE/VCO<sub>2</sub> değeri anormal olarak kabul edilir. Kardiyovasküler ve respiratuar hastalıklarda VE/VCO<sub>2</sub> artmıştır.

*n) VD/VT*

Fizyolojik ölü boşluğun tidal volüme oranıdır. Egzersiz sırasında akciğer içindeki ventilasyon-perfüzyon dengesizliğini değerlendirmeye yarar. VD/VT'deki yükselme, ventilasyon yetersizliğini, sıklıkla ölü boşluk ventilasyonunu gösterir.

Egzersize yükselmiş VD/VT cevabı, tek pulmoner gaz değişim anormalliği olabilir ve bu özellikle, bilinmeyen nedenlerle dispnesi olan hastaların değerlendirilmesinde yardımcı olabilir.

İnkrimental egzersize normal VD/VT cevabında, istirahat değerleri yaklaşık olarak 0,3-0,4'e eşit veya daha azdır. Maksimal veya maksimale yakın egzersizde bu değer 0,19-0,21'e eşit veya daha azdır.

Respiratuar hastalıkta normal ya da artmış istirahat değerleri olabilir. Egzersiz sırasında da VD/VT cevabı normale inemeyebilir hatta artabilir. Kardiyovasküler hastalıklar, obezite ve kondüsyon bozukluğu ise, egzersize normal VD/VT cevabıyla birliktedir.

*P(a-ET) CO<sub>2</sub> (arteriyel CO<sub>2</sub> basıncı-end tidal karbondioksit basıncı)*

İstirahatta hafif pozitif, egzersiz sırasında negatiftir (- 3 veya -4). Pik egzersizde

0'dan büyük olması, ölü boşluğun arttığını ifade eder.

$P(a-A)O_2$  (Alveolo - arteriyel oksijen basıncı),  $PaO_2$  (Parsiyel oksijen basıncı),  $SaO_2$  (Oksijen Saturasyonu)

$P(A-a)O_2$  egzersiz sırasında normal olarak yükselir,  $PaO_2$  ise artabilir, aynı kalabilir veya düşebilir.  $PaO_2$ 'nin 55 mmHg veya daha az olması,  $SaO_2$ 'da %4 veya daha fazla düşme, %88 den daha az  $SaO_2$  klinik olarak anlamlıdır.

Pulmoner vasküler hastalık, intrakardiyak şantlar, anemi, karboksihemoglobinemi ve kondüsyon bozukluğunda, normal egzersiz pulmoner gaz değişimi cevapları görülür. Obezite de ise  $PaO_2$  artabilir,  $P(A-a)O_2$  azalabilir. Kardiyovasküler hastalıkların çoğunda egzersize normal  $P(A-a)O_2$  ve  $PaO_2$  cevapları vardır.

KOAH'lı hastalar ise, istirahatta normallere göre, daha düşük  $PaO_2$  değerine sahiptir. Egzersize  $PaO_2$  cevabı aynı kalması, azalması veya artması şeklindedir. Ağır KOAH'ta  $SaO_2$  egzersizle oldukça fazla azalabilir. Restriktif akciğer hastalığında, istirahatta normal veya azalmış  $PaO_2$  vardır. Egzersizde ise anormal arteriyel desatürasyon ve  $P(A-a)O_2$ 'de artma gözlenir.

#### **B.4.2. Egzersiz Limitasyonu**

Ergospirometrik testte azalmış  $VO_2$  max elde edilen kişilerde, egzersiz limitasyonu 3 majör sebeple olabilir.

1. Kardiyovasküler limitasyon (Kardiyak, pulmoner nedenler ve sistemik sirkulasyona ait bozukluklar) ve hematolojik limitasyon (anemi, COHb).

2. Respiratuar limitasyon (Ventilasyon-perfüzyon bozuklukları)

3. Periferik limitasyon:  $O_2$  kullanımı ve kontraksiyon mekanizmalarını etkileyen nöromusküler sistemle ilişkili hastalıklar.

Testten elde edilen tüm veriler değerlendirilerek limitasyon nedeni hakkında bir yorum yapılabilir.

***Kardiyopulmoner Egzersiz Testi Sırasında Oluşabilecek Kardiyovasküler ve Metabolik Anormallikler***

1. EKG anormallikleri

ST depresyonu

Aritmiler

2. Göğüs ağrısı

3. Anormal kan basıncı cevapları

4. Düşük VO<sub>2</sub> max
  5. Düşük oksijen nabızı
  6. Düşük anaerobik eşik < %40 Tahmini VO<sub>2</sub> max
  7. Düşük  $\Delta VO_2/\Delta WR$
  8. Kap hızı cevapları
- HRR; normal, azalmış veya artmış (kronotropik disfonksiyon)

### ***Respiratuar Anormallikler***

1. Azalmış BR
  2. Anormal solunum patternleri
- f, VT, VT/VC
- Anormal akım volüm eğrisi
3. Yetersiz ventilasyon (anormal VE/VCO<sub>2</sub>)
  4. Solunum kontrolü (PaCO<sub>2</sub>, pH)
  5. Gaz değişim anormallikleri
- Hipoksemi : PaO<sub>2</sub>; P(A-a)O<sub>2</sub>
- Arteriyel desatürasyon
- Artmış ölü boşluk ventilasyonu: VD/VT, P(a-ET) CO<sub>2</sub>

## **C. HASTALAR VE YÖNTEM**

Bu çalışmaya, Ankara Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Ocak 2005 ile Ağustos 2005 tarihleri arasında travmatik spinal kord yaralanması nedeniyle yatarak rehabilitasyon programına alınan 26 hasta alındı. Hastalara, uygulanacak egzersiz programı ve yapılacak tetkikler hakkında bilgi verildi, onayları alındı.

Çalışmaya travma dışı nedenlerle spinal kord hasarı gelişen hastalar, oturma dengesi gelişmemiş ve ciddi dizabilitesi olanlar, oturmaya ve aktif çalışmaya engel basınç yarası olanlar, travma nedeniyle beyin hasarı olanlar, nonvertebral unstabil veya komplike fraktürü olanlar, kooperasyon kurulamayan hastalar, akut dönemde derin ven trombozu olan hastalar, öyküden bilinen , klinik ve radyolojik muayene ile saptanmış bir akciğer hastalığı ve göğüs deformitesi olanlar, regüle edilmemiş hipertansiyonu olanlar, akut perikardit, endokardit geçirenler, akut pulmoner emboli veya enfarktüs geçirenler, aktif unstabil anjinası ve kalp yetmezliği olanlar, ciddi kardiak aritmileri, aort stenozu ve sol ventrikül disfonksiyonu olanlar, serebral anevrizması olanlar, akut veya ciddi non-kardiyak hastalığı olanlar, ciddi psikiyatrik hastalığı olanlar dahil edilmedi.

Hastaların yaş ve cinsiyetleri, boy ve kiloları, eğitim durumları, Vücut kitle indeksi (BMI) (vücut ağırlığı(kg)/ boy(m)<sup>2</sup> formülü ile hesaplandı.), spinal kord yaralanmasının etiyolojik faktörleri, operasyon varlığı, yaralanmanın tarihi, duyu ve kemik lezyon seviyeleri, travmadan operasyona kadar geçen süre, hastalık yaşları, sistemik hastalıkları, kullandıkları ilaçlar, sigara içip içmedikleri ve ASIA skalası, EKG'leri ve PA akciğer grafileri kaydedildi. Hastaların nörolojik, kardiyovasküler ve solunum sistemi muayeneleri ayrıntılı olarak yapıldı.

Tüm hastalara çalışmanın başlangıcında ve bitiminde fonksiyonel bağımsızlık ölçeği (FIM) uygulandı. Olekranon 10 cm proksimalinden üst kol çevresi, umblikus seviyesinden bel çevresi ve trokanter major seviyesinden kalça çevresi ölçümleri giriş ve çalışmanın sonunda yapıldı. Rutin kan tetkikleri (Sedim, CRP, WBC, Hgb, glukoz, üre, kreatinin, Na, K, Cl, Ca, P, total bilirubin, direkt bilirubin, total protein, albumin, ALT, AST, GGT, LDH, ALP, amilaz) yanında trigliserit, total kolesterol, LDL, HDL, VLDL değerleri kaydedildi. Borg's 10 Points Scale, Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), Personal Quality of Life Profile (PQLP) değerlendirmeleri bir test formatında hazırlandı, tüm hastalardan tedavi öncesi ve sonrasında bu formu doldurmaları istendi ve değerler kaydedildi.

Çalışmaya "American Spinal Injury Association Standards for Neurological Classification" a göre nörolojik seviyeleri T5-L4 arasında olan 26 paraplejik hasta alındı. Hastalar 13'er kişiden oluşan iki gruba ayrıldı. Çalışmaya katılan spinal kord yaralanmalı hastaların demografik ve hastalık özellikleri Tablo 4'de gösterilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında ve bitiminde tüm hastaların her iki dirsek fleksör ve ekstansör kaslarının konsantrik kas kuvvetinin izokinetik analizi bilgisayarlı izokinetik dinamometre (Biodex Corp, Shirley, New York) ile yapıldı. Biodex Advantage Software işlem klavuzu (versiyon 3,2) kullanıldı. İncelemelerden önce cihaza her açılışında kalibrasyon uygulandı.

Test edilecek hastalar test koltuğuna oturtuldu, koltuğun arka desteği 90°'ye ayarlandı ve hastanın sırtını arkalığa yaslaması sağlandı. Koltuk ve dinamometre arasında 90° açı vardı. Pelvik ve gövde bantları kullanılarak gövde stabilizasyonu sağlandı. Omuz ile dirsek arasına kol desteği yerleştirildi ve bant ile üst kol stabilizasyonu sağlandı. Dinamometre 30° rotasyon pozisyonuna getirildi. Dinamometrenin aksı dirsek ile aynı seviyede olacak şekilde yükseltildi. Denekler nötral pozisyonda (ön kol supinasyon-pronasyon orta noktasında) tutamacı kavradı. Hareket açıklığı her iki taraf için ayrı ayrı belirlendi, gövde rotasyonu olmaksızın maksimum ağırdan bağımsız eklem hareket açıklığı belirlendi.

**Tablo 4: Çalışmaya katılan hastalara ait demografik bilgiler**

		Yaş(yıl)	Cinsiyet	Boy(cm)	Kilo(kg)	Hastalık süresi(gün)	Seviye	ASIA-Frankel
<b>Egzersiz Grubu</b>	1	33	E	157	50	832	T11	C
	2	38	E	165	60	369	T7	A
	3	27	E	170	70	78	T11	A
	4	24	E	182	62	151	L4	Cauda Eq.
	5	34	K	162	54	202	T5	A
	6	21	E	160	50	73	T12	A
	7	17	E	172	58	183	T7	A
	8	24	K	168	62	92	L1	C
	9	27	E	167	62	187	T8	A
	10	29	E	184	84	874	L1	C
	11	26	E	176	65	71	T6	A
	12	50	E	167	65	133	T5	A
	13	35	E	172	77	1665	T10	A
<b>Kontrol Grubu</b>	1	20	E	165	62	215	T11	A
	2	16	E	175	60	234	T11	C
	3	46	E	167	79	84	L4	Cauda Eq.
	4	48	K	162	65	1621	T9	A
	5	22	E	170	67	731	T9	A
	6	31	E	178	70	73	T10	A
	7	52	E	169	72	54	T10	A
	8	20	E	170	60	462	T8	A
	9	31	E	180	71	986	T11	A
	10	25	K	167	65	595	L1	A
	11	26	E	180	60	236	L1	C
	12	43	E	178	95	208	T12	B
	13	35	E	170	60	46	T7	A

Test başlamadan önce hasta ve kontrollere testle ilgili standart bilgiler verildi. Egzersiz ve kontrol grubundaki hastaların bütün test ölçümleri aynı fiziyatrist tarafından yapıldı.

Testler 60°/saniye (sn) ve 180°/sn açısal hızlarda yapıldı. Egzersiz ve kontrol grubunun her ikisinde de izokinetik cihazla önce 60°/sn açısal hızda, daha sonra 180°/sn

açısal hızda dirsek fleksör ve ekstansörlerinin izokinetik değerlendirmesi yapıldı. Her iki hızda da önce iki tekrardan oluşan deneme yapıldı. Denemeler sırasında maksimal efor sarf etmemeleri söylendi. Sonra maksimal efor kullanmaları söylenerek 60°/sn hızda 5 tekrar, 10 sn. istirahatin ardından 180°/sn hızda 5 tekrar yaptırıldı. Yaklaşık beş dakika istirahatten sonra diğer üst ekstremitede aynı işlem tekrarlandı.

Tüm hastalara tedavi öncesi ve sonrası uygulanan izokinetik testte, dirsek fleksiyon ve ekstansiyona ait 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlardaki Peak tork (PT), Peak tork/Body Weight (PT/BW), Work(Total)/Body Weight (W/BW) parametreleri kaydedildi.

Tüm hastalara tedavi öncesi ve sonrası kardiyopulmoner egzersiz testi uygulandı. Hastaların kardiyopulmoner egzersiz testi çekimi öncesi testten önceki 3 saat boyunca hiçbir şey yememeleri, kafeinli içecekler ve sigara içmemeleri ve uygun giysiler giymeleri sağlandı. Önce, oturur pozisyonda spirometrik olarak solunum fonksiyon testleri değerlendirildi. Ölçümler üç kez tekrarlandı ve en yüksek ölçüm değerlendirmeye alındı, kan basınçları ölçüldü, istirahat EKG' leri çekildi. Hastalar test çekiminin nasıl yapılacağı ve teste daha fazla devam edemeyecek duruma geldiklerinde, araştırmacılara nasıl haber verecekleri konusunda bilgilendirildi.

Hastaların derileri alkolle silindi. EKG kaydı sırasında rahat hareket edebilmeleri için, kol ve bacak elektrotları subklavikular bölgeye ve umblicus altına çift taraflı olarak yerleştirildi. Göğüs derivasyonları ise V<sub>1</sub> sağda sternum yanında 4. interkostal aralığa, V<sub>2</sub> solda sternum yanında 4. interkostal aralığa, V<sub>3</sub>, V<sub>2</sub> ile V<sub>4</sub> arasına, V<sub>4</sub> midklavikular hatta 5. interkostal aralığa, V<sub>5</sub> anterior aksiller çizgide 5. interkostal aralığa ve V<sub>6</sub> midaksiller çizgi hattında 5. interkostal aralığa yerleştirildi.

Kardiyopulmoner egzersiz testi için, progresif olarak rezistansın arttığı, elektronik fren sistemine sahip, bir kol ergometresinin bağlı olduğu, egzersiz sırasında çıkan gazları toplayıp analiz edebilen, EKG ve vital bulguların monitorize edildiği, bilgisayarlı bir sistem kullanıldı (Sensor Medix Vmax 29).

Bir maske, iki yönlü solunum valvi, yuvarlak bir spirometre, bir O<sub>2</sub> ve Co<sub>2</sub> analizöründen oluşan sistem, her testten önce, bilinen gaz konsantrasyonları ve hacmine göre kalibre edildi. Oksijen saturasyonu kulak memesine takılan bir oksijen fotometresi (Sat-Trak Pulse Oximeter) ile ölçüldü. Çıkan gazlar her 20 saniyede bir analiz edildi ve oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>), karbondioksit üretimi(VCO<sub>2</sub>), respiratory exchange ratio (RQ), dakika ventilasyon (VE), oksijen saturasyonu (SpO<sub>2</sub> = SaO<sub>2</sub> ), kalp hızı (HR), işgücü seviyesi (watt) ve EKG cihazdan test boyunca izlendi.

Pogram oksijen seviyesinin sabit tüketimini belirlemek amacıyla, 3 dakikalık

dinlenme süreciyle başladı. Sonrasında 3 dakikalık dirençsiz kol çarkı çevirmeyi takiben (ısınma periyodu) 5 watt ile başlayan ve her 3 dakikada bir 5 watt'lık artışla devam eden bir yüke karşı inkremental kol çarkı çevirme süreci ile devam etti. Kol çarkı çevirme hızı metronom ile takip edilerek, 50 rpm' de tutulması sağlandı. Her 3 dakikada bir, bir sonraki basamağa geçmeden önce kan basıncı kontrolü yapıldı.

Hasta devam edemeyecek kadar yorulduğunda, göğüs ağrısı veya herhangi bir kardiyovasküler semptom geliştiğinde, ciddi dispne, egzersize fizyolojik cevap sınırının dışında bir kan basıncı değişikliği ve EKG moniterizasyonunda patolojik değişiklikler görüldüğünde, test sonlandırıldı. EKG ve kan basıncı, egzersiz sonrası baseline düzeye gelinceye kadar takip edildi.

26 hasta randomize olarak 13'er kişiden oluşan iki gruba ayrıldı. Egzersiz grubuna konvansiyonel rehabilitasyon tekniklerine ek olarak 6 hafta süreli mekanik egzersiz istasyonunda üst ekstremitte izotonik kuvvetlendirme egzersizleri uygulandı.

Uygulanan sabit tekrarlı istasyon çalışmasında dirsek fleksör ,ekstansörleri, omuz fleksör, ekstansör, abduktor, adduktorları, pektoral kaslar ve latissimus dorsi kaslarının kuvvetlendirilmesine yönelik 8 ayrı cihazda egzersizler yaptırıldı(Jimsa Fitness Line™). Hastalara DeLorme'nin güçlendirme programı uygulandı. Bu program dahilinde ilk gün önce her kas grubu için 10 defa kaldırılabilen maksimal ağırlık (10 repetition maksimum=10RM) saptandı. Daha sonra, hastaların haftada 5 gün ve günde tek seans olmak üzere, her seansta 10 RM için saptanan ağırlığın sırasıyla %50'si, %75'i ve %100'ü ile 3 set halinde 10'ar tekrar yapmaları sağlandı. Her kas grubu için set tekrarları arasında en fazla 1 dakika kadar dinlenmeleri sağlandı. 5. gün sonunda 2 gün istirahat ettirildi. İkinci hafta da aynı ağırlıklar ile çalışmaya devam edildi. 3. ve 5. haftaların ilk günlerinde her kas grubu için 10RPM yeniden belirlenerek 6 hafta tamamlandı. Ölçülen 10RPM değerleri ve değişiklikler kaydedildi. Bu program dışında hastaların konvansiyonel rehabilitasyon programına devam edildi.

Kontrol grubuna alınan 13 hasta ise bu 6 haftalık sürede yalnızca konvansiyonel rehabilitasyon programına devam etti.

Çalışmanın verileri "SPSS for Windows version 10.0" programında bağımsız gruplar için t testi, eşleştirilmiş örneklem için t testi, ki-kare testi kullanılarak değerlendirildi.

## D. BULGULAR

### Egzersiz ve kontrol grubu özellikleri

Egzersiz grubu yaş ortalaması (29,62±8,51), Hastalık süresi (377,69±472,99) ve kontrol grubu yaş ortalaması (31,92±11,95) ve lezyon yaşı (426,54±461,33) aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p=0,880$ ,  $p=0,614$ ). Aynı şekilde egzersiz grubunun boy (169,38±7,95), Kilo (63,00±9,79), vücut kitle indeksleri (21,8700±2,2212) ile kontrol grubunun boy (171,62±5,97), Kilo (68,15±9,96), vücut kitle indeksleri (BMI) (23,1677±3,2751) arasında anlamlı fark saptanmadı. ( $p=0,448$ ,  $p=0,204$ ,  $p=0,362$ ). Lezyon seviyesi T5-T10 arasında olanlar (T5 ve T10 dahil) üst lezyon seviyeli grup ve T11-L4 arasında olanlar (T11 ve L4 dahil) (alt lezyon seviyeli grup) olarak belirlendi ve bu iki gruba ait hasta sayıları açısından egzersiz ve kontrol grubu aynı idi. (Tablo 5)

**Tablo 5:** Hastaların Demografik Özellikleri

	<b>Egzersiz Grubu</b>	<b>Kontrol Grubu</b>	<i>p değeri</i>
<b>Hasta sayısı</b>	13 ( E / K : 11 / 2 )	13 ( E / K : 11 / 2 )	
<b>Yaş(yıl)</b>	29,62±8,51	31,92±11,95	0,880
<b>Hastalık Süresi(gün)</b>	377,69±472,99	426,54±461,33	0,614
<b>Boy(cm)</b>	169,38±7,95	171,62±5,97	0,448
<b>Kilo(Kg)</b>	63,00±9,79	68,15±9,96	0,204
<b>BMI(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	21,8700±2,2212	23,1677±3,2751	0,362
<b>Komplet/İnkomplet</b>	9/4	9/4	
<b>Seviye</b>	<b>T5-T10</b>	7	7
	<b>T10-L4</b>	6	6
<b>Etiyoloji</b>	<b>Travmatik</b>	10	12
	<b>Ateşli Silah Yaralanması</b>	3	1

\* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı

### Rutin kan tetkikleri ve lipit profili sonuçları

Egzersiz grubunda tedavi öncesi sonrası değerler karşılaştırıldığında sedimentasyon hızı, CRP, WBC, hemoglobin, TAG, HDL, LDL, VLDL açısından anlamlı fark saptanmazken sadece WBC deki azalma anlamlılık sınırına yakın bulundu. ( $p=0,059$ ) Total kolesterol değerinde ise negatif yönde istatistiksel anlamlı fark saptandı. ( $p=0,013$ ) Kontrol grubunda ise tedavi öncesi ve sonrasında WBC de azalma ve HDL'de artış anlamlılık sınırına yaklaşıp da anlamlılık kazanamadı. ( $p=0,054$   $p=0,057$ ) Sedimentasyon hızı, CRP, hemoglobin, TAG, LDL, VLDL ve Total kolesterol değerlerinde anlamlı fark saptanmadı. (Tablo 6)

**Tablo 6:** Hastaların laboratuvar değerlerine ait tedavi öncesi ve sonrası ortalamalar

		<b>Tedavi Öncesi</b>	<b>Tedavi Sonrası</b>	<b><i>p değeri</i></b>
<b>Egzersiz Grubu</b>	<b>Sedim</b>	20,3846±11,9690	16,2308±8,3582	0,285
	<b>CRP</b>	1,6631±4,1742	0,6946±1,0120	0,552
	<b>WBC</b>	6692,31±1029,13	6161,54±1464,89	0,059
	<b>Hgb</b>	13,4231±1,5659	13,3769±1,2384	0,861
	<b>Total Kolest.</b>	158,62±31,49	147,23±31,16	<b>0,013*</b>
	<b>TAG</b>	138,08±43,73	135,54±80,85	0,382
	<b>HDL</b>	40,38±3,91	40,92±4,73	0,582
	<b>LDL</b>	89,85±29,37	82,31±27,38	0,208
	<b>VLDL</b>	27,85±8,87	27,00±16,10	0,310
	<b>Total Kol/HDL</b>	3,93±0,67	3,68±0,99	0,221
<b>Kontrol Grubu</b>	<b>Sedim</b>	25,3077±21,3361	15,0769±9,9202	0,108
	<b>CRP</b>	1,0033±0,9716	1,0908±1,4140	0,382
	<b>WBC</b>	6892,31±1510,22	5969,23±1650,95	0,054
	<b>Hgb</b>	13,3692±1,3762	13,1462±1,4666	0,610
	<b>Total Kolest.</b>	148,69±37,49	149,08±35,29	0,600
	<b>TAG</b>	127,00±43,67	125,23±40,95	0,650
	<b>HDL</b>	40,31±9,64	42,23±10,72	0,057
	<b>LDL</b>	83,92±28,00	81,69±32,93	0,552
	<b>VLDL</b>	24,92±8,00	24,92±7,53	0,806
	<b>Total Kol/HDL</b>	3,73±0,73	3,62±0,79	0,422

\* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı

Giriş-Çıkış arasındaki farklar göz önüne alınarak egzersiz grubu ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise yine sadece total kolesterol ve HDL değerinde negatif yönde istatistiksel anlamlı fark saptandı. (p=0,022, p=0,014) Giriş ve çıkış antropometrik ölçüm farkları göz önüne alınarak egzersiz grubu ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise egzersiz grubunda üst kol çevre farkındaki artış istatistiksel olarak anlamlı saptanırken (p=0,029); bel ve kalça çevrelerinde tedavi öncesi ve sonrası anlamlı fark oluşmadı. (Tablo 7)

**Tablo 7:** Egzersiz ve kontrol grubu hastaların laboratuvar değerlerine ait farkların(çıkış-giriş) ortalamaları

	<b>Egzersiz Grubu</b>	<b>Kontrol Grubu</b>	<b>p değeri</b>
<b>Sedim</b>	-4,1538±10,4710	-10,2308±17,6925	0,448
<b>CRP</b>	-,9685±4,3504	0,087±1,6321	0,390
<b>WBC</b>	-530,7692±1788,5677	-923,0769±1634,0919	1,000
<b>Hgb</b>	-0,046±1,0898	-0,2231±0,7981	0,880
<b>Total Kolest.</b>	-11,3846±13,2824	0,3846±19,3414	<b>0,022 *</b>
<b>TAG</b>	-2,5385±78,1138	-1,7692±34,2884	0,614
<b>HDL</b>	-2,0769±3,3282	1,9231±3,4752	<b>0,014 *</b>
<b>LDL</b>	-7,5385±21,7624	-2,2308±15,8385	0,724
<b>VLDL</b>	-,8462±15,3126	4,44±7,3824	0,511
<b>Total Kol/HDL(% artış)</b>	-7,02±15,74	-2,53±12,50	0,762
<b>Çevre Farkı (cm)</b>	<b>Triseps</b>	0,636±0,544	<b>0,029 *</b>
	<b>Bel</b>	0,545±1,249	0,687
	<b>Kalça</b>	0,455±0,628	0,579
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı			

### **Günlük yaşam aktiviteleri, psikolojik ve hayat kalitesine ait test sonuçları**

Hem egzersiz hem de kontrol grubunda tedavi öncesi ve sonrası FIM skoru artışları istatistiksel olarak anlamlı bulundu( $p=0,001$ ,  $p=0,002$ ). FIM skorundaki artış farkları göz önüne alındığında ise hasta ve kontrol grubu arasında fark saptanmadı( $p=0,311$ ).

Benzer şekilde egzersiz ve kontrol grubunda tedavi öncesi ve sonrası Borg's 10 Point skoru artışları istatistiksel olarak anlamlı bulundu( $p=0,011$ ,  $p=0,006$ ).

Egzersiz grubunda HADS anksiyete ve depresyon skorlarında anlamlı düşüş saptanamazken ( $p=0,482$ ,  $p=0,538$ ), kontrol grubundaki düşüşler istatistiksel olarak anlamlı bulundu( $p=0,003$ ,  $p=0,10$ ).

Hem egzersiz hem de kontrol grubunda tedavi öncesi ve sonrası PQOL skoru artışları istatistiksel olarak anlamlı bulundu. ( $p=0,016$ ,  $p=0,046$ ). (Tablo 8)

**Tablo 8:** Hastaların tedavi öncesi ve sonrası FIM, Borg's 10 Point, HADS ve PQLP değerlendirme skalalarına ait ortalamalar

		Tedavi Öncesi	Tedavi Sonrası	<i>p değeri</i>
<b>Egzersiz Grubu</b>	<b>FIM Skoru</b>	89,23±13,22	103,62±12,80	<b>0,001 *</b>
	<b>Borg'10 Point</b>	3,64±1,31	5,27±1,48	<b>0,011 *</b>
	<b>HADS (Anksiyete)</b>	5,18±3,39	5,09±2,75	0,482
	<b>HADS (Depresyon)</b>	7,27±2,80	6,91±3,82	0,538
	<b>PQOL</b>	62,45±85,31	105,09±89,22	<b>0,016 *</b>
<b>Kontrol Grubu</b>	<b>FIM Skoru</b>	85,46±7,34	96,62±8,69	<b>0,002 *</b>
	<b>Borg'10 Point</b>	3,83±0,80	5,09±1,26	<b>0,006 *</b>
	<b>HADS (Anksiyete)</b>	6,09±3,28	4,18±2,37	<b>0,003 *</b>
	<b>HADS (Depresyon)</b>	6,09±3,17	4,64±2,35	<b>0,010 *</b>
	<b>PQOL</b>	111,82±91,76	133,55±99,42	<b>0,046 *</b>
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı				

Borg's 10 Point skorundaki artış farkları göz önüne alındığında ise egzersiz ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. (p=0,762) Egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında HADS skorlarındaki düşüş farkları anlamlı değildi.(p=0,264, p=0,362). PQOL skorundaki artış farkları göz önüne alındığında ise egzersiz ve kontrol grubu arasında anlamlı fark saptanmadı.(p=,287) (Tablo 9)

**Tablo 9:** Spinal Kord Yaralanmalı Hastaların egzersiz ve kontrol grubu değerlendirme skalaları fark ortalamaları

	<b>Egzersiz Grubu</b>	<b>Kontrol Grubu</b>	<i>p değeri</i>
<b>FIM Skoru</b>	14,363±9,140	11,181±10,040	0,311
<b>Borg'10 Point</b>	1,6364±1,6967	1,2576±1,1623	0,762
<b>HADS (Anksiyete)</b>	-0,090±3,8178	-1,9091±1,2553	0,264
<b>HADS (Depresyon)</b>	-,3636±3,1164	-1,4545±1,8423	0,362
<b>PQOL</b>	42,6364±63,1998	21,7273±36,3022	0,287
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı			

### Kardiyopulmoner egzersiz testi (Ergospirometrik test) sonuçları

Egzersiz grubunda tedavi öncesinde ve sonrasında yapılan Ergospirometrik testte 8'er hastanın anaerobik eşiği (AT) aştığı görüldü. Hem tedavi öncesinde hemde tedavi sonrasında AT sınırını aşabilen hasta sayısı ise 5'ti. Kontrol grubunda tedavi öncesi yapılan testte 13 hastadan 8'i AT sınırını aşabilirken tedavi sonrasında AT sınırını aşabilen hasta sayısı 9'du. Kontrol grubunda hem tedavi öncesi hem de tedavi sonrasında AT sınırını aşabilen hasta sayısı 7 idi. (Tablo 10)

Egzersiz grubunda tedavi öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında ortalama peakVO<sub>2</sub>'de %11,5 artış saptandı ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı idi(p=0,020). Benzer şekilde workload da %25,8 artış oldu ve istatistiksel olarak anlamlı bulundu(p=0,102). Egzersiz testi sırasında ölçülen maksimal kalp tepe atımında(HR) ise tedavi öncesi değerlerle karşılaştırıldığında yaklaşık 6 atım/dakikalık azalma istatistiksel olarak anlamlıydı(p=0,010). Sistolik ve diastolik kan basınçlarında, Kalp hızı rezervi(HRR), dakika ventilasyonu(VE<sub>max</sub>) , respiratory Exchange Ratio(RQ), O<sub>2</sub> Saturasyonu(SpO<sub>2</sub>) açısından istatistiksel anlamlı fark saptanmadı.

**Tablo 10:** Egzersiz Grubu Tedavi Öncesi ve Sonrası Ergospirometrik test parametrelerine ait ortalamalar

		Tedavi Öncesi	Tedavi Sonrası	<i>p değeri</i>
Egzersiz Grubu	AT(+/-)	8/5	8/5	
	peakVO <sub>2</sub>	0,7249±0,2644	0,8085±0,2840	<b>0,020 *</b>
	VCO <sub>2</sub>	0,77833±0,40200	0,76273±0,25171	0,530
	Workload	36,75±10,82	46,244±10,12	<b>0,012 *</b>
	Kalp Hızı	142,77±15,26	136,3±14,4	<b>0,010 *</b>
	Sistolik KB	132,92±20,66	129,09±19,77	0,151
	Diastolik KB	82,08±10,50	81,36±11,20	0,888
	HRR	28,83±21,14	20,60±12,60	0,248
	VE <sub>max</sub>	41,342±15,804	38,682±10,573	0,875
	RQ	1,0375±0,0778	1,0009±0,094	0,182
	SpO <sub>2</sub>	84,17±9,25	83,67±9,08	0,875
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı				

Kontrol grubunda ise peakVO<sub>2</sub>, workload, kalp tepe atımı dahil hiçbir parametrede tedavi öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark saptanamadı. (Tablo 11)

Tedavi sonrasında egzersiz grubunda anlamlı farkların görüldüğü VO<sub>2</sub>, Workload, kalp tepe atım hızları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görüldü.. (Tablo 12)

**Tablo 11:** Kontrol grubu tedavi öncesi ve sonrası ergospirometrik test parametrelerine ait ortalamalar

Kontrol Grubu	AT(+/-)	8/5	9/4	
	VO <sub>2</sub> peak	0,78627±0,29256	0,84750±0,34240	0,221
	VCO <sub>2</sub>	0,85464±0,35597	0,91320±0,40810	0,421
	Workload	28,73±8,26	35,50±15,13	0,173
	Kalp Hızı	135,2±18,9	136,5±19,5	0,418
	Sistolik KB	142,69±22,04	136,15±7,40	0,365
	Diastolik KB	94,55±27,19	87,69±8,32	0,159
	HRR	33,73±17,66	28,00±13,81	0,350
	VE max	432,082±1172,970	40,870±13,406	0,158
	RR	31,91±9,57	33,60±8,18	0,248
	RQ	1,0918±0,09424	1,0430±0,1159	0,279
	SpO <sub>2</sub>	82,36±10,43	86,40±6,02	0,345
	* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı			

**Tablo 12:** Egzersiz ve kontrol grubu Kardiyopulmoner parametreler fark ortalamaları

	Egzersiz Grubu	Kontrol Grubu	<i>p değeri</i>
VO <sub>2</sub> peak	%28,64±52,01	%6,76±34,25	0,204
VCO <sub>2</sub>	%19,6±63,49	%7,32±38,29	1,000
Workload	%18,74±48,19	%34,62±67,66	0,687
Kalp Hızı	%114,93±135,38	%60,2±146,83	0,169
Sistolik KB	%-2,7±6,76	%-3,32±10,73	0,801
Diastolik KB	%-0,57±9,53	%-4,31±12,43	0,418
HRR	%-7,02±44,22	%41,7±159,47	1,000
VE max	%0,78±29,56	%-7,41±23,4	0,311
RR	%-3,04±35,37	%8,99±21,73	0,448
RQ	%-3,25±9,51	%-3,86±12,99	0,762
SpO <sub>2</sub>	%1,38±22,45	%6,94±18,91	0,390
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı			

### İzokinetik kas kuvveti ölçüm sonuçları

Bu bulgulara paralel olarak egzersiz grubunda Peak Torque/Body Weight değerleri tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında sol üst ekstremite dirsek ekstansiyonunun 180° açılma hızındaki artış

anlamsız bulunurken bunun dışındaki tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu görüldü. (Tablo 13)

**Tablo 13:** Hasta Grubu Tedavi Öncesi ve Sonrası İzokinetik parametreler

					Tedavi Öncesi	Tedavi Sonrası	<i>p değeri</i>
<b>Egzersiziz Grubu</b>	<b>W/BW</b>	<b>Sol</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	71,8714±18,1628	65,2143±34,5236	0,097
				<b>Fleks.</b>	43,7429±6,9385	61,3286±17,7399	0,001 *
			<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	97,0000±28,5172	121,8143±28,6378	0,002 *
				<b>Fleks.</b>	59,4857±14,0178	107,7429±32,6980	0,001 *
		<b>Sağ</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	54,9429±16,7210	74,3429±26,8987	0,002 *
				<b>Fleks.</b>	39,4571±9,4398	54,0857±12,0827	0,001 *
			<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	92,7714±27,7511	115,6571±29,0896	0,002 *
				<b>Fleks.</b>	73,9000±14,6701	108,0857±42,5402	0,001 *
	<b>PT/BW</b>	<b>Sol</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	44,886±11,423	45,357±14,212	0,698
				<b>Fleks.</b>	30,729±4,449	40,400±8,434	0,001 *
			<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	60,200±16,735	73,357±14,283	0,003 *
				<b>Fleks.</b>	38,900±6,930	61,629±13,402	0,001 *
		<b>Sağ</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	36,343±9,055	47,314±14,117	0,003 *
				<b>Fleks.</b>	34,000±8,841	42,843±3,782	0,003 *
			<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	55,257±15,644	73,886±15,322	0,001 *
				<b>Fleks.</b>	45,386±6,479	58,400±9,215	0,002 *
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı							
PT:Peak Tork , W/BW: Work/Body Weight , PT/BW: Pek Tork/Body Weight							

Kontrol grubunda ise sadece sol üst ekstremitte dirsek fleksör kuvvetinde 60° açısal hızında istatistiksel olarak anlamlı bulundu.(p=0,025). Diğer testlerde ise istatistiksel olarak anlamlılık kazanmayan ve daha çok azalmanın olduğu görüldü. (Tablo 14)

Benzer şekilde Egzersiz grubunda Work/Body Weight değerleri tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonunun 180° açısal hızındaki artış anlamsız bulunurken bunun dışındaki tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu görüldü. (Tablo 13) Kontrol grubunda ise sağ üst ekstremitte 60° açısal hızında dirsek fleksör, ekstansör ve 180° açısal hızında fleksörlere ait kuvvet artışı istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Diğer testlerde saptanan sonuçlar ise istatistiksel olarak anlamlılık kazanmadı. (Tablo 14)

**Tablo 14:** Kontrol Grubu Tedavi Öncesi ve Sonrası İzokinetik parametreler

Kontrol Grubu	W/BW	Sol	180°/sn	Ekst.	62,4800±19,2058	75,3200±28,8758	0,086
				Fleks.	44,8300±14,0764	49,2200±15,4849	0,278
Kontrol Grubu	W/BW	Sol	60°/sn	Ekst.	94,7800±24,2164	107,0600±32,8383	0,196
				Fleks.	68,7700±22,2115	68,1900±17,9228	0,807
		Sağ	180°/sn	Ekst.	60,8100±24,4393	69,2000±32,7534	0,074
				Fleks.	36,3400±13,0242	43,4600±7,1629	<b>0,039 *</b>
		60°/sn	Ekst.	97,4000±28,8907	107,1300±28,2849	<b>0,039 *</b>	
			Fleks.	62,5900±21,7776	77,2800±16,5073	<b>0,019 *</b>	
	PT/BW	Sol	180°/sn	Ekst.	48,220±10,835	46,450±13,511	0,649
				Fleks.	39,020±9,792	34,840±7,099	0,221
			60°/sn	Ekst.	69,950±17,013	68,560±18,399	0,363
		Fleks.		55,760±12,381	48,080±8,935	<b>0,025 *</b>	
		Sağ	180°/sn	Ekst.	45,050±13,912	46,340±21,130	0,345
				Fleks.	33,480±8,509	32,860±4,794	0,552
60°/sn	Ekst.		68,560±14,730	70,600±22,786	0,700		
	Fleks.	45,350±11,534	50,520±12,479	0,132			
* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı							
PT:Peak Tork , W/BW: Work/Body Weight , PT/BW: Pek Tork/Body Weight							

Tedavi öncesi ve sonrasında elde edilen sağ ve sol üst ekstremitte dirsek fleksör ve ekstansörlerinin 60°/s ve 180°/s açısız hızlarına ait Peak Tork değerlerindeki değişimlere ait yüzde değerleri Biodex Advantage Software (versiyon 3,2) programından alındı. Egzersiz ve kontrol grupları karşılaştırıldığında sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonunun 180°/s açısız hızındaki artış yüzdesi dışında tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artışlar saptandı. (Tablo 15)

Tedavi öncesi ve sonrası oluşan değerlerin değişim yüzdeleri kullanarak yapılan analizle egzersiz ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise hem Peak Tork hem de Peak Tork/Body Weight değerlerinde sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonu 180°/s açısız hızındaki sonucu dışındaki tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu görüldü. Egzersiz ve kontrol grubu Work/Body Weight değerleri açısından karşılaştırıldığında ise sağ üst ekstremitte dirsek 60° açısız hızında fleksiyon kas kuvvetindeki fark anlamsız bulundu. Benzer şekilde 180°/s açısız hızındaki fleksiyon ve ekstansiyon kuvvetleri anlamlılık sınırına yaklaşırsa da anlamlılık kazanmadı. (p=0,050, 0,064). Sol üst ekstremitte 60°/s ve 180°/s açısız hızındaki fleksiyon ve ekstansiyonu ve sağ 60°/s açısız hızındaki ekstansiyon kas kuvvetindeki farkın istatistiksel olarak anlamlı oldukları saptandı. (Tablo 15)

**Tablo 15:** Egzersiz ve Kontrol grubu İzokinetik parametreler fark ortalamaları

				<b>Egzersiz Grubu</b>	<b>Kontrol Grubu</b>	<i>p değeri</i>
<b>PT'taki artış (%)</b>	<b>Sol</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	-0,5571±10,7582	-2,7400±21,0692	0,960
			<b>Fleks.</b>	30,8714±16,7687	-5,6500±24,4249	<b>0,001*</b>
		<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	26,9714±19,9360	-1,2900±14,0159	<b>0,000 *</b>
			<b>Fleks.</b>	58,1571±17,2080	-10,9200±15,9518	<b>0,000 *</b>
	<b>Sağ</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	35,0143±30,8832	-9,0600±26,7803	<b>0,001 *</b>
			<b>Fleks.</b>	36,6286±25,0243	-10,8100±27,7118	<b>0,000 *</b>
		<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	37,5000±17,2986	-2,8100±15,8188	<b>0,000 *</b>
			<b>Fleks.</b>	29,4714±13,6739	12,6200±31,9468	<b>0,019 *</b>
<b>W/BW'deki artış(%)</b>	<b>Sol</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	-12,2±25,64	26,9±47,96	<b>0,010 *</b>
			<b>Fleks.</b>	39,33±29,49	20,91±52,28	<b>0,044 *</b>
		<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	29,08±21,01	18,6±39,48	<b>0,022 *</b>
			<b>Fleks.</b>	79,99±18,57	7,52±38,06	<b>0,000 *</b>
	<b>Sağ</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	38,76±41,34	12,88±24,44	0,012
			<b>Fleks.</b>	40,73±33,05	69,47±189,4	0,050
		<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	26,66±19	13,9±25,28	<b>0,064 *</b>
			<b>Fleks.</b>	42,33±25,62	52,29±114,5	0,336
<b>PT/BW'deki artış(%)</b>	<b>Sol</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	0,2±10,8	-3,11±20,98	0,960
			<b>Fleks.</b>	31,1±616,81	-6,97±24,6	<b>0,001 *</b>
		<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	24,62±20,07	-1,46±14	<b>0,002 *</b>
			<b>Fleks.</b>	58,3±17,19	-11,61±16	<b>0,000 *</b>
	<b>Sağ</b>	<b>180°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	32,77±30,95	2,09±28,04	<b>0,019 *</b>
			<b>Fleks.</b>	31,75±25,62	3,44±29,11	<b>0,014 *</b>
		<b>60°/sn</b>	<b>Ekst.</b>	35,74±17,37	1,89±15,97	<b>0,000 *</b>
			<b>Fleks.</b>	29,14±13,69	15,66±30,36	<b>0,029 *</b>

\* P<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı  
PT:Peak Tork , W/BW: Work/Body Weight , PT/BW: Pek Tork/Body Weight

Egzersiz grubunda VO<sub>2</sub> artış yüzdeleri ile her iki açısal hızlarda tepsi edilen Peak Tork kuvvet artışlarının arasında korelasyon saptanmadı. (Tablo 16) Benzer şekilde VO<sub>2</sub> ile kan lipit seviyeleri arasında anlamlı korelasyon saptanmadı.

**Tablo 16:** Egzersiz grubu VO<sub>2</sub> ile Peak Torklara ait korelasyonlar

Spearman's rho		VO <sub>2</sub>	
		Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)
	Peak Tork-180°/s-sol eks.	-,156	0,611
	Peak Tork-180°/s-sol fleks.	0,087	0,778
	Peak Tork-60°/s-sol eks	0,277	0,359
	Peak Tork-60°/s-sol fleks.	-0,202	0,507
	Peak Tork-180°/s-sağ eks.	-0,069	0,822
	Peak Tork-180°/s-sağ fleks.	0,052	0,866
	Peak Tork-60°/s-sağ eks.	0,277	0,359
	Peak Tork-60°/s-sağ fleks.	-0,150	0,624

## E. TARTIŞMA

Spinal kord yaralanmalı hastaların egzersiz toleransını birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörler arasında yüksek seviyeli spinal kord yaralanmalarında kalp atım hızındaki yetersiz artış, alt ekstremitelerden venöz dönüşün yetersiz olması, aktif egzersizlerin sadece üst ekstremiteler tarafından yapılabilmesi, kullanılan kas kütlelerinin hem az olması hem de çabuk yorulması, termal regulasyonda yetersizlik nedeniyle hipertermiye yatkınlığın artması, egzersize adrenal cevabın kaybı nedeniyle lipoliziste ve kas glikojenoliziste azalma sayılabilir

Bugüne kadar, paraplejik hastaların endurans ve kas kuvvetini artıracak egzersiz yöntemi halen net olarak ortaya koyulabilmiş değildir. Kesitsel ve uzun süreli çalışmalar SKY'lı hastaların egzersizden fayda gördüğünü ve fiziksel kondüsyon seviyelerinin arttığını göstermektedir. Bu çalışmaların çoğunda kol ergometrisi veya tekerlekli iskemle ile yapılan egzersizler çalışma modeli olarak kullanılmıştır. Her ne kadar paraplejik hastaların üst ekstremitelerde güçlendirme ve omuz kuşak fonksiyonları çeşitli çalışmalarda araştırılrsa da egzersize akut cevapta veya egzersizin kronik etkileri konusunda göreceli olarak daha az şey bilinmektedir.

Spinal kord yaralanmalı hastaların rehabilitasyonunda üst ekstremitelerde kaslarına yönelik en etkin fiziksel tedavi programını hangisi olacağı halen tartışma konusudur. Yapılan birçok çalışmada kol ergometrisi kullanılmıştır.

Nilsson ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada ilk kez kol ergometrisi ve bunu takip eden progressif rezistif egzersizi içeren bir program tanımlamışlar. 7 hafta süren programda hastalara Monark ergometresiyle haftada 3 kez kol egzersizi yaptırılmış sonrasında ise oturur ve supin pozisyonlarında triseps kas güçlendirme egzersizi uygulanmıştır.<sup>134</sup>

Cooney ve walker ise yaptıkları çalışmada hidrolik direnç ekipmanı ve birçok setten

oluşan iki egzersiz programı uygulamışlar. Setler arasında dinlenme periyodu 40-100sn olarak belirlenmiş ve program toplam 9 hafta sürmüştür.<sup>135</sup>

Davis ve Shephard ise çalışmalarında Monark ergometre ile 16 hafta boyunca haftada 3 kez ve seans sürelerinin 20 veya 40 dakika sürdüğü kol egzersizi uygulamıştır.<sup>136</sup>

İstasyon çalışmaları her istasyonda bir set olacak şekilde bir seri egzersiz istasyonunun belirlenen tur sayısınca ardı ardına gerçekleştirildiği bir egzersiz programıdır. Bu egzersizlerde setler arası dinlenme süresinin kısa tutulduğu 6-8 istasyon kullanılır. Literatürde az sayıda çalışmada, kardiyopulmoner faydaları açısından istasyon çalışmalarının konvansiyonel egzersiz programlarının yerine geçebileceği vurgulanmıştır. Bu faydaların egzersiz süresi, egzersiz/dinlenme süresi oranları ve çalışma yoğunluğu gibi faktörlerle ilişkili olduğu ortaya konmuştur.

Kol ergometrisine ek olarak istasyon çalışmalarını da içeren bir protokol Patrick L ve ark. tarafından iki ayrı çalışmada rapor edilmiştir. İlk çalışmada nörolojik seviyeleri T5-L1 arasında olan 10 komplet yaralanmalı paraplejik hasta ; ikinci çalışmalarında ise nörolojik seviyeleri T5-T12 arasında olan 6 komplet yaralanmalı paraplejik hasta alınmıştır. Her iki çalışmada da Equalizer 7000 multistation exercise system ile uygulanan full range dirençli egzersizler(ağırlık kaldırma) ve endurans aktiviteleri (Saratoga kol ergometresi) kalp hızı başlangıç çizgisine düşmeden ardı ardına uygulanmıştır. Hastalara 12 hafta boyunca haftada 3 kez egzersiz programına alınmıştır. İstasyon çalışmasında 6 değişik manevra (Militar pres, Horizontal rows, Per dec, Preacher curls, Wide grip latissimus pull-down , Seated dips) çalıştırılmıştır. Her seans ortalama 40-45 dakikada sonlandırılmıştır. Saratoga kol ergometresi ile 2 dakikalık ısınma sonrasında 1. ve 2. manevra 10'ar kez tekrarlanmış (konsantrik faz 3 sn, eksantrik faz 3sn olmak üzere her tekrar için 6 sn süre uygulanmış), Daha sonra hiç ara vermeden 2 dakika boyunca minimal direnç ve maksimal hızda kol ergometrisinde çalıştırılmıştır. 3 ve 4. manevralar , 2 dakika kol ergometrisi, 5 ve 6. manevralar ve 2 dakika kol ergometrisi sonrasında egzersiz tamamlanmıştır. Rezistif yük 1 ve 2. haftada 1RM nin %50'si, 3 ve 4.haftada ise %55 ve %60'ına artırılmış, 4. haftanın son seansından sonrasında her manevra için 1RM tekrar hesaplanmıştır. 5. haftadan 8. haftaya kadar her hafta ağırlık 1RM'nin %50, %55, %60'ı oranında artırılmıştır. Aynı şekilde 8. hafta son seansında 1RM tekrar hesaplanarak 12. haftaya kadar aynı yüzde oranlarında artış yapılmıştır.<sup>137,138</sup>

Bizim çalışmamızda ise egzersiz grubuna konvansiyonel rehabilitasyon tekniklerine ek olarak 6 hafta süre ile yöntem kısmında açıklanan egzersizler uygulandı. Bu program dışında hastaların standart rehabilitasyonuna devam edildi. 13 hastadan oluşan kontrol grubu ise bu 6 haftalık sürede yalnızca konvansiyonel rehabilitasyon programına devam etti.

Gerek kol ergometri gerek istasyon çalışmaları olsun daha önce yapılan çalışmalarda yalnızca egzersiz uygulanan hastaların test sonuçlarına yer verilmiş, aynı şartlarda bu egzersizin uygulanmadığı bir kontrol grubu ile karşılaştırma yapılmamıştır. Bizim çalışmamızda egzersiz grubu ile yaş, cinsiyet, boy, kilo, hastalık süresi, lezyon seviyesi açısından anlamlı fark olmayan bir kontrol grubu oluşturulmuş, böylece hem her iki grubun tedavi öncesi ve sonrası hem de hasta ve kontrol grubu karşılaştırılabilmiştir.

Çalışma sonunda egzersiz ve kontrol gruplarında rutin olarak bakılan kan testleri (eritrosit sedimentasyon hızı, CRP, lökosit sayısı, hemoglobin) açısından tedavi öncesi ve sonrasında anlamlı fark saptanmadı.

Sedanter yaşam nedeniyle kardiyovasküler hastalık riski paraplejik hastalarda daha fazladır. Bu hastaların kan lipit profilinde karakteristik olarak artmış total kolesterol ve LDL yanında azalmış HDL seviyeleri görülmektedir. Yekutieli ve ark. yaptığı bir çalışmada SKY hastalarda iskemik kalp hastalığı insidansı %16.9 bulunurken aynı yaş grubundaki genel popülasyonda bu değer %6,9 saptanmıştır.<sup>139</sup> Lezyon seviyesi ile kan lipit profilinin araştırıldığı, Janssen TW ve ark.'nın yaptıkları bir çalışmada ise uzun süreli spinal kord yaralanmalı 37 hasta ile aynı yaş grubundaki sağlıklı kişileri karşılaştırmışlar, kan lipit değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark bulamadıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca total kolesterol, LDL, Total kolesterol/HDL ve HDL/LDL parametreleri için belirleyici faktörlerin lezyon seviyeleri değil, alkol tüketimi, sigara alışkanlığı ve aktivite düzeyleri olduğu rapor edilmiş, HDL seviyelerinin ise egzersizden 48 saat sonra egzersiz öncesi değerlerine dönme eğiliminde oldukları belirtilmiştir. Ancak herhangi bir egzersiz testi uygulanmamıştır.<sup>140</sup>

6 haftalık egzersizin kan lipit profiline olan etkilerini de değerlendirmeyi amaçladığımız çalışmamızda egzersiz grubunda, kontrol grubundan farklı olarak total kolesterol seviyesindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı saptandı. Total kolesterol dışındaki diğer kan lipit değerlerinde (TAG, HDL, LDL, VLDL, Total Kolesterol/HDL) ise her iki grupta ve gruplar arasında anlamlı fark yoktu. Her ne kadar total kolesterolde azalma saptansa da 6 hafta sonunda elde edilen LDL'deki azalma ve HDL artışı koroner kalp hastalıkları riskini azaltmada yetersizdir.

Bizim sonuçlarımıza paralel sonuçların elde edildiği bir çalışmada Fabio Salinas Durán ve arkadaşları 13 torasik seviyeli paraplejik hasta ile 16 hafta süren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada mobilite aktiviteleri, aerobik direnç, koordinasyon ve relaksasyon egzersizlerini haftada 3 seans (toplam 120 dakika/hafta) uygulamışlar ve tedavi öncesi ve sonrası kan lipit profilini değerlendirmişlerdir. LDL, HDL, total kolesterol/HDL değerlerinde

istatistiksel anlamlı değişiklik saptanmamıştır.<sup>141</sup>

Nash MS ve ark ise T6-L1 seviyeli 5 komplet hasta ile yaptıkları çalışmada haftada 3 seans, 3 ay süre ile üst ekstremiteye yönelik dirençli egzersiz ve endurans egzersizleri yaptırmışlardır. Çalışma sonunda total kolesterol ve TAG seviyelerindeki düşüşlerin anlamlı olmadığını, LDL 'deki düşüş ve HDL artışının ise istatistiksel olarak anlamlı olarak rapor edilmiştir.<sup>142</sup>

Groot PC ve ark. ise yaptıkları çalışmada, 6 spinal kord yaralanmalı hasta yüksek yoğunlukta (%70-80'i) ve düşük yoğunlukta (kalp hızı rezervinin %40-50'si) iki grup oluşturularak kol ergometrisi ile çalıştırılmıştır. Haftada 3 seans ve toplam 8 hafta süren çalışmalarının sonucunda total kolesterol/HDL oranlarında ve TAG seviyesindeki düşüş, yüksek yoğunlukta çalıştırılan hastalarda düşük yoğunlukta çalıştırılan gruba göre anlamlı bulunmuştur.<sup>143</sup> Çalışmaya katılan her iki gruptaki hasta sayısının da yetersiz olması ve kontrol grubunun olmaması nedeniyle bizim çalışmamızdaki sonuçların daha anlamlı olduğunu düşünülebilir.

Kan lipit profili dışında, total vücut lipitlerindeki azalmayı kalitatif olarak saptayabilmek amacıyla yaptığımız üst kol, bel ve kalça çevresi ölçümlerinde de istatistiksel olarak anlamlı azalmalar saptanamadı. Spungen ve ark'ları çevre ölçümleri ile ortalama vücut yağ oranları hakkında yorum yapmanın yetersiz olacağını, çünkü spinal kord yaralanmalı hastalarda alt ekstremitelerde yağ kaybının daha fazla olduğu ve bu durumun da göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir.<sup>144</sup> Bu konuda yapılan daha ileri çalışmalarda yağ yüzdelerinin hesaplanmasında kalçada multipl deri katları ölçümleri kullanılmaya başlanmıştır.

Çalışmamızda her iki üst ekstremitede olekranon 10 cm proksimalinden ölçülen üst kol çevre ölçümlerinde egzersiz grubunda istatistiksel anlamlı artış olduğu görüldü. Kontrol grubunda ise artış anlamlı değildi. Egzersizin etkisi ile dirsek fleksör ve ekstansör grubu kaslarındaki hipertrofinin bu artışa neden olduğu düşünülebilir.

Spinal kord yaralanmalı hastaların günlük yaşam aktivitelerini değerlendirme amacıyla kullanılacak uygun yöntemler Barthel indeksi ve Fonksiyonel bağımsızlık ölçeği (FIM) skalasıdır. Fonksiyonel bağımsızlık ölçeği genel bir özürülük indeksidir ve rehabilitasyon hastalarında özürülüğün değerlendirilmesinde uniform veri sistemi oluşturmak amacıyla 1986 yılında geliştirilmiştir. Günlük yaşam aktiviteleri yanı sıra kognitif ve iletişim yetenekleri ile sosyal algılamayı da değerlendirdiği ve her aktivite için 7 düzey içermesi nedeniyle barthell indeksine göre daha kapsamlıdır.

Ota T ve ark. yaptıkları çalışmalarında uygun rehabilitasyondan sonra lezyon seviyesi

T5 üzerinde olan hastalarda ortalama 6 ay, T5 altında olanlarda ise 3 ay sonra FIM skorunun plato çizdiği rapor etmişlerdir.<sup>145</sup>

Çalışmamızda ortalama hastalık süresi yaklaşık 13 ay ve lezyon seviyesi T5 altında olmasına rağmen her iki grupta da tedavi sonrası FIM skorundaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Gruplar arasında ise fark yoktu.

Fabio Salinas ve ark. İse 13 hastadan oluşan çalışmalarında (3 hastanın lezyon seviyesi T5 üzerinde; 10 hasta ise T5 altında) çoğu hastanın lezyon yaşının 6 aydan daha fazla olmasına rağmen hem üst hem de alt torasik lezyonlu hastalarda FIM skorunda istatistiksel artış saptamışlardır.<sup>141</sup> Hastanede yatırılarak konvansiyonel rehabilitasyon programı ile özellikle transfer ve ambulasyon çalışmalarının sürdürüldüğü kontrol grubunda da FIM skorlarında anlamlı artışın olması literatürle uyumludur. Çünkü spinal kord yaralanmalı hastaların fonksiyonel durumlarını değerlendiren çalışmalarda lezyondan birçok yıl geçmesine rağmen konvansiyonel rehabilitasyon programları ile FİM skoru artışının olabildiği rapor edilmiştir.<sup>146,147</sup>

“Borg’s 10 Point scale” hastalar tarafından hissedilen kas kuvvetini global olarak değerlendirme amacıyla uygulanan subjektif bir yöntemdir. Tüm hastalardan tedavi öncesi ve sonrasında 0-10 arasında kendi kas kuvvetlerini derecelendirmeleri istenmiş, tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı artışların olduğu görülmüştür. Objektif olmaması ve güvenilirliğinin düşük olması testin dezavantajlarıdır. Ancak uygulanan rehabilitasyon sonuçlarına hastaların gözü ile bakabilme olanağı sunmaktadır.

“Hospital anxiety and depression scale” anksiyete ve depresyonun varlığı ve ağırlığının yüzeysel olarak tahmin edilmesini sağlayan ve yaygın olarak kullanılan bir skaladır. Anksiyete ve depresyonun toplam 21’er puan üzerinden değerlendirildiği skalada 10 ve üzerinde alınan puanlar ağır olarak değerlendirilebilecek anksiyete veya depresyonun varlığı lehine yorumlanmaktadır.<sup>148,149</sup> Egzersiz grubunda hem anksiyete hem de depresyonda tedavi sonrası istatistiksel anlamlı azalma olmadığı görüldü. Kontrol grubunda ise fark anlamlı idi. Hasta ve kontrol grupları karşılaştırıldığında ise anlamlı fark saptanmadı.

“Personal quality of life profile” ise 27-30 ayrı başlık altında hastaların kendi hayat kalitelerini değerlendirmelerine imkan sağlayan güvenilirliği yüksek bir skaladır. Hastanın hayat kalitesini objektif olarak ortaya koymaktan çok hayatını nelerin etkilediğini ve hastaların bundan ne kadar etkilendiklerini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Tedavi başlangıcında ve bitiminde uygulandığında önem verilen noktalardaki değişimler kaydedilerek, toplamda kişinin hayat kalitesinde iyileşmenin olup olmadığı ortaya konabilmektedir. Bizim çalışmamızda her iki grupta da tedavi sonrası hayat kalitelerinde

anlamli istatistiksel artişin olduğu görüldü. Bu noktada yoğun dirençli egzersiz tedavisi alsın veya almasın tüm hastaların hastanede yatırılarak rehabilite edilmesinin, hastaların hayat kalitelerinde artışa yol açtığı söylenebilir.

Bu çalışmanın en önemli amacı sabit tekrarlı istasyon çalışması ile dirençli egzersiz uygulaması sonrası üst ekstremite proksimal kaslarında kuvvet artışı varlığını ve egzersizin kardiyopulmoner etkilerini ortaya koyabilmektir.

Nilsson ve ark.'nın yaptığı kol ergometrisi ve bunu takip eden progressif rezistif egzersizi içeren ve 7 hafta süren bir çalışmada hastalara Monark ergometresiyle haftada 3 kez kol egzersizi yaptırılmış sonrasında ise oturur ve supin pozisyonlarında triseps kas güçlendirme egzersizi uygulanmış. Çalışma sonunda kas kuvvetinde (%18,8) artış saptanmış.

134

Davis ve Shephard çalışmalarında Monark ergometre ile 16 hafta boyunca haftada 3 kez, peak VO<sub>2</sub> oksijen alımı %70 veya %40 olacak şekilde ve seans sürelerinin 20 veya 40 dakika sürdüğü kol egzersizi uygulamışlar. Omuz abduksiyon/adduksiyon fleksiyon/ekstansiyon ve dirsek fleksiyon/ekstansiyonlarının 60-300°/s açılmal hızlardaki kas kuvveti ile ilgili parametreler pik moment, pik güç, ortalama güç, total iş olarak tanımlanmış. Çalışma sonunda kabul edilebilir güç artışları daha yüksek yoğunlukta, daha uzun süreli ve izokinetik olarak daha yüksek hızlarda çalıştırılan hasta gruplarında görülmüş. Spinal kord yaralanmalı hastaların tedavi sonrası en yüksek kuvvet artışları yüksek yoğunlukta çalıştırılan hastaların omuz fleksiyonu, dirsek ekstansiyonunda görülmüştür.<sup>136</sup>

Patrick L. Jacobs ve ark. kol ergometrisine ek olarak istasyon çalışmalarını da içeren ve 12 hafta süren çalışmalarının sonunda kas kuvvetindeki ortalama %21,1 artışın anlamlı olduğu belirtilmişlerdir. Dirsek fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvvetinde anlamlı artış görülemezken, Omuz iç rotasyonunda ortalama ve pik konsantrik kuvvet değerlerinde anlamlı artış saptanmıştır. Benzer şekilde omuz adduksiyonu ve horizontal omuz adduksiyonunun konsantrik ve eksantrik kuvvetlerindeki artış anlamlı bulunmuştur. Omuz ekstansiyonu, abduksiyonu ve horizontal abduksiyonu konsantrik güçlerdeki artış da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.<sup>137</sup>

Robert F. Zoeller ve ark.<sup>150</sup> ise kademeli egzersiz testi ve 2 endurans performans testi uygulandıkları 10 torasik lezyon seviyeli hasta ile yaptıkları çalışmalarında izokinetik kas güçlerine bakmışlar ve omuz çevresindeki kaslarda en fazla kuvvet artışının 240°/s açılmal hızda olduğunu rapor etmişlerdir.

Paraplejik hastaların birçoğu tekerlekli iskemleye bağımlı olarak hayatlarını sürdürmektedir. Hastaların transferleri esnasında vücut ağırlığını kaldırma ve indirmede en

fazla ihtiyaç duydukları kaslar omuz adduktorları, elevatörleri ve dirsek ekstansörleridir. Uygulanan rehabilitasyon programında üst ekstremiteye yönelik kuvvetlendirme egzersizleri bu kasları da içermelidir. Çalışmamıza katılan 26 hastanın tedavi öncesinde ve sonrasında her iki üst ekstremitede 60°/s ve 180 °/s açısal hızlarda dirsek fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvveti ölçümlerini izokinetik olarak ortaya koyduğumuz çalışmamızda peak tork, pek tork/body weight ve work/body weight parametrelerini değerlendirdik. Egzersiz ve kontrol gruplarına ait peak tork artış yüzdeleri karşılaştırıldığında, egzersiz grubunda sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonunun 180° açısal hızındaki kuvvet artışı dışında tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı atışıları saptadık. Kontrol grubunda ise aynı artışları saptanamadı. Peak torkun vücut ağırlığına göre düzeltilmiş değeri olan peaktork/body weight değerlerindeki artış da egzersiz grubunda kontrol grubundan istatistiksel olarak daha fazlaydı.

Tedavi öncesi ve sonrası kaydedilen değerlerin farkları kullanarak yapılan analizle egzersiz ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise hem Peak Tork hem de Peak Tork/Body Weight değerlerinde sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonu 180° açısal hızındaki sonucu dışındaki tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu görüldü. Egzersiz ve kontrol grubu Work/Body Weight değerleri açısından karşılaştırıldığında ise sağ üst ekstremitte dirsek 60° açısal hızında fleksiyon kas kuvvetindeki fark anlamsız bulundu. Benzer şekilde 180° açısal hızındaki fleksiyon ve ekstansiyon kuvvetleri anlamlılık sınırına yaklaşıp da anlamlılık kazanmadı. (p=0,050, 0,064). Sol üst ekstremitte 60° ve 180° açısal hızındaki fleksiyon ve ekstansiyonu ve sağ 60° açısal hızındaki ekstansiyon kas kuvvetindeki farkın istatistiksel olarak anlamlı oldukları saptandı.

Literatürde daha çok kol ergometresi ile yapılan egzersizlerin kardiyopulmoner sonuçlarına ait çalışmalar yayınlanmıştır. Ancak bu konuda sabit tekrarlı istasyon egzersizinin kullanıldığı çalışmaların sayısı çok hada azdır.

Bizim çalışmamızdan elde edilen sonuçlar da literatürde yayınlanan daha çok kol ergometri ile yapılan egzersiz programlarına ait bulgulara paraleldi. Egzersiz grubunda peakVO<sub>2</sub> 'de %11.5 artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Benzer şekilde workload'ta %25,8 artış ta istatistiksel olarak anlamlıydı.

Bizim protokolümüze en yakın bir çalışma, hastalara kol ergometrisine ek olarak sabit tekrarlı istasyon egzersizlerini de uygulayan Patrick L ve ark.<sup>137</sup> tarafından yapılmıştır. 10 komplet yaralanmalı paraplejik hasta ile yapılan ve 12 hafta süren bu çalışmada Equalizer 7000 multistation exercise system ile uygulanan full range dirençli egzersizler(ağırlık kaldırma) ve endurans aktiviteleri (Saratoga kol ergometresi) kalp hızı başlangıç çizgisine düşmeden ardı ardına uygulanmış. Tedavi sonunda VO<sub>2</sub>peak %29.7 artış bulunmuştur. Peak

power outputta %16,1 artışın saptandığı çalışmada bu artışın sınırdan anlamsız olduğu rapor edilmiştir. PeakVO<sub>2</sub> ve Power outputtaki artış yüzdelere göre bizim çalışmamızdan daha yüksek seviyelerde olmasının nedeni, uygulanan egzersiz sayısının daha fazla, şiddetinin daha yoğun olması ve toplam sürenin daha fazla olması olabilir. Hasta sayısının daha az olması ve kontrol grubunun bulunmaması da sonuçların farklı olmasında etkilidir. Aynı ekibin benzer bir protokolle egzersize akut etkileri ortaya koymayı amaçladıkları bir diğer çalışmada ise 6 hatanın egzersiz sırasındaki test sonuçlarına yer verilmiştir. Ancak parametrelerde artış veya azalma hakkında yorumda bulunulmamıştır.

Cooney ve walker yaptıkları çalışmada hidrolik direnç ekipmanı ve birçok setten oluşan iki egzersiz programı uygulamışlardır. Kol ergometre testi ile kardiyopulmoner kapasitede %28,1 ve güç çıkışında %36,7 artış olduğu belirtilmiştir.<sup>135</sup>

Nilsson ve ark.'nın yaptığı ve 7 hafta süren bir diğer çalışmada ise hastalara Monark ergometresiyle haftada 3 kez kol egzersizi yaptırılmış, sonrasında oturur ve supin pozisyonlarında triceps kas güçlendirme egzersizi uygulanmış. Çalışma sonunda peakVO<sub>2</sub> de istatistiksel anlamlılık kazanmayan %10,6'lık artış olduğu rapor edilmiştir.<sup>134</sup>

Vinet A. ve arkadaşları<sup>151</sup> ise 9 paraplejik sporcu ile yaptıkları çalışmalarında maksimal çok safhalı egzersiz programı uygulamışlar ve sporcu olmayan hastalar ile karşılaştırmışlardır. Beklendiği gibi aktif paraplejik sporcuların peakVO<sub>2</sub> değerlerinin, daha sedanter yaşayan paraplejiklerden istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Barstow ve ark.'nın yaptıkları çalışmada ise 9 paraplejik hasta, FES'le (REGTS1 FES leg Ergometer and computer system) alt ekstremitelerine yönelik egzersiz programına alınmış ve sonuçta VO<sub>2</sub>'de artış olduğu rapor edilmiştir.<sup>152</sup>

Fabio Salinas Durán ve arkadaşları 13 torasik seviyeli paraplejik hasta ile 16 hafta süren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada mobilite aktiviteleri, aerobik direnç, koordinasyon ve relaksasyon egzersizlerini uygulamışlardır. Test sonucunda istirahat kalp hızında ve maksimal kalp hızında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı halde egzersiz sonrası 6. dakikadaki kalp hızındaki azalma ve güç çıkışında ki artışın anlamlı olduğunu rapor etmişlerdir.<sup>141</sup>

Bizim çalışmamızda ise, tedavi sonrası egzersiz testi sırasında ölçülen maksimal kalp tepesi atımı tedavi öncesi değerlerle karşılaştırıldığında yaklaşık 6 atım/dakikalık azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı. Ayrıca hem HRR hem de RER'deki azalma istatistiksel olarak anlamlılık kazanmamıştır.

Annet J. Dallmeijer ve ark. yaptıkları çalışmada 19 hastaya tekerlekli iskemle egzersiz

testi, kardiyopulmoner testler, izokinetik kas kuvveti testi gibi bir seri testler uygulanmış. Tedavi sonrasında test sonuçları karşılaştırılmış. Maksimal güç çıkışındaki artışların istatistiksel olarak anlamlı bulunduğunu,  $VO_2$ 'deki değişimlerin ise anlamlı bulunmadığını rapor etmişlerdir. HRR'de ve Submaksimal RER'de anlamlı azalma saptanmıştır. Ortalama istirahat kalp tepe atımında anlamlı azalma olduğu belirtilirken, egzersiz sırasındaki maksimal kalp tepe atımında değişiklik olmamıştır.<sup>153</sup>

Robert F. Zoeller ve ark, kademeli egzersiz testi ve 2 endurans performans testi uyguladıkları 10 trasik lezyon seviyeli hasta ile yaptıkları çalışmalarında kas kuvveti ile  $VO_2$  ve güç çıkışı arasındaki korelasyonu araştırmışlardır. Total ve  $240^\circ/s$  açısız hızlardaki izokinetik omuz fleksiyon kuvveti ile  $VO_2$  ve  $peakVO_2$ 'deki güç çıkışı arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptamışlardır. Daha düşük açısız hızlarda ( $90^\circ/s, 180^\circ/s$ ) ise anlamlı korelasyon olmadığını rapor etmişlerdir. Aynı şekilde tüm hızlarda omuz ekstansiyonu ve dirsek fleksiyon kuvveti ile  $VO_2$  ve  $peakVO_2$ 'deki güç çıkışı arasında korelasyon olmadığı rapor edilmiştir. Ancak dirsek ekstansiyon kuvveti ile  $peakVO_2$ 'deki güç çıkışının anlamlı olarak korele olduğu rapor edilmiştir.<sup>150</sup>

Hem kas kuvvetinde hem de  $peakVO_2$ 'deki güç çıkışında istatistiksel anlamlı artışın saptandığı bizim çalışmamızda ise ne  $60^\circ/s$  ne de  $180^\circ/s$  açısız hızlarda dirsek fleksiyon veya ekstansiyonu ile  $peakVO_2$ 'deki güç çıkışı arasında anlamlı korelasyon saptanmadı.

Sonuç olarak; paraplejik hastaların üst ekstremitelerine yönelik, konvansiyonel rehabilitasyona ek olarak mekanik egzersiz istasyonunda uygulanan sabit tekrarlı istasyon çalışmalarının hem fizyolojik (kardiyopulmoner, kas kuvveti, kan lipid profili) hem de fonksiyonel (günlük yaşam aktiviteleri) olumlu etkileri olduğu ve hastaların hayat kalitesini artırdığı ortaya konulmuştur. Bu nedenle paraplejik hastaların rehabilitasyonunda konvansiyonel yöntemlere ek olarak istasyon çalışmalarının da rehabilitasyon programına eklenmesi gerekmektedir.

## G. SONUÇLAR

### • Fizyolojik Sonuçlar

- Rutin kan tetkikleri (Sedim, CRP, WBC, Hgb, glukoz, üre, kreatinin, Na, K, Cl, Ca, P, total bilirubin, direkt bilirubin, total protein, albumin, ALT, AST, GGT, LDH, ALP,amilaz) açısından her iki grupta ve gruplar arasında tedavi sonrası istatistiksel anlamlı fark saptanmadı.
- Egzersiz grubunda tedavi sonrası total kolesterol seviyesinde istatistiksel anlamı azalma saptandı. Kontrol grubunda ise HDL'de artış anlamlılık sınırına yaklaşıp da anlamlılık kazanamadı.
- Tedavi sonrasında üst kol, bel ve kalça çevre ölçümlerinde her iki grupta da anlamlı azalma saptanmadı.
- Egzersiz grubunda tedavi sonrasında kontrol grubundan farklı olarak peakVO<sub>2</sub> 'de %11,5 artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Benzer şekilde workload'ta %25,8 artış ve kalp hızında ise 6 atım/dak. azalma istatistiksel olarak anlamlıydı.
- Egzersiz ve kontrol gruplarına ait peak tork artış yüzdeleri karşılaştırıldığında, egzersiz grubunda sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonunun 180° açısal hızındaki kuvvet artışı dışında tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artışlar olduğu saptandı. Kontrol grubunda ise aynı artışlar saptanmadı. Peak torkun vücut ağırlığına göre düzeltilmiş değeri olan peaktork/bodyweight değerlerindeki artış da egzersiz grubunda kontrol grubundan istatistiksel anlamlı olarak daha fazlaydı.
- Tedavi öncesi ve sonrası kaydedilen değerlerin artış yüzdeleri kullanarak yapılan analizle egzersiz ve kontrol grubu karşılaştırıldığında ise hem Peak Tork hem de Peak Tork/Body Weight değerlerinde sol üst ekstremitte dirsek ekstansiyonu 180° açısal hızındaki sonucu dışındaki tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu görüldü. Egzersiz ve kontrol grubu Work/Body Weight değerleri açısından karşılaştırıldığında ise sağ üst ekstremitte dirsek 60° açısal hızında fleksiyon kas kuvvetindeki fark anlamsız bulundu. Benzer şekilde 180° açısal hızındaki fleksiyon ve ekstansiyon kuvvetleri anlamlılık sınırına yaklaşıp da anlamlılık kazanmadı. Sol üst ekstremitte 60° ve180° açısal hızındaki fleksiyon ve ekstansiyonu ve sağ 60° açısal hızındaki ekstansiyon kas kuvvetindeki farkın istatistiksel olarak anlamlı oldukları saptandı.

- **Fonksiyonel Sonuçlar**

- FIM skorlarında egzersiz grubunda 14 puan, kontrol grubunda ise 11 puanlık artış saptandı. Her iki fark ta istatistiksel olarak anlamlıydı.
- Borg’s 10 Point skalada egzersiz grubunda 1,63 puan, kontrol grubunda ise 1,26 puan artış saptandı. Her iki farkta istatistiksel olarak anlamlı idi.

- **Psikolojik Sonuçlar**

- Anksiyete ve depresyon “Hospital anxiety and depression scale” ile değerlendirildi. Kontrol grubunda hem anksiyete hem de depresyonda anlamlı azalma saptanırken, egzersiz grubundaki azalma anlamlılık kazanmadı. Yine gruplar arasında da anlamlı fark saptanmadı.

- **Hayat Kalitesine ait Sonuçlar**

- Hayat kalitesi “Personal Quality of Life Profile” skalası ile değerlendirildi. Egzersiz grubunda 43 puan, kontrol grubunda ise 22 puanlık artış görüldü. Her iki artış ta istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

## H. ÖZET

Spinal kord yaralanmasına bağlı parapleji gelişen hastalarda üst ekstremitte kas kuvveti, hastaların günlük yaşam aktivitelerinde (yemek yeme, el-yüz bakımı, giyinme, süslenme, banyo yapma, mesane-barsak bakımı, mobilite, transferler) ve hatta ambulasyonlarında (push-up, paralel barda, swing-to yürüme, paralel dışında walker, koltuk değneği ile ambulasyon vs.) son derece önemlidir. Öyle ki bu hastalar kollarıyla aynı zamanda bacaklarının işlevlerini de yerine getirmek durumundadırlar. Ancak hastaların birçoğu üst ekstremitelerine yönelik yeterli ve uygun egzersiz yapamadıkları için günlük yaşam aktiviteleri ve ambulasyonda bağımlı, sedanter bir hayat sürmektedirler. Sedanter yaşam tarzı nedeniyle gelişen fonksiyonel ve fizyolojik olumsuz etkiler bilinmesine rağmen bugüne kadar hastaların endurans ve kas kuvvetini artıracak egzersiz yöntemi halen net olarak ortaya koyulabilmiş değildir. Kesitsel ve uzun süreli çalışmalar paraplejik hastaların egzersizden fayda gördüğünü ve fiziksel kondüsyon seviyelerinin arttığını göstermektedir. Literatürde kuvvetlendirme egzersizi olarak daha çok kol ergometresi kullanılmış ve olumlu etkileri rapor edilmiştir. Sadece iki çalışmada istasyon çalışmalarına yer verilmiş ancak bu çalışmalarda da kol ergometresi ile kombine edilmiştir. Sadece istasyon çalışmalarını içeren bir çalışma ise bulunmamaktadır. Her ne kadar paraplejik hastaların üst ekstremitte güçlendirme ve omuz kuşak fonksiyonları çeşitli çalışmalarda araştırılrsa da egzersize akut cevapta veya egzersizin kronik etkileri konusunda göreceli olarak bilinenler çok daha azdır.

Bu çalışmada paraplejik hastaların üst ekstremitelerine yönelik, konvansiyonel rehabilitasyona ek olarak mekanik egzersiz istasyonunda sabit tekrarlı istasyon çalışmalarını da içeren bir egzersiz programı uygulanmıştır. Çalışmada sabit tekrarlı istasyon çalışmalarının, dirsek fleksör ve ekstansör kas kuvvetleri, kan lipid profili, kardiyopulmoner etkileri yanında günlük yaşam aktiviteleri ve hayat kalitesi üzerine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmaya yatırılarak rehabilitasyon programına alınan 26 paraplejik hasta katılmış, 13 hastaya 6 hafta süre ile konvansiyonel egzersizlerin yanı sıra mekanik egzersiz istasyonunda sabit tekrarlı istasyon çalışmaları uygulanmıştır. Sadece konvansiyonel rehabilitasyon programı uygulanan 13 hasta ise kontrol grubunu oluşturmuştur.

Çalışma sonunda, uygulanan egzersiz programının hem fizyolojik (kas kuvveti, kan lipid profili, kardiyopulmoner,) hem de fonksiyonel (günlük yaşam aktiviteleri) olumlu etkileri olduğu ve hastaların hayat kalitesini artırdığı ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, hem fizyolojik hem de fonksiyonel olumlu etkileri nedeniyle paraplejik hastaların rehabilitasyonunda konvansiyonel yöntemlere ek olarak istasyon çalışmalarının da rehabilitasyon programına eklenmesi gerekmektedir.

## **İ. KAYNAKLAR**

1. Vander AJ, Sherman JH, Luciano DS (Ed.): Human Physiology: The mechanisms of body function. McGraw-Hill, New York, 1994.
2. Smith LK, Weiss EL, DonLehmkuhl L, (Ed.): Brunnstrom's Clinical Kinesiology. F.A.Davis, Philadelphia, 1996.
3. Berry M, Bannister LH, Standring SM: Nervous system. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Fergusson MWJ (Ed.): Gray's Anatomy. Churchill Livingstone, New York, 1995 pp 901-1397.
4. Benson DR: The back: Thoracic and lumbar spine. D'Ambrosia RD (Ed.): Musculoskeletal Disorders. J.B. Lippincott, Philadelphia, 1986 pp 287-365.
5. Frost FS. Spinal Cord Injury Medicine In: Braddom RL(Ed.): Physical Medicine and Rehabilitation. WB Saunders Company, Philadelphia, 2000 pp1230-1282.
6. Ekinci N, Medulla Spinalis ve İlgili Yapılar. In: Anatomi, Kyung Won Chung. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 1998 pp 262-264.
7. Güzel R, Uysal F.G; Spinal kord yaralanmaları. Editör: Oğuz H; Tıbbi Rehabilitasyon 2004, 627-48
8. Steas WE, Formal Jr.CS, Freedman MK, Fried GW, Schmidt Read ME; Spinal Cord Injury and Spinal Cord Injury Medicine. In: De Lisa JA, editors. Rehabilitation Medicine. Philadelphia: RP. Lippincott, Third Edition 1998, 1259-1287
9. Stinford JG, Keshavarzian A, Nemchausky BA, et al, Esophagitis and Esophageal Motor Abnormalities in Patients with Chronic Spinal Cord Injuries: International Medical Society of Paraplegia. 1993, 31:384-392
10. Karacan I, Koyuncu H, Pekel O, Sumbuloglu G, Kirnap M, Dursun H, Kalkan A, Cengiz A, Yalınkılıç A, Unalan HI, Nas K, Orkun S, Tekeoglu I. Traumatic spinal cord injuries in Turkey: a nation –wide epidemiological study. Spinal Cord 2000; 38(11): 697-701.
11. Dursun E: Nörojenik Mesane ve Barsak Fonksiyon Bozuklukları. In: Beyazova M, Gökçe Kutsal Y (Ed): Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Cilt I. Güneş Kitabevi Ltd.Şti, Ankara 2000, S: 1216-39.
12. Swain A, Grundy D. At the accident. Evacuation and Initial Management at Hospital, Early Management and Complications, Medical Management In The Spinal Injuries In: Grundy D, editors. ABC of Spinal Cord Injury. 1996, 1-23
13. McDonald JW, Sadowsky C. Spinal cord injury. Lancet 2002; 359: 417-425.
14. Wolfram T. Summary statement: repair of the injured spinal cord. Spine 2001; 26(24S):

S23.

15. Akman N, Kılınç Ş. Spinal kord yaralanmasının fizyopatolojisi. *T Klin FTR*, 2001; 1(2): 49-52.
16. Dodds WJ, Groh WJ, Darweesh RA, Lawson TL, Kishk SA, Kern MK. Sonographic measurement of gallbladder volume. *AJR* 1985; 145: 1009-1011.
17. Banwell JG, Creasey GH, Aggarwall M, Mortimer JT: Management of the neurogenic bowel in patients with spinal cord injury. *Urol. Clin. North Am*, 1993, 20(3):517-26
18. Gündüz Ş. Spinal kord yaralanmasında rehabilitasyon. In: Beyazova M, Gökçe Kutsal Y ed. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000 pp 1915-1934.
19. Salcido R, Hart D, Smith AM: The prevention and management of pressure ulcers. In: Braddom RL(Ed.): *Physical Medicine and Rehabilitation*. Philadelphia, WB Saunders Company, 1996 pp 630-647.
20. O'Connor KC, Kirshblum SC: Pressure ulcers. In: DeLisa JA(Ed.): *Rehabilitation Medicine*. Philadelphia, JB Lippincott, 1998 pp1057-1070.
21. Fuhrer MJ, Garber SL, Rintala DH, et al: Pressure ulcers in community-resident persons with spinal cord injury: prevalence and risk factors. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 1172-1177.
22. Yarkony GM: Pressure Ulcers: a review. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 908-917.
23. Colen SR: Pressure Sores. In Goodgold J(Ed): *Rehabilitation Medicine*. St. Louis, The CV Mosby Company, 1988 pp 167-181.
24. Sivrioğlu K, Özcan O, Basınç Yaraları. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N ed. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2004 pp 711-722.
25. Dursun E. Nörojenik Mesane Fonksiyon Bozuklukları. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N ed. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2004 pp 741-764.
26. Özcan O, Sivrioğlu K. Spastisite. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N ed. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2004 pp 723-740.
27. Barber DB, Rogers SJ, Fredrickson MD, Able AC. Midodrinehydrochloride and the treatment of orthostatic hypotension in tetraplegia: two cases and the review of the literature. *Spinal Cord* 2000; 38(2): 109-111.
28. Demirel S, Demirel G, Tukek T, Erk O, Yılmaz H. Risk factors for coronary heart disease in patients with spinal cord injury in Turkey. *Spinal Cord* 2001; 39(3): 134-138.
29. Bauman WA, Raza M, Spungen AM, Machac J. Cardiac stres testing with thallium-201 imaging reveals silent ischemia in individuals with paraplegia. *Arch Med Phys Rehabil* 1994; 75: 946-950.

30. Yazıcıoğlu K, Baysal H, Özgül A, Gündüz Ş, Kalyon TA, Arpacıoğlu O. Spinal kord yaralı hastalarda endurans eğitiminin sonuçları. Romatol Tıp Rehab 1999; 10(3): 156-161.
31. Bayramoğlu M, Sözüay S, Kemiksizoğlu A, Dilek A, Karataş M, Çetin N. Spinal kord yaralı hastalarda anemi. Romatol Tıp Rehab 2001; 12(4): 246-248.
32. Spinal Cord Injury Thromboprophylaxis Investigators. Prevention of venous thromboembolism in the rehabilitation phase after spinal cord injury: prophylaxis with low-dose heparin or enoxaparine. J.Trauma 2003; 54(6): 1111-1115.
33. Gündüz Ş, Dursun H, Möhür H. Olgu sunusu: Spinal kord yaralanmalı ve stroklu hastalarda pulmoner emboli profilaksisi: vena kava filtresi uygulaması. Romatol Tıp Rehab 1994; 5: 117-122.
34. Mc Kinley WO, Gittler MS, Kirshblum SC, Stients SA, Groah SL. Spinal cord injury medicine. 2. Medical complications after spinal cord injury: Identification and management . Arch Phys Med Rehabil 2002; 83(suppl 1): S58-S64.
35. Sepici V. Heterotopik ossifikasyon. In: Beyazova M, Gökçe Kutsal Y ed. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000 pp 1285-1296.
36. Özgirgin N, Çakıcı A, Altıoklar K: Medulla spinalis yaralanmalı hastalarda heterotopik ossifikasyon. Romatizma 1991; 6: 31-38.
37. Sümer E, Özgirgin N, Çakıcı A: Spinal kord yaralanmalı olgularda ambulasyonun kalsiyum ve kemik metabolizmasına etkileri. Romatol Tıp Reh 1992; 3: 15-20.
38. Bryce TN, Ragnarsson KT. Pain after spinal cord injury. Phys Med Rehabil Clin North Am 2000; 11(1): 157-168.
39. Guler-Uysal F, Orkun S, Cila A, Özgirgin N. Delayed post-traumatic syringohydromyelia after an uncomplicated fracture of the spine: a case report and literature review. Spinal Cord 1996; 34: 301-304.
40. Sipski ML, Alexander CL. Sexual function and dysfunction after spinal cord injury. Phys Rehabil Clin N Am 1992; 3: 811-828.
41. Arpacıoğlu O, Özcan O: Omurilik yaralanmaları rehabilitasyonu. Ankara: GATA Basımevi, 1997.
42. Tola VB, Chamberlain S, Kostyk SK, Soybel DI. Symptomatic gallstones in patients with spinal cord injury. J Gastrointest Surg 2000; 4: 642-647.
43. Jackson AB, Groomes TE. Incidence of respiratory complications following spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 270-275.
44. Dursun H. Tetrapleji ve üst paraplejide solunum rehabilitasyonu. T Klin FTR 2001; 1(2):

- 102-109.
45. EsteenneM, De Troyer A. Mechanism of the postural dependence of vital capacity in tetraplegic subjects. *Am Rev Resp Dis* 135:367-71, 1987
  46. Neslihan Dikmenoğlu İskelet Kası Fizyolojisi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Cilt 1 Sayfa 138-155
  47. Hakkı Gökbel Egzersiz Fizyolojisi, Tıbbi Rehabilitasyon, Sayfa 477-490
  48. Ganong WF: *Review of Medical Phsyology*, 18th Edition Appleton-Lange USA,1997
  49. Moore KL, Persaud TVN, *The Developing Human WB Saunders Philedelphia*; 1993. s: 370-374
  50. Alberts B, Bray D, Lewis J *Molecular biology of the cell. Garland New York* 1994 s:787-862
  51. Kircherberger MA: Excitation and cotraction of skeletal muscle. In west JB (Ed):*Best and Taylor's phsyological basis of medical practice* 12th ed. Williams Wilkins, Bartimore. 1990 ss:62-109
  52. Guyton AC: *Textbook of medical physiology. 8th Edition Saunders, Philedelphia* 1991
  53. Fox SI: *Human Physiology, 4th Ed. WmC Brown Publishers, USA* 1993
  54. Sukkar MY, El Munshid HA, Ardawi MSM: *Concise Human physiology. Blackwell, Cambridge* 1993
  55. Astrand PO, Rodahl K: *Textbook of work physiology 3rd ed. McGraw-Hill , Singapore* 1987
  56. Bray JJ, Cragg PA: *Lecture Notes On Human Physiology, 4rd Ed. Blackwell Science Ltd., Cambridge* 1999
  57. Yeşim Gürsel: *Terapötik Egzersizler. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Cilt 1 Sayfa* 909-929
  58. Boksa MD, Moussavi RS: The methabolic basis of recovery after fatiguing exercise of human muscle. *Neurology*, 1990(40), 240-244
  59. Mahan LK, Escott-Stump S: *Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy, 9th Ed. WB Sounders Comp, USA, 1996*
  60. McArdle WD, Katch FI, KatchVL: *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human performance 4th. Ed. Williams Wilkins, USA* 1996
  61. Shephard RJ: *Exercise Physiology. BC Decker Toronto* 1987
  62. Williams C: *Metabolic Aspects of Exercise in Reilly T, Secher N. Shell P: Physiology of sports* 1990 s:1-40
  63. Kara M, Gökbel H: Anaerobik eşik ve klinik önemi. *Spor Hek. Dergisi* 29,161-175,1994

64. Dursun H., Özgül A. Tedavi Edici Egzersizler. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N ed. Tıbbi Rehabilitasyon. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 2004 pp 491-526.
65. Jokl P: Prevention of disuse muscle atrophy in chronic arthritides. *Rheumatic Disease Clin North Am* 16(4):837-44, 1990
66. DeLorme TL. Restoration of muscle power by heavy resistance exercises. *J Bone Joint Surg Am* 27:645-67 1945
67. Esselman RE. De Lateur BJ, Alquist AD et all. Torque development in isocinetic training *Arch Phys Med Rehabil* 72:723-28 1991
68. Spielhols NI: Scientific Basis of Exercise Programs. In Basmajians JV, Wolf SL(eds); *Therapeutic Exercise*. Baltimore, William and Wilkins Jo. 1990
69. Segal RL, Wolf SL: Morphological and functional Considerations for Therapeutic exercise. In Basmajian JV, Wolf SL(eds): *Therapeutic Exercise*. Baltimore, William and Wilkins Jo. 1990
70. Zinovieff Am Heavy-resistance exercise. The Oxford Technique. *Br J Phys Med* 14:129-131 1951
71. Hicks J E: Exercise in patients with inflammatory arthritis and connective tissue disease. *Rheumatic Disease Clin North Am* 16(4):845-70 1990
72. Frontera WR, Adams RP: Endurance exercise; Normal physiology and limitations imposed by pathological processes(part 2). *The physician and sport medicine*.14(9)109-120 1986
73. Fox, Bowers, Foss: *Physiological basis of education and athletics*. Philadelphia , Saunders college publishing 1988 pp 323-74
74. Humphrey D: Strength and endurance of the thigh muscles. *The Physician and sports medicine* 17(6):185-86 1989
75. Humphrey D: Strength and endurance of the thigh muscles. *The Physician and sports medicine* 17(6): 157-58 1989
76. Kisner C, Colby LA, Davis FA: *Therapeutic exercise*. Philadelphia foundations and techniques 1990
77. Wilk KE et al: Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application *JOSPT* 17(5) 225-39 1993
78. Pollock ML, Wilmore JH, *Exercise in health and disease*. 2nd. Ed. WB Saunders USA 1990
79. Gren HJ, Patla AE,: *Maksimal Aerobic Power: Neuromuscular and metabolic considerations*. *Med sci sport Exerc*. 24:38-46, 1992

80. Wilmore JH, Costill DL, Physiology of sport and exercise 2nd. Ed. Human Kinetics USA,1999
81. Robergs RA, Roberts SO: Exercise physiology. Exercise performance and clinical applications. Mosby Year Boks USA 1997
82. Maclaren DPM, Gibbson H: Areview of metabolic and physiological and in fatigue. Exerc sport sci rev. 29-66 1989
83. Gökbel H, Maksimum aerobik güç ve kalıtım. Spo hek derg 24:79-81, 1989
84. Satin B: Physiological adaptation to physical conditioning. Acta med stand suppl 711:11-24,1986
85. Akgün N, Egzersiz ve Spor Fizyolojisi, 5. baskı Ege Üniversitesi Basımevi Bornova İzmir. 1994
86. Astrand PO: Why Exercise? Med Sci Sports, Exerc. 24:153-162, 1992
87. Grimby G, Saltin:Physiological effects of physical training. Scand J Rehab Med 3:6-14, 1971
88. Hickson RC, Foster C, Pollock ML, Galassi TM, Rich S: Reduced training intensiyies and loss of aerobic power., endurance, cardiac growth. J Appl Physiol 58:492-498, 1985
89. Marti B, Howald H: Long-term effects of physical training on aerobic capacity:Controlled study of former elite athletes. J Appl Physiol 69:1451-1459, 1990
90. Akgün N: Koroner arter hastalıklarının önlenmesinde ve tedavisinde egzersizin yeri. Spor Hek Derg 19:1-13, 1984
91. Paffenbarger RS: Contributions of epidemiology to exercise science and cardiovascular health. Med Sci Sports Exerc 20:426-438, 1988
92. Larson EB, Bruce RA: Health benefits of exercise in an aging society. Arch Intern Med 147:353-356, 1956
93. Shephard RJ, Lavallee H: Effects of enhanced physical education on volumes of primary school children. J Sports Med Fitness 36:186-194, 1996
94. Çakar L, Derman S: Balıkadamlarda antrenmanın solunum dolaşım parametreleri üzerine etkisi. Spor Hek Derg 10:39-44,1975
95. McKay EE,Bround RW:Physical work capacity and lung function in competitive swimmers. Br J Sports Med 17:27-33, 1983
96. Astrand PO: Exercise physiology and its role in disease prevention and in rehabilitation. Arch Phys Med and Rehabil 68:305-309, 1987
97. Frey I, Berg A:Effects of age and physical performance capacity on disturbance of high density lipoprotein subfraction in men. Eur J Appl physiol 60:441-444, 1990

98. Sjöström M, Lexell J: Evidence of fiber hyperplasia in human skeletal muscle from young men? *Eur J appl Physiol* 62:301-304, 1991
99. Klausen K: strength and weight training. In Reilly T. Williams C (Eds): *Physiology of Sports*. E and FN span 1990 s: 41-67
100. Gerber LH, Hicks JE: Exercise in the rheumatic disease. In Basmajian JV, Wolf SI ed: *Therapeutic Exercise* Williams Wilkins USA 1990 s:333-350
101. El Sayed M: Effects of exercise and Training blood rheology. *Sports med* 1998;26:281-292
102. Çetin C, Kılınc C, Demirci D, Kutlu M, Karaca L: Effects of exercise on the lipid profile in male military population. *Tr J med. Sci* 17:193-200, 1993
103. Marti B, Knobloch M, Riesen WF: Fifteen year changes in exercise, aerobic power, abdominal fat and serum lipids in runners and controls. *Med sci Sports Exerc* 23:115-122, 1991
104. Bonetti A, Tirell F : Lipoprotein (a) and exercise. *J Sports Med Phys Fitn* 35:131-135, 1995
105. Hartung GH. Physical activity and high density lipoprotein cholesterol. *J Sports Med Phys Fitness* 35:1-5, 1995
106. Stein RA, Michielli DW: Effects of different exercise training intensities on lipoprotein cholesterol fractions in healthy middle aged men. *Am Heart J* 119:277-283, 1990
107. Gökbel H, Dölek Ç, Egzersize bazı hormonal cevaplar. *Spor Hek Derg* 33:87-94, 1998
108. Lahmann M, Knizia K: Influence of 6 week, 6 days per week, training on pruitary function in recreational athletes. *Br J Sports Med* 27:186-192, 1993
109. Rauramma R, Salonen JT: Effects of mild physical exercise on serum lipoproteins and metabolites of arachidonic acid. *BMJ* 288:603-606, 1984
110. Gleesson M, Bishop NC: *Immunology. Basic and applied Sciences for Sports Medicine*. Butterworth-Heinemann, Great Britain. 1999 s:199-236
111. Mackinnon LT: *Advanced in exercise Immunology*. Human Kinetics, USA, 1999
112. Shepard RJ, Shek PN: Potential impact of physical activity and sport on the immun system. A brief review. *Br J Sports Med* 28:247-255, 1994
113. Shepard RJ, Effects of exercise and training on Natural killer cell counts and cytolytic activity.: A meta analysis. *Sports med* 28:177-195, 1999
114. Nehlsen-Cannarella SL, Nieman DC: The effects of moderate exercise training on

- immune response. *Med Sci Sports*. 23:64-70, 1991
115. Nash MS. Exercise and immunology. *Med sci sports* 26:125-127, 1994
116. Herbison GJ, Jaweed MM: Exercise therapies in peripheral neuropathies. *Arch Phys med Rehabil* 1983;64:201-205
117. Fowler WM, Taylor R: Rehabilitation management of muscular dystrophy and related disorders, the role of exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 1982;63:319-321
118. Einarsson G: Muscle conditions in late poliomyelitis, *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72:11-14
119. Joynt RL, Findley TW, Boda W, Daum MC: Therapeutic Exercise. DeLisa JA, Gans BM(Ed): *Rehabilitation Medicine*. Philadelphia 1993, s:526-554
120. Miles MP, Clarkson PM: Exercise Induced muscle Pain, sorenes and cramps. *J Sports Phys Med Fitness* 1994;34:203-216
121. Friden J, Sfakianos PN: Muscle Soreness and intramuscular fluid Pressure: comparison between eccentric and concentric load. *J Appl Physiol* 1986;61:2175-2179
122. MacIntyre DL, Reid WD, Lyster DM: Presence of WBC, decreased strength and delayed soreness in muscle after eccentric exercise. *J Appl Physiol* 1996;80:1006-1013
123. Tuncer S. Fonksiyonel değerlendirmede izokinetik sistem kullanımı. In: Beyazova M., Gökçe-Kutsal Y. (Ed.) *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, Cilt 1, Ankara: Güneş Kitabevi, 2000: 657-664.
124. Şimşir N.: Serebrovasküler olay sonrası hemipleji gelişen olgularda el bilek eklem pozisyon duyusunun izokinetik dinamometre ile incelenmesi. *Uzmanlık Tezi*, Ankara 2004.
125. Weisman IM, Zeballos RJ: An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing. *Clinics in Chest Medicine* Vol 15.No.2. June 1994.
126. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, et al. The relationship between subjective knee scores, isokinetic test and functional testing in the ACL reconstructed knee. *JOSPT* 1994; 20(2).
127. Ellenbecker TS, Davies GJ, Rowinski MJ: Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff. *American J of Sports Med*. 1988; 16(1).
128. Tim KE. Postsurgical knee rehabilitation. A five year study on four methods and 5.381 patients. *American J of Sports Med*. 1988; 5.
129. Köseoğlu F, Deviren SD, Karabıyıkoeğlu G, Yorgancıoeğlu R: Ergospirometrik testte elde edilen parametreler ve yorumları. *Ege Fiz Tıp Reh Der* 1998;4(4):289-297.

130. Ashley EA, Myers J, Froelicher V. Exercise testing in clinical medicine. *Lancet* 2000; 356:1592-97.
131. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al: Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assesment. *J Apply Physiol.* 1983 Nov 55(5):1558-64.
132. Myers JN, Froelicher VF: Exercise testing and prescription. *Phys Med and Rehabil Clin of North America* Vol 6.No 1.Feb 1995.
133. Moldover JR, and Bartel MN: Cardiac Rehabilitation.(Ed):Braddom RL. *Physical Medicine and Rehabilitation*, second edition. W.B. Saunders Company, 2000:665-686.
134. Nilsson S, P. H. Staff, and E. D. Pruett: Physical work capacity and the Effect of training on subjects with long-standing paraplegia. *Scand J Rehabil Med* 7:51-56 1975
135. Cooney M, J. B. Walker:Hydroulic resistance exercise benefits cardiovascular fitness of spinal cord injured. *Med sci sports exerc* 18:522-525 1986
136. Davis G, Shephard R. J: Strength training for wheelchair users. *Br J Sports Med* 24:25-30 1990
137. Patrick L. Jacobs, Mark S. Nash and Joseph W. Rusinowski: Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Med Scien Sport Exerc* 2001 33;5:711-717
138. Patrick L. Jacobs, PhD; Edward T. Mahoney, MA; Mark S. Nash, PhD; Barth A. Green, MD: Circuit resistance training in persons with complete paraplegia. *Journal of Rehabilitation Research and Development* Vol. 39 No. 1, January/February 2002 Pages 21–28
139. Yekutieli M, Brooks ME, Ohry A, Yarom J, Carel R: the prevalence of hypertension, ischemic heart disease and diabetics in traumatic spinal cord injured patients and amputees. *Paraplegia* 1989;27:58-62
140. Janssen TW, van Oers CA, van Kamp GJ, TenVoorde BJ, van der Woude LH, Hollander AP. Coronary heart disease risk indicators, aerobic power, and physical activity in men with spinal cord injuries *Arch Phys Med Rehabil.* 1997 Jul;78(7):697-705
141. Fabio Salinas Duran, Luz Lugo, Lina Ramirez, Edgar Eusse: Effects of an exercise program on the rehabilitation of patients with spinal cord injury . *Archives of Physical Medicine Rehabilitation* Vol 82, October 2001 1349-54
142. Nash MS, Jacobs PL, Mendez AJ, Goldberg RB. Circuit resistance training improves the atherogenic lipid profiles of persons with chronic paraplegia. *J Spinal Cord Med.* 2001 Spring;24(1):2-9
143. Groot PC, Hjeltnes N, Heijboer AC, Stal W, Birkeland K. Effect of training intensity

- on physical capacity, lipid profile and insulin sensitivity in early rehabilitation of spinal cord injured individuals. *Spinal Cord*. 2003 Dec;41(12):673-9)
144. Spungen AM, Bauman WA, Wang J, Pierson RN Jr. Measurement of body fat in individuals with tetraplegia: a comparison of eight clinical methods *Paraplegia*. 1995 Jul;33(7):402-8
  145. Ota t, Akaboshi K, Nagata M, Sonoda S functional assessment of patients with spinal cord injury: measured by the motor score and the Functional Independence measure *Spinal Cord* 1996;34:531-5
  146. Jansse TW, Van Oers CA, Veeger HE, Hollander AP, Van der Woude LH, Rozendal RH: Relationship between physical strain during standardised ADL tasks and physical capacity in men with spinal cord injuries. *Paraplegia* 1994;32:844-859
  147. Hjeltnes N, Wallberg Henriksson H.: Improved work capacity but unchanged pick oxygen uptake during primary rehabilitation in tetraplegic patients. *Spinal Cord* 1998;36:691-698
  148. Zigmond AS, Snaith RP: The hospital anxiety and depression scale. *Acta psychiatr scand* 1983;67:361-370
  149. Herrmann C: International experiences with the hospital anxiety and depression scale- a review of validation data and clinical results. *J Psychosom Res* 1997;42:17-41
  150. Robert F. Zoeller, Steven E. Riechman: Relation between muscular strength and cardiorespiratory fitness in people with thoracic level paraplegia *Arch Phys Med Rehabil* 86:1441-1446 2005
  151. A. Vinet, D. Le Gallais, P.L. Bernard: Aerobic metabolism and cardioventilatory responses in paraplegic athletes during an incremental wheelchair exercise. *Eur J Appl Physiol*: 76:455-461 1997
  152. Barstow Thomas J., Scremin, A. M. Erika: Changes in gas Exchange kinetics with training in patients with spinal cord injury. *Med sci sports exerc* 28;10:1221-1228 1996
  153. Annett J. Dallmeijer, Lucas H. V. Van der Woude: Physical performance during rehabilitation in persons with spinal cord injuries. *Med sci Sports Exerc* 31;9:1330-1335 1999