

Periferik Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Assessment of Periferal Muscle Strength

Uzm. Fzt. Filiz Cennet TAŞDEMİR

SBÜ. Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara

ÖZET

Kronik akciğer hastalıklarında fiziksel aktivitede kısıtlılık respiratuar, hemodinamik ve periferik kas anormallikleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Genellikle dispne ve alt ekstremité kaslarında meydana gelen anormallikler hastaların fiziksel performansını ve günlük yaşam aktivitelerini etkiler, egzersiz toleransını azaltır ve sağlıkla ilgili yaşam kalitesini bozar. Kronik akciğer hastalıklarında; Pulmoner Rehabilitasyon programlarında egzersiz eğitiminin kişiye özel olarak planlanması ve uygulanması için periferik kas kuvvetinin değerlendirilmesi önemlidir. Çeşitli yöntemlerle periferik kas kuvveti değerlendirilebilir. PR merkezlerindeki interdisipliner ekip yapısına ve kliniğin çalışma şartlarına en uygun değerlendirme parametresi seçilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Periferik kas kuvveti, değerlendirme, kronik akciğer hastalıkları.

ABSTRACT

Limited physical activity in patients with chronic respiratory disease are linked to several factors such as respiratory, hemodynamic, peripheral muscle abnormalities. Dyspnea and abnormalities of lower extremity muscle can influence physical performance, activity of daily living, decrease exercise tolerance and deteriorate health related quality of life. In pulmonary rehabilitation programs, assessment of the peripheral muscle strength is important to plan and perform the exercise training individually in chronic lung diseases. Peripheral muscle strength can be evaluated by several methods. The most appropriate method should be chosen according to structure of interdisciplinary staff in PR center and condition of clinics.

Key words: Peripheral muscle strength, assessment, chronic respiratory disease.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Uzm. Fzt. Filiz Cennet TAŞDEMİR
SBÜ. Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara
e-posta: filizakbay@hotmail.com
DOI: 10.5152/gghs.2019.004

Kaslar; üzerine yapıştığı kemik yapıların hareketini sağlayan, kasılabilme özelliğine sahip, hareketin aktif organlarıdır. İskelet sistemi, kasların yardımıyla vücudun hareketini sağlar ve kaslar iskelet üzerine yapışarak vücuda şekil verir. Yürümek, hareket etmek gibi fonksiyonların ve vücuttaki organların fonksiyonlarını yerine getirmelerini ve organizmanın düzenli çalışmasını sağlar. İskelet kasları vücudun ortalama %40'ını oluştururlar⁽¹⁾. Santral sinir sisteminden emir alırlar ve istemli hareket eder ve sarkolemma denan elastik zarla çevrilidirler. Kaslar sinir uyarılması ile kasılmayı gerçekleştiren aktin miyosin komponentlerini içerir ve membran boyunca kalsiyum iyon değişiklikleri meydana gelerek kasılırlar. İskelet kasları farklı lif tiplerinden oluşur. Yavaş kasılan Tip I kas lifleri ve hızlı kasılan Tip II kas lifi olarak ikiye ayrılır. Tip II kas lifide kendi içinde hızlı kasılan oksitatif glikolitik Tip IIa lifi ve hızlı kasılan glikolitik Tip IIx lifi olarak tanımlanmaktadır⁽²⁾.

Tip I lifler; sarkoplazma ve myoglobulin yönünden zengin, aerobik kapasitesi yüksek, uzun süre yorulmadan kasılan liflerdir. Kas enduransını geliştirici düşük yoğunluktaki egzersizlerde ve uzun süreli aerobik aktivitelerde kullanılır. Yürüme, ayakta durma gibi günlük yaşam aktivitelerimizden tip I kas lifleri sorumludur.

Tip II lifler; sarkoplazma, myoglobulin ve enerji depoları az, anaerobik kapasiteleri yüksektir. Çabuk yorulurlar ve ani şiddetli gerilim oluşturma becerileri vardır. Bu kaslar sıçrama öksürme gibi aktiviteleri gerçekleştirirler (Tablo 1)⁽²⁾.

Vücutta iskelet kaslarının kuvvet ve endurans olmak üzere, imi temel özelliği vardır. Kuvvet; bir kas veya kas grubu tarafından uygulanan maksimum kasılmanın mekanik bir göstergesidir. Kas kuvveti ise her birim zamanda kasın maksimal efor ile dirence karşı harcadığı güç veya kişinin belli bir zaman içerisinde kasta oluşan kuvvet veya torque'u ortaya çıkarma yeteneğidir. Torque; uygulanan birim kuvvet ile bu kuvvetin dönme eksenine olan dik mesafenin çarpımıyla oluşan döndürme momentidir. Bu yetenek, kasların kasılma gücüne bağlıdır. Endurans ise submaksimal kuvvette bir aktiviteyi sürdürebilme yeteneğidir⁽³⁾. Kuvvet ve endurans farklı yapısal ve biyolojik faktörlere bağlıdır. Kuvvet, kasın kütlesine bağlıdır, endurans ise kasın aerobik kapasitesine bağlıdır⁽⁴⁾. Endurans, kastaki tip I liflerinin oranı, kapiller ve mitokondri yoğunluğu, metabolik enzim aktivitesi, kreps siklusu ve oksidatif fosforilasyona bağlıdır.

Kuvvet ve endurans dışında kasta oluşan yorgunluk kasın performansını etkileyen en önemli etkidir. Kas yorgunluğu, kasın uzun süre aktiviteye maruz kalmasıyla ortaya çıkar. Kas yorgunluğunun esas nedeni ise; oksijen yetmezliği ve metabolitlerin (laktik asit) birikmesidir. Kasın kandaşımını bozularsa yorulma daha çabuk oluşur. Kasın tekrar hareket yeteneğini kazanması için dinlenmesi gerekir. Eğer iskelet kaslarında zayıflık varsa yeterli kas kuvveti açığa çıkmaz ve dinlenme ile iş kapasitesi düzelmez⁽⁵⁾.

Tablo 1. Kas liflerinin karakteristik özellikleri⁽²⁾.

Karakteristik özellikleri	Tip I	Tip IIa	Tip IIx
Kasılma zamanı	Yavaş	Hızlı	Çok hızlı
Boyut	Küçük	Büyük	Çok büyük
Yorgunluğa direnci	Yavaş yorgunluğa dirençli-yüksek	Hızlı yorgunluğa dirençli-orta	Hızlı yorulabilir-düşük
Aktivite	Aerobik	Uzun süren anaerobik	Kısa süren anaerobik
Myoglobulin / Mitokondri	Zengin kırmızı	Kırmızı-beyaz	Az beyaz
Metabolizma	Oksitatif	Oksitatif/glikolitik	Glikolitik
Fonksiyon	Ayakta durma, Sakin solunum	Yürüme, Hiperventilasyon	Zıplama Öksürük

Kas kuvvetine etki eden ana faktörler;

1. Kasın enine kesit alanının büyüklüğü (kas fibril sayısı) attıkça kas kuvveti artar.
2. Kas kontraksiyonun tipi.
3. Kasın içinde bulunduğu fiziki koşullar.
4. Kas lifinin tipi.
5. Yaş ; kuvvet artımı ilk 20 yılda artar.
6. Cinsiyet erkeklerde kas kuvvet artışı 2-19 yaş arası, kadınlarda 9-19 yaş arasındadır. Erkekler kadınlara göre daha kuvvetlidir.
7. Yorgunluk; bu durumda uyarılara cevap veren fibril sayısı azalır.
8. Beslenme; uzun süreli açlıkta kas enerji deposu ve kas kuvveti azalır⁽⁶⁾.

Kronik akciğer hastalıklarında fiziksel aktivite de kısıtlılık respiratuar, hemodinamik ve periferik kas anormallikleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Genel olarak dispne ve/veya alt ekstremitelerde kaslarında meydana gelen anormallikler kronik akciğer hastalıklarında fiziksel performansı etkileyen en önemli semptomlardır. Periferik kas disfonksiyonu, kronik akciğer hastalıklarında özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) 'ta görülen en yaygın sistemik sonuçlardan bir tanesidir. Bununla beraber kronik akciğer hastalıklarında (KOA, kistik fibrosis gibi) sistemik inflamasyon, oksitativ stress, hipoksi, hiperkapni, genetik ve epigenetik değişiklikler ,elektrolit değişiklikler, ilaçlar (kortikosteroidler), komorbiditeler, atak sayısı, beslenme bozuklukları, malnutrisyon, sigara kullanımı, metabolik bozukluklar (Vit D ve testosteron eksikliği), fiziksel inaktivite ve yaşlanma iskelet kas fonksiyonlarını etkilemektedir^(3,4).

Bu hastalarda görülen kas zayıflığı egzersiz toleransını azaltır, günlük yaşam aktivitelerini etkiler ve hastaların sağlıklı ilgili yaşam kalitesi bozulur⁽³⁾. İskelet kas zayıflığının yanısıra sistemik inflamasyonla birlikte kemik mineral dansiteside azalmaktadır. Kronik akciğer hastalıklarında ortaya çıkan iskelet kas zayıflığı ve enduransta azalma ve yorgunluktaki artışın en etkili tedavi yöntemi egzersiz eğitimidir. Kuvvet eğitimi; kas kuvvetini, gücünü ve enduransını geliştirmekte ve kas yorgunluğu seviyesini azaltmaktadır. Aynı zamanda, kas kuvveti ve kitesini geliştiren egzersizler, stres altında olan spesifik kemiklerin kitlesi (kemik mineral yoğunluğu ve içeriği) ve kuvvetini deartırmaktadır. Osteoporozu

olan kişilerde kemik kitlesi kaybını önler, yavaşlatır veya hatta tersine çevirebilir. Kas zayıflığı osteoartrit gelişim içinde bir risk faktörüdür. Kişiye özel planlanan ve uygulanan egzersiz eğitimi programları iskelet kas hastalıklarını önler ve tedavi eder⁽⁷⁾.

İskelet Kas Zayıflığı

İskelet kas zayıflığı, kasların görevlerindeki yetersizlik olarak tanımlanmaktadır. Kuvvette veya enduransta veya her ikisinde azalma ile sonuçlanmaktadır⁽³⁾. Kronik solunum yolu hastalıklarında periferik kaslarda (özellikle alt ekstremitelerde) ve solunum kaslarında disfonksiyon görülür. KOA, en çok iskelet kas zayıflığı görülen ve bu alanda her yönüyle araştırılan en yaygın kronik solunum yolu hastalığıdır.

KOA, geri dönüşümü olmayan havayolu limitasyonu ile karakterize, önlenemez ve tedavi edilebilir bir hastalıktır. KOA ekstrapulmoner ve pulmoner belirtiler ile kompleks bir hastalıktır. Sistemik inflamasyonun, hastalığın pulmoner ve ekstrapulmoner komponentleri arasındaki patolojik bağlantı olabileceği düşünülmektedir. KOA, fonksiyonel kapasitede bozulma, dispnede kötüleşme, sağlıklı ilişkili yaşam kalitesinde azalma ve mortalitede artma ile sonuçlanan sistemik belirtilerle birlikte⁽⁸⁾. Ancak ortaya çıkan solunum dışı komorbiditeler hastalığın şiddetini etkilemektedir. Sistemik sonuçlar ve komorbiditeler, hastalığın erken evrelerinde de görülebilmektedir.

İskelet kas zayıflığı KOA'nın en önemli ve en çok görülen sistemik sonuçlarından biridir. Kas zayıflığı daha çok alt ekstremitelerde kaslarında, özellikle quadriceps femoris kasında, görülmekte ve sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında iki-dört kat daha hızlı azalmaktadır⁽⁹⁾. Ambulasyondan sorumlu kaslarda meydana gelen bu zayıflık fiziksel aktiviteyi, egzersiz toleransını, yaşam kalitesini ve hatta hayatta kalımında etkilemektedir⁽¹⁰⁾. KOA'ta görülen düşük egzersiz kapasitesinin en önemli nedeninin solunum mekaniklerindeki değişiklik ve pulmoner gaz değişimindeki bozulmanın sonucunda oluşan dispnenin sorumlu olduğu düşünülmekteydi. 1990'ların ikinci yarısından sonra maksimal egzersiz kapasitesini kısıtlayan en önemli nedenin alt ekstremitelerde yorgunluğu olduğu ve dispneye göre %43 oranında görüldüğü üzerinde durulmuştur⁽¹¹⁾. KOA'lı hastalarda üçte bir oranında kas zayıflığı görülebilmek^(10,12) ve bu görülme sıklığı hastalığın şiddetinden bağımsızdır. KOA ve kontrol grubu ile karşılaştırma yapılan bir çalışmada erken evre KOA'lı hasta-

larda quadriceps kas kuvvetinde %25 oranında azalma görülmüştür⁽¹³⁾. Quadriceps kas zayıflığı erken evre KOAH'ta bile fiziksel inaktivite ile ilişkilidir⁽¹⁴⁾. Quadriceps kas kuvveti azalır ve orta dereceli hastalarda zayıflık görülür. Kas zayıflığı kas grupları arasında benzer değildir; üst ekstremité kas kuvveti alt ekstremité kas kuvvetine göre daha iyi korunur^(15,16).

KOAH'lı hastalardaki iskelet kas zayıflığı, kas kütlesinin net kaybı ve kas lifi tipleri ve kas metabolizmasının dağılımındaki değişikliklerden kaynaklanır⁽¹⁷⁾. Bunun yanında geriye kalan kasta fonksiyon kaybı görülür. Bununla beraber hastalar daha az hareket eder ve zaman geçtikçe hareketlerinin dahada aza indirgerler. Bunun sonucunda KOAH'lı hastalarda kasların kullanılmaması atrofi gelişimini sağlar⁽³⁾. Yapılan bazı çalışmalarda her ne kadar KOAH'lı hastalarda periferik kaslar iyi korunmuş olsada kas kitlesinde ve kesitsel alanda anlamlı azalmalar geliştiği gösterilmiştir^(9,14). Birbiri ile ilişkili ve çok yönlü bu anormalliklerin altında yatan mekanizmalar kesin olarak tanımlanamamıştır. Sistemik inflamasyonla bağlantılı olduğunu düşündüren bir çok kanıt vardır. KOAH atakta CRP, IL-6, IL-8 ve TNF α seviyesini kanda artırır. KOAH atakta quadriceps kas kuvveti üçüncü günden itibaren azalmaya başlar, beşinci günden sonra %5 oranında azalır. Özellikle kas gücü hastaneden taburcu olduktan en az üç ay sonra iyileşir. Kas zayıflığı atak riskini artırır. Yapılan çalışmalar KOAH ataklarının quadriceps kas kuvvetinde ve kitlesindeki azalma ile ilişkili olduğunu gösterilmiştir^(9,18). KOAH atakta, quadriceps kas kuvveti ile ve plazma IL-8 düzeyi ile negative ilişkili olduğu düşünülmektedir⁽¹⁹⁾. Klinik olarak stabil KOAH'lı hastalarda, dolaşımda artan plazma IL-6 ve TNF-a seviyelerinin azalmış quadriceps kas kuvveti ile ilişkili olduğunu gösterilmiştir. CRP düzeyinin, quadriceps kas kuvveti için bağımsız bir belirleyici olmadığı gösterilmiştir⁽²⁰⁾. 2015'de yapılan bir çalışmada, stabil KOAH'lı hasta grubunda artmış TNF α seviyesi quadriceps ve triceps kas kuvvetindeki azalma ile ilişkili olduğu, yüksek CRP düzeyinde azalmış biceps kas kuvveti ile ilişkili olduğu bulunmuştur⁽²¹⁾.

Atak sırasında kas zayıflığının nedenleri arasında inflamasyon, enerji dengesinde bozulma, inaktivite ve kortikosteroid kullanımı sayılabilir. KOAH atak tedavisinde tedavinin en önemli hedeflerinden biri kas kuvvetinin korunması olmalıdır.

KOAH' ta iskelet kas zayıflığı, yağsız kitlenin kaybıyla beraberdir. Dünya Sağlık Örgütü sınıflama-

sına göre vücut kitle indeksi (VKİ), GOLD'a göre evre 4 KOAH'lı hastalarda %30 oranında normalin altındadır. Vücut kompozisyonu değerlendiren çalışmalar, kas kütlesinin %4-35 oranında azaldığını göstermişlerdir⁽¹²⁾. KOAH'lı hastaların %26 sında vücut kitle indeksi normal ama yağsız vücut kitle indeksinin (YVKİ) düşük bulunması kas atrofisini ölçmek için vücut kompozisyonun değerlendirilmesi üzerinde vurgu yapılmıştır⁽¹²⁾.

Normal VKİ, düşük YVKİ varlığı mortalitenin güçlü bir göstergesidir⁽¹⁰⁾. KOAH'ta alt ekstremité kaslarında yaygın olarak atrofi gelişmektedir^(22,23). Atrofi geliştiğinde quadriceps kasındaki tüm kas lifi tipleri etkilenmektedir⁽²⁴⁾. Buna rağmen tip IIx liflerinin daha çok etkilendiği düşünülmektedir⁽²⁵⁾. Quadriceps kas liflerindeki değişim tip I liflerinden tip IIx liflerinedir. Tip I liflerinin oranı hastalığın şiddeti ile ters orantılıdır. İleri evre KOAH'lı hastalarda kas liflerinde meydana gelen değişiklikler; Tip I fibrillerinde azalma, Tip IIx fibrillerinde artma, Tip I ve IIa liflerinde atrofi, kapillarizasyonda azalma, intramusküler pH ve ATP konsantrasyonunda azalma, kas laktat düzeyinde artma, mitokondriyal enzim aktivitesinde azalma olarak kısaca özetlenebilmektedir^(24,26).

İskelet kas fonksiyonu, akciğer fonksiyonları ve egzersiz performansı arasındaki ilişki tam olarak anlaşılmasada, çalışmalarda aralarında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. GOLD'a göre hastalığın evresi arttıkça iskelet kas zayıflığıda artmaktadır. Bernard ve ark tarafından zorlu ekspiratuar birinci saniyedeki volüm (FEV₁) ile quadriceps kas kuvveti arasında anlamlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Düşük alt ekstremité kas kuvveti düşük FEV₁ ile ilişkilidir⁽²⁷⁾. Bunun yanısıra FEV₁ ile mortalite arasında zayıf bir ilişki olduğu vurgulanmıştır⁽²⁸⁾.

Yapılan bir diğer çalışmada Marin ve ark KOAH'lı hastalarda Quadriceps kas kuvveti ile akciğer fonksiyonları arasındaki ilişkiyi, 1 RM testi ile değerlendirmişler. FEV₁ ile alt ve üst ekstremité kas kuvveti arasında zayıf bir ilişki olduğu gösterilmiştir⁽²⁹⁾. İnspiratuar kapasitenin total akciğer kapasitesine oranının (IC/TLC) egzersiz kapasitesi ile ilişkili olduğu bilinmektedir⁽³⁰⁾. Cebollero ve ark. tarafından IC/TLC oranının < %25 olan KOAH'lı hastalarda alt ve üst ekstremité kas kuvvetinin daha düşük olduğu bulunmuş ve periferik kas kuvveti ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Çalışmada sadece orta ve ağır KOAH'lı erkek hastaların değerlendirilmesi çalışmanın en önemli limitasyonu olduğu vurgulanmıştır⁽³¹⁾.

Tüm bunlara ilaveten alt ekstremitte kas kuvveti altı dakika yürüme testi ve artan hızda mekik yürüme Testi mesafesi ile, maksimal oksijen alımı ve inkremental egzersiz test semptomları ile anlamlı olarak ilişkilidir. Endurans mekik yürüme testi performansı ile ilişkisi tespit edilememiştir⁽³²⁻³⁴⁾. Düşük YVKİ düşük yürüme mesafesi ve maksimal oksijen alımı ile ilişkilidir⁽³⁵⁾.

KOAH'lı hastalarda periferik kas kütlesi ve kas kuvveti arasındaki ilişki vücut kompozisyonun ve periferik kas kuvvetinin değerlendirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu strateji, egzersiz intolerans ve mortalite riskinin değerlendirilmesi için önemlidir.

Periferik Kasların Genel Değerlendirilmesi

Kas Kütlesinin Değerlendirilmesi

Antropoloji biliminin bir tekniği olan antropometri tekniği yardımıyla vücut bileşimi tespit edilmeye çalışılmıştır. Antropometrik ölçümler; çevre, uzunluk, genişlik ve yağ dokusu ölçümlerini içermektedir. Çevre ölçümleri (baş, boyun, göğüs, bel, abdomen, kalça, uyluk, bacak vs.) ve kemik uzunluk ölçümleri (üst ekstremitte, alt ekstremitte ölçümler) 7 mm şerit mezura ile, çap ölçümleri (omuz, diz, el bileği vs.) bölgeye uygun çeşitli büyüklükteki kaliper yardımıyla, deri altı yağ kalınlığı (göğüs, aksillar, triceps, subscapular, biceps, abdominal, suprailak, uyluk, bacak) ise skinfold adı verilen özel bir kaliperle ölçülmektedir. Antropometrik aletlerin ucuz ve kolay taşınabilir olması büyük avantaj sağlar. Ama bu teknik, diğer tekniklerle karşılaştırıldığında daha çok yağsız vücut kitle indeksi hesaplanmasında yardımcı olur^(6,36).

Biyoelektriksel Impedans yöntemi ise; vücutta farklı dokularda elektriksel direncin saptanmasıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem kemikten, yumuşak dokuyu, yağ ve yağ dışı dokuyu ayırabilmektedir. Tehlikesiz ve geçerli bir yöntemdir. Ayrıca, aletin taşınabilirliği nedeniyle pratik ve ucuzdur⁽³⁷⁾.

Dual enerji X-ray absorpsiyometri (DEXA); tüm vücut ve bölgesel iskelet kas kütlesinin değerlendirildiği bir görüntüleme yöntemidir. Yumuşak doku, yağ ve kemik mineral yoğunluğunun ölçmek için kullanılan bir tekniktir⁽³⁸⁾.

Biyoelektriksel impedans ve DEXA spesifik kas gruplarının boyutunu ölçmede kullanılamaz, bunun yanında kas atrofisi ile fiziksel fonksiyon arasındaki ilişkiyi anlamamıza yardımcı olabilirler. Klinisyene egzersiz limitasyonunun mekanizması hakkında fikir verebilir.

İskelet kas kütlesinin değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan diğer bir metod görüntüleme yöntemleridir. Bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme ve ultrasonografi kullanılır. BT ve MRG kas dokusunu yağdan ayırt etmede ve bölgesel kas ölçümü elde etmede altın standarttır. Pahalı ve teknik olarak çekimde ve yorumlamada iyi bir uzmana ihtiyaç duyulduğundan yaygın kullanılmamaktadır. USG ise daha ucuz ve kolay ulaşılabilir bir yöntemdir⁽³⁹⁻⁴¹⁾.

Kas biyopsisi ise morfolojik bir tekniktir ve kasların yapısal ve biyokimyasal özelliklerini en iyi yansıtan tekniktir⁽⁴²⁾. Ama invaziv bir işlem olduğu için araştırma çalışmalarında kullanımı sınırlıdır⁽⁴³⁾. Yapılan sınırlı sayıda çalışma göstermiştir ki KOAH'lı hastalarda yapılan kas biyopsisinden yüksek oranda karşılaştırılabilir ve geçerli sonuçlar elde edilmiştir. Teknolojik gelişmeler beraber dötteryum dilüsyonu gibi daha karmaşık ve invaziv yöntemler kullanılmaktadır. Ama kullanımı için özel araştırma merkezlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

KOAH'lı hastalarda kas kütlesini değerlendirmek için kullanılan tüm testlerin kullanışlı ve kişiler için güvenilir olduğu gösterilmiştir.

Periferik Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Periferik kas kuvvetini değerlendirmede maksimal istemli (volunter) kontraksiyonda uygulanan güç veya torque ölçülür. Değerlendirme tedavi öncesi periferik kas zayıflığının tespiti, kişiye özel dirençli egzersiz eğitim programının planlanması ve tedavi sonrası etkinliğin değerlendirilmesi amacıyla yapılır. Kas kuvvet ölçümü için istemli ve istemsiz kontraksiyonları içeren birçok yöntem kullanılmaktadır. Uygulamayı yapacak fizyoterapistin klinik şartlarına uygun doğru, hassas ve en güvenilir testi seçmesi gerekmektedir.

1. İstemli Kontraksiyon

KOAH'lı hastalar ile aynı yaşta kontrol grubu ile yapılan birçok çalışmada quadriceps kas kuvvetinin sağlıklılara göre azalmış olduğu gösterilmiştir⁽¹³⁾. Buna karşılık, adductor pollicis ve dirsek fleksörleri ve kavrama kuvveti gibi üst ekstremitte kaslarının kuvveti nispeten korunmuştur. Hasta ve kontrol grubu biceps ve deltoid kas biyopsi sonuçları karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. KOAH'ta iskelet kas zayıflığı dağılımı eşit değildir. Daha çok hareketten sorumlu olan alt ekstremitte kasların etkilenimi söz konusudur. Uygun bir tedavi programının planlanması ve tedavinin etkinliğinin

değerlendirilmesi için periferik kas gruplarının değerlendirilmesi çok önemli ve gereklidir.

Kas kuvvetini değerlendirmek için değişik bir kaç teknik kullanılmaktadır.

- Manuel kas testi
- Dijital dinamometre
- El dinamometresi (kavrama kuvveti)
- 1 maksimum tekrar (one repetition maximum-1RM)
- Tensiometre
- Bilgisayar ilaveli aletler

1. Manuel kas testi: Manuel kas testi, fizyoterapistin değerlendirme yapılacak olan kas veya kas grubuna manuel olarak direnç uygulaması esasına dayanır. Kas testinde, hasta en uygun başlangıç pozisyonuna yerleştirilerek, hareketi yapması istenir ve sözel uyarılarda bulunularak motivasyon sağlanır. Kas testlerine 3 değeri ile başlanır. Üç değerini yapabilen kasın; 3+, 4 ve 5 değerlerine bakılır. Testin kısa sürede, hastanın pozisyonunu çok değiştirmeden ve hastayı yormadan uygulanması önemlidir. Yaygın olarak 1912 yılında geliştirilen MRC skalası kullanılır⁽⁶⁾.

Medical Research Council-MRC skalası⁽⁶⁾.

- Normal⁽⁵⁾: Kas yerçekimine karşı hareketi tamlandıktan sonra, kendisine uygulanan tam karşı kuvvete, maksimum direnç ile karşılık verir
- İyi⁽⁴⁾: Kas yerçekimine karşı hareketi tamlandıktan sonra, kendisine uygulanan tam karşı kuvvete, maksimum dirençten daha az bir dirençle karşılık verir.
- Orta⁽³⁾: Kas yerçekimine karşı normal eklem hareketi (NEH)'ni tamamlar, uygulanan kuvvete hiç direnç gösteremez.
- Zayıf⁽²⁾: Kas yerçekiminin elimine edildiği pozisyonda NEH tamamlar.
- Eser⁽¹⁾: Eklemde hareket açığa çıkmadan kontraksiyon hissedilir.
- Tam paralizisi⁽⁰⁾: Kasta kontraksiyon hissedilmez.

Değerlendirmede geniş bir aralık var olduğu ve niteliksel olarak subjektif bir değerlendirme yaptığı için çalışmalarda kullanımı çok tercih edilmemektedir. Daha çok ileri dönem hasta gruplarında tercih edilmektedir⁽⁴⁴⁾.

2. Dijital dinamometre: Gerçek birim kuvvetinde, kas kuvvetinin objektif bir değer sağlamak için manuel kas testi ile birlikte ölçüm yapan portabl bir

cihazdır. Her bir bölgede kas testi sağ ve sol taraf için üç kez tekrarlanır. Elde edilen değerler Newton (N), kilogram (kg) veya pound cinsinde kaydedilir. Sağ ve sol tarafın en iyi değerleri kullanılır⁽³⁾. Ölçümlerin yorumlanmasında, yaş ve cinsiyete göre belirlenen referans değerler kullanılır^(45,46). Çalışmalarda genellikle quadrieps kas kuvveti değerlendirilmektedir. Bunun yanında kalça abduktörleri, omuz abduktör ve fleksörleri ve dirsek fleksörlerini değerlendiren çalışmalar da mevcuttur.

3. El dinamometresi (el kavrama kuvveti):

El kavrama kuvveti, üst ekstremité fonksiyonunu ölçmek için kullanılan basit bir ölçüm yöntemidir. Genel popülasyonda mortalite ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Kolay ve kullanışlı bir yöntem olması nedeniyle el kavrama kuvvetinin ölçümü pulmoner rehabilitasyon alanında yapılan birçok çalışmada kullanılmaktadır. Farklı dinamometre çeşitleri bulunmaktadır. Ancak çalışmalarda geçerlilik ve güvenilirliği yüksek bulunan, Amerikan El Terapistleri Derneği tarafından da önerilen ve altın standart olarak kabul edilen Jamar el dinamometresi kullanılmaktadır. KOAH'lı hastalarda sıklıkla kullanılmakta ve prognostik faktor olarak kabul edilmektedir⁽⁴⁷⁾. Test sırasında hasta oturma pozisyonunda omuz adduksiyonda, dirsek 90° fleksiyonda, ön kol nötral pozisyonda olacak şekilde oturur ve ölçümler sağ ve sol taraf için üçer tekrarlı yapılır. Birim olarak kg veya pound olarak kaydedilir. Sağ ve sol tarafın en iyi değerleri kaydedilir. Ölçümlerin yorumlanmasında, yaş, cinsiyet, boy ve ölçüm yapılan tarafa göre belirlenen referans değerler kullanılır^(48,49).

4. 1 Maksimum tekrar (1 RM): 1RM testi; bir kişinin sadece bir kez kaldırabileceği maksimum ağırlık olarak tanımlanmaktadır. Ağırhırlar veya dirençli egzersiz aletleri kullanılarak ölçüm yapılabilmektedir. Pulmoner rehabilitasyon programlarına katılan kişiler tarafından iyi tolere edilebilme ve özellikle KOAH'lı hastalarda kas kuvvetinin değerlendirilmesinde kullanılan ana saha testidir. KOAH'lı bireylerde, 1 RM testi dinamik kas kuvvetini değerlendirmek için güvenli bir metod olarak gösterilmiştir. İzometrik ve izokinetik kas kuvvetleriyle yüksek derecede korele olduğu saptanmıştır⁽⁵⁰⁾. Hem alt hemde üst ekstremité kas grupları değerlendirilebilir. Ucuz, hızlı ve kolay uygulanabilir bir yöntem oluşu rehabilitasyon merkezlerinde kullanımını yaygınlaştırmıştır.

5. Tensiometre: Eklemde hareket açığa çıkmadan, statik veya izometrik kontraksiyon ile kasta oluşan

çekme gücü ölçülmektedir. Alet hafif, dayanıklı, taşınabilir ve birçok kas grubunun kuvvetini ölçmek için adapte edilebilir özelliktedir. Yapılan ölçümler objektiftir ve iki-üç kez tekrarlanması daha iyi sonuç vermektedir. Çalışmalarda gerinim ölçer, kablo tensiometre ve güç platformu gibi değişik aletler kullanılmaktadır. Çoğunlukla quadriceps kas kuvveti değerlendirilmiştir. 30-120° geniş bir aralıkta kas fleksiyon pozisyonunda ölçüm yapılabilmektedir^(6,51).

6. Bilgisayar ilaveli aletler: Bilgisayarlı dinamometrelerde kas kuvvet ölçümü için izometrik ve izokinetik prosedürler kullanılmaktadır. Cybex veya Biodex gibi bilgisayarlı dinamometreler ile değerlendirme yapılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda testlerin güvenilirliği, doğruluğu ve güvenli oluşu gösterilmiştir.

Quadriceps femoris kasında maksimal izometrik kontraksiyon; bu prosedür genellikle hastaların, kalça ve dizin 90° olduğu oturma pozisyonunda değerlendirilir. Quadriceps ekstansiyon kas kuvveti, dinamometreye bağlı ayak bileğinden uygulanan kuvvet ile ölçülür⁽⁵²⁾. Yaş, boy ve cinsiyete göre referans değerleri vardır⁽⁵³⁾.

İzokinetik kas kuvveti ise, sabit bir hızla ekstremitte hareketine izin veren elektromekanik bir aletle ölçülmesi esasına dayanır ve kas kuvvetinin değerlendirilmesi yanında kas endüransını değerlendirmek amacıyla da kullanılmaktadır. Ekstremitte hareket ederken torque değerlendirdiği için dinamik testler olarak isimlendirilebilir. Meydana gelen tork oranını, gücü ve total işi değerlendirebilir. Çalışmalarda en çok quadriceps kas kuvveti değerlendirilmiştir. Değerlendirme kasın 60-120 derece diz fleksiyon açısında yapılır⁽⁵⁴⁾. Yapılan testin en önemli limitasyonu quadriceps kas kuvveti için kabul edilmiş geniş aralıkta referans değerleri yoktur. Bu quadriceps kuvvetinin kilogram cinsinden VKİ nin yüzdesi olarak ifade edilebilir⁽⁵⁵⁾. Diğer limitasyon ise test sırasında hastanın pozisyonu ile stabilizasyonunun çok önemli olduğu ve testin hastanın kooperasyonu ile gerçekleştirilmesidir. Bunu yanında cihazlar çok pahalı, testin uygulama zamanı uzun ve kolay ulaşılabılır değildir.

2. İstemsiz Kontraksiyonlar

Periferik kas kuvvet değerlendirmesinde istemsiz kontraksiyonlar daha çok araştırma veya prognostik amaçlı kullanılır. Periferik sinire, elektriksel veya manyetik tek bir uyarının uygulanmasıyla gerçek-

leştirilir. Bu aktivasyondan sonra oluşan kuvvetin ölçülmesi esasına dayanır. Az sayıda araştırma laboratuvarlarında uygulanmakta ama KOAH lı hastalarda değişik kas grupları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda, distal kasların proksimal kaslara göre, üst ekstremitte kaslarının da alt ekstremitte kas grubuna göre daha az etkilendiği kanıtlanmıştır⁽⁵⁶⁾.

Yorgunluk değerlendirmesi: İskelet kas zayıflığı; atrofi gelişimi, kas kuvvet ve gücünde azalma ve erken dönemde görülen kas yorgunluğu ile karakterizedir⁽³⁾. Yorgunluk; emosyonel, kognitif ve davranışsal komponentleri içeren subjektif bir duydur. Kişilerin daha az hareket etmelerine olanak sağlayarak günlük yaşam aktivitelerini ve sağlıklı ilgili yaşam kalitesini etkiler⁽⁵⁷⁾. İskelet kaslarında meydana gelen kas zayıflığı glikolitik enzim aktivasyonunda artma, oksitatif strese azalma, kapiller yoğunluğun azalması, kesitsel alanda yavaş ve hızlı kas liflerinde azalma, mitokondriyal aktivitede azalma ve kapiller kas lifi oranında azalma olarak özetlenebilir. Bu değişiklikler anaerobik sistemin enerji üretimine katkısını artırmaktave erken laktat üretimi ile sonuçlanarak erken dönemde kas yorgunluğuna neden olmaktadır⁽⁵⁸⁾.

Kas yorgunluğu değerlendirmesi; yapılan bazı çalışmalarda istemli kontraksiyon ölçümü olarak yüzeysel EMG kullanılmaktadır. Femoral sinirden magnetik stimulasyon ile yapılan ölçüm ise altın standart olarak kabul edilmektedir çünkü bu ölçümle istemsiz kontraksiyon değerlendirilmektedir. Quadriceps kas yorgunluğu magnetik simulasyonla KOAH'lı hastalarda bisiklet ergometresi sonrası değerlendirildiğinde %48-58 oranında görülmektedir. KOAH'lı hastalar yapılan işin miktarına göre sağlıklı kişilere göre daha fazla yorgunluk hissederler⁽⁵⁹⁾. İlginç bir bulgu olarak KOAH'lı hastalarda yürüme sırasında gastroknemius ve tibialis anterior kasları yorgunluğa daha duyarlı oldukları sonucuna varılmıştır.

Bunlara ilaveten tensiometre ve dinamometre kullanılarak izometrik kas kuvveti ve manevralar sırasında kas yorgunluğu ölçülür. KOAH'lı hastalarda diz ekstansiyonu sırasında maksimal volunter (istemli) kontraksiyon oluşturma ve devam ettirme kapasitesindeki azalma, egzersizde kas yorgunluğunu temsil etmektedir^(32,56). Strandkvist ve ark., KOAH'lı hastalarda el kavrama kuvveti ile yorgunluk arasında anlamlı birilişki olduğunu göstermişlerdir⁽⁶⁰⁾.

Yorgunluk değerlendirilmesinde 30'un üzerinde anket bulunmaktadır. Bunlardan Borg skalası⁽⁶¹⁾ ve vizuel analog skalası⁽⁶²⁾ kliniklerde en çok kullanılan anketlerdir. Bunların dışında Yorgunluk Şiddet ölçeği⁽⁶³⁾, Yorgunluk Etki ölçeği⁽⁶⁴⁾, Functional Assessment of Chronic Illness Therapy (FACIT)⁽⁶⁵⁾, Checklist Individual Strength Questionnaire (CIS)⁽⁶⁶⁾, Kronik Solunum Hastalıkları Anketi, Kısa Form-36 (SF-36) gibi anketler kullanılmaktadır.

KOAH dışı hastalıklarda periferik kas kuvveti: İnterisyel akciğer hastalıklarında (İAH) egzersiz intoleransının en önemli nedeni nefes darlığı ve yorgunluktur. Egzersiz limitasyonu oluşturan diğer bir neden ise periferik kas zayıflığıdır⁽⁶⁷⁾. Bütün kronik solunum hastalıklarında olduğu gibi İAH'da da, fiziksel dekonduyonsuzluk benzer etkiler ortaya çıkarır ve nefes darlığı ile yorgunluk fiziksel aktiviteyi azaltır^(68,69). Tedavide kullanılan kortikosteroidler ve immunsupresanlar, sistemik inflamasyon, hipoksemi, hiperkapni, oksitativ stress, beslenme bozuklukları, fiziksel inaktivite ve yaşlanmada İAH hastalarında periferik kas fonksiyonunu etkiler⁽⁶⁹⁾. KOAH ve İAH solunum limitasyonlarında mekanizmalar farklı olmasına rağmen klinik problemler (egzersiz intolerans, kas disfonksiyonu, dispne, yaşam kalitesinde azalma) benzerdir. Yapılan çalışmalarda sıklıkla quadriceps kas kuvveti ve el kavrama kuvveti değerlendirilmiştir. Hem KOAH'ta hemde İAH istemli kas kuvvetinde azalma olduğu, alt ekstremitelerin üst ekstremitelere göre daha çok etkilendiği gösterilmiştir⁽⁷⁰⁾.

Astımlı hastalarda sistemik kortikosteroidlerin temel tedavi yaklaşımıdır. Kullanılan steroidlerinde bilinen en önemli yan etki, steroid myopatisidir⁽⁷¹⁾. İspiratuar ve ekspiratuar kas kuvvetinde azalma ile ilişkili pulmoner hiperinflasyon astım akut atağının en önemli nedenidir. Hastaların fiziksel aktivite seviyelerindeki azalma, daha hareketsiz bir yaşam tarzı ve obezite astım semptomlarının artmasına neden olmaktadır. Bu da steroid kullanımının artmasına yol açabilmektedir. 2015 yılında yapılan bir çalışmada, sağlıklı kontrol grubu ile astımlı grup karşılaştırıldığında, astımlı grubun egzersiz kapasitelerinde azalma ve kas enduransında daha az tolerasyonu gösterdiği saptanmıştır⁽⁷²⁾.

Kistik fibrozisli hastalarda egzersiz kapasitesi, periferik kas kuvveti ve enduransı etkilenir. Egzersiz kapasitesi, pulmoner fonksiyonlar ve iskelet kas performanları birbirleri ile ilişkilidir. Yetişkin KF hastalarında sağlıklı kişilere göre quadriceps kas

kuvvetinde %25-35 oranında zayıflık görülür⁽⁷³⁾. Çocukluk çağından itibaren kas tüm hastalarda egzersiz tedavisi en erken dönemde başlanmalıdır.

Bronşektazili hastalar, yoğun balgam üretimi, tekrarlayan enfeksiyonlar ve nefes darlığı ile karakterizedir. Egzersiz kapasitesinde ve sağlıkla ilgili yaşam kalitesinde azalma görülür. Tüm kronik solunum yolu hastalıklarında olduğu gibi bronşektazili hastalarda iskelet kas zayıflığı görülür⁽⁷⁴⁾.

Akciğer nakil adaylarında iskelet kas zayıflığının varlığı egzersiz kapasitesinde, günlük yaşam aktivitelerinde ve sağlıkla ilgili yaşam kalitesinde azalma ve nakil sonrası hastanede kalınan gün sayısında artış ile ilişkilidir. El kavrama kuvveti el dinamometresi ile quadriceps kas kuvveti ise Biodex bilgisayarlı tomografi ile ölçüm yapılan bir çalışmada, akciğer nakli adaylarının hepsinde quadriceps ve el kavrama kas kuvveti ile, YVKİ arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Sadece KOAH'lı hastalarda inspiratuar kas kuvveti daha düşük bulunmuştur. İskelet kas kütlelerinde azalma varsa kas zayıflığı ve fiziksel performansta azalma görülmektedir ve bu durum KOAH'ta daha sık görülmektedir⁽⁷⁵⁾.

Hastalarda akciğer nakli sonrasında da egzersiz intoleransı devam etmektedir ve iskelet kas zayıflığı bunun en önemli nedenidir. Nakilden sonra en erken dönemde ortaya çıkar ve ortalama nakilden üç yıl sonra iyileşir. İskelet kas zayıflığının en önemli nedeni kullanılan immunsuprese ilaç tedavisidir⁽⁷⁶⁾.

SONUÇ

İskelet kas fonksiyonu, birçok solunum yolu hastalığında etkilenmektedir ve hastaların sosyal yaşamlarını etkilemektedir. KOAH öncelikli olarak bir solunum yolu hastalığı olmasına rağmen periferik kaslarda önemli ikincil bir disfonksiyon görülmektedir. Kas lifi tiplerinde değişiklik, oksitativ enzim kapasitesinde, kapilarizasyonda azalma ve mitokondriyal bozukluk ile karakterize kas atrofişi görülmektedir. Ortaya çıkan iskelet kas zayıflığı, fonksiyonel kapasitenin azalmasında önemli rol oynar ve egzersiz kapasitesinin azalmasıyla doğrudan ilişkilidir. Çünkü özellikle KOAH'lı hastalarda kas zayıflığı çok yaygın görülür ve bu hastalar için planlanacak pulmoner rehabilitasyonun programının en önemli bileşeni egzersiz eğitimidir. Egzersiz eğitimi; endurans eğitimi ve dirençli egzersiz eğitiminden oluşur. Dirençli egzersiz eğitimi kas kitlesini ve kuvvetini endurans eğitimine göre daha çok geliştirir^(77,78). Hastalar endurans eğitimine göre egzersiz sırasında daha az nefes darlığı hissettikle-

ri ve daha az yorgunlukla tamamlayabildikleri için daha iyi tolere etmektedirler. Planlanan ve uygulanan egzersiz eğitimle periferik kas zayıflığı iyileşir ve egzersiz sırasındaki dispne algısını en aza indirir⁽³⁾. Kuvvet eğitiminin yararları; kas kuvveti, gücü ve endüransında artma, iskelet kas yorgunluğunda azalma, düşme riskinde azalma, vücut kompozisyonunda gelişme, esneklikte artma, kemik yoğunluğunda artma sayılabilecek bir çok yararı vardır. Kas fonksiyonu, uygun tedavi modalitelerinin seçimi, pulmoner rehabilitasyon etkinliğininin değerlendirilmesi, planlanacak egzersiz eğitimi programına rehberlik etmesi için tüm kronik solunum sorunlu hastalarda öncelikle iyi, doğru ve yeterli bir değerlendirme yapılmalıdır. Merkezlerin klinik şartlarına uygun değerlendirme parametrelerini belirlemeleri gerekmektedir.

Periferik kas kuvvet değerlendirmesinde genellikle izometrik kuvvet testlerinden, el kavrama kuvvet ölçümü en sık kullanılan testtir. Dinamik kas kuvveti ölçümü için bilgisayarlı dinamometreler ve 1RM testleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Manuel kas testi de sıklıkla kullanılmaktadır. Subjektif bir testtir ve uygulayıcıya bağlıdır. Bunun yanında manuel kas testine alternatif olarak daha objektif bir test olan dijital dinamometre ile uygulanması daha kolaydır ve güvenilirdir. Rehabilitasyon öncesi ve sonrası daha anlamlı ve hassas sonuçlar ortaya koymaktadır. 1RM kas kuvveti değerlendirmesinde ana saha testidir. Dinamik kas kuvvetini değerlendirdiği ve izometrik ve izokinetik kas kuvvetleriyle korele olduğu için çok yaygın olarak tercih edilmektedir. Manyetik stimülasyon ile kasların gücü ve aktivasyon bozuklukları değerlendirilir. Bunun yanında kas yorgunluğu mekanizmasının araştırılmasında kullanılır. Özel laboratuvarlarda uygulanması gerektiği için kullanımı çok yaygın değildir. İzokinetik ve izometrik test prosedürlerinin değerlendirildiği bilgisayarlı dinamometreler güvenilirliği kanıtlanmış, kullanımı güvenli ve daha doğru sonuçlar vermektedir. Cihazlar pahalı, test ve hazırlık süresi uzun sürdüğü için kullanımı yaygın değildir.

Tüm kronik solunum sorunlu hastaların Pulmoner Rehabilitasyon programlarında egzersiz eğitiminin kişiye özel olarak planlamak ve uygulamak için periferik kas kuvvetinin değerlendirilmesi çok önemlidir. PR merkezlerindeki interdisipliner ekip yapısına ve kliniğin çalışma şartlarına en uygun değerlendirme parametresi seçilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Heymsfield S, Lohman T, Wang Z, et al. Human Body Composition. *Human Kinetics*. 2005; 15-523.
2. Wilson JM, Loenneke JP, JO E, et al. The effects of endurance, strength and power training on muscle fiber type shifting. *J. Strength Cond Res* 2012; 26: 1734-9.
3. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2014; 189: 15-62.
4. Gea J, Agusti A, Roca J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. *J Appl Physiol* 1985; 114: 1222-34.
5. Mador MJ, Kufel TJ, Pineda L. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 447-53.
6. Otman AS, Demirel H, Sade A. Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri. Ankara: Prizma 2003. 3. baskı.
7. Garber CA, Blissmer B, Deschenes MR, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *American College of Sports Medicine position stand. Medicine&Science in Sports&Exercise* 2011; 43: 1334-59.
8. O'Shea SD, Taylor NF, Paratz JD. Qualitative outcomes of progressive resistance exercise for people with COPD. *Chronic Respiratory Disease* 2007; 4: 135-42.
9. Hopkinson NS, Tennant RC, Dayer MJ, et al. A prospective study of decline in fat free mass and skeletal muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Res* 2007; 8: 1-8.
10. Schols AM, Broekhuizen R, Weling-Scheepers CA, Wouters E. Body composition and mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 53-59.
11. Hamilton AL, Killian KJ, Summers E, Jones NL. Symptom intensity and subjective limitation to exercise in patients with cardiorespiratory disorders. *Chest* 1996; 110: 1255-63.
12. Vestbo J, Prescott E, Almdal T, et al. Body mass, fat-free body mass, and prognosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease from a random population sample: findings from the Copenhagen City Heart Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 79-83.
13. Seymour JM, Spruit MA, Hopkinson NS, et al. The prevalence of quadriceps weakness in COPD and the relationship with disease severity. *Eur Respir J* 2010; 36: 81-8.
14. Shrikrishna D, Patel M, Tanner RJ, et al. Quadriceps wasting and physical inactivity in patients with COPD. *Eur Respir J* 2012; 40: 1115-22.
15. Gea JG, Pasto M, Carmona MA, et al. Metabolic characteristics of the deltoid muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2001; 17: 937-45.
16. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Distribution of muscle weakness in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2000; 20: 353-60.

17. Mathur S, Brooks D, Carvalho CR. Structural alterations of skeletal muscle in copd. *Front Physio* 2014; 5: 104.
18. Troosters T, Probst VS, Crul T, et al. Resistance training prevents deterioration in quadriceps muscle function during acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 181: 1072-1077.
19. Spruit MA, Gosselink R, Troosters T, et al. Muscle force during an acute exacerbation in hospitalised patients with COPD and its relationship with CXCL8 and IGF-I. *Thorax* 2003; 58: 752-6.
20. Yende S, Waterer GW, Tolley EA, et al. Inflammatory markers are associated with ventilatory limitation and muscle dysfunction in obstructive lung disease in well functioning elderly subjects. *Thorax* 2006; 61: 10-6.
21. Ferrari R, MO Caram L, Faganello MM, et al. Relation between systemic inflammatory markers, peripheral muscle mass, and strength in limb muscles in stable COPD patients. *Inter J of COPD* 2015; 10: 1553-8.
22. Schutz Y, Kyle UU, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26: 953-60.
23. Engelen MP, Schols AM, Does JD, Wouters EF. Skeletal muscle weakness is associated with wasting of extremity fat-free mass but not with airflow obstruction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 733-8.
24. Whittom F, Jobin J, Simard PM, et al. Histochemical and morphological characteristics of the vastus lateralis muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1467-74.
25. Gosker HR, Engelen MP, van Mameren H, et al. Muscle fiber type IIX atrophy is involved in the loss of fat-free mass in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 113-9.
26. Caron MA, Debigare R, Dekhuijzen PN, Maltais F. Comparative assessment of the quadriceps and the diaphragm in patients with COPD. *J Appl Physiol* (1985) 2009; 107: 952-61.
27. Bernard S, LeBlanc P, Whittom F, et al. Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158: 629-34.
28. Celli BR. Predictors of mortality in COPD. *Respir Med* 2010; 104: 773-9.
29. Marín JT, Ortega F, Cejudo P, et al. Peripheral muscle strength in stable COPD patients: Correlation with respiratory function variables and quality of life. *Arch Bronconeumol* 1999; 35: 117-21.
30. Ramon MA, Ferrer J, Gimeno-Santos E, et al. Inspiratory capacity-to-total lung capacity ratio and dyspnoea predict exercise capacity decline in COPD. *Respirology* 2016; 21: 476-482.
31. Cebollero P, Zambom-Ferraresi F, Hernández M, et al. Inspiratory fraction as a marker of skeletal muscle dysfunction in patients with COPD. *Rev Port Pneumol* 2017; 23: 3-9.
32. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 976-80.
33. Hamilton AL, Killian KJ, Summers E, Jones NL. Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 2021-31.
34. Steiner MC, Singh SJ, Morgan MD. The contribution of peripheral muscle function to shuttle walking performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabi* 2005; 25: 43-9.
35. Schols AM, Fredrix EW, Soeters PB, et al. Resting energy expenditure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 983-7.
36. Schols AM, Wouters EF, Soeters PB, Westerterp KR. Body composition by bioelectrical impedance analysis compared with deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 421-4.
37. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 810-7.
38. Kim J, Wang Z, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Gallagher D. Total-body skeletal muscle mass: Estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 3783-5.
39. Marquis K, Debigare R, Lacasse Y, et al. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 809-1316.
40. Mathur S, Takai KP, Macintyre DL, Reid D. Estimation of thigh muscle mass with magnetic resonance imaging in older adults and people with chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther* 2008; 88: 219-30.
41. Seymour JM, Ward K, Sidhu PS, et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. *Thorax* 2009; 64: 418-423.
42. Coggan AR. Muscle biopsy as a tool in the study of aging. *J Gerontol A: Biol Sci Med Sci* 1995; 50: 30-4.
43. Hayot M, Michaud A, Koechlin C, et al. Skeletal muscle microbiopsy: a validation study of a minimally invasive technique. *Eur Respir J* 2005; 25: 431-40.
44. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: Effect of electrical stimulation. *Chest* 2003; 124: 292-6.
45. Bohannon RW. Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1997; 78: 26-32.
46. Massy-Westropp, NM, Gill TK, Taylor AW, Bohannon RW, Hill CL. Hand Grip Strength: Age and gender stratified normative data in a population based study. *BMC Research Notes* 2011; 4: 1278-86.
47. Puhan MA, Siebeling L, Zoller M, Muggensturm P, ter Riet G. Simple functional performance tests and mortality in COPD. *Eur Respir J* 2013; 42: 956-63.

48. Spruit MA, Sillen MJ, Groenen MT, et al. New normative values for handgrip strength: Results from the UK Biobank. *J Am Med Dir Assoc* 2013; 14: e5-11.
49. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: Normative data for adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1985; 66: 69-74.
50. Mathur S, Janaudis-Ferreira T, Dolmage TE, Goldstein RS. Measurement of peripheral muscle strength in individuals with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention* 2011; 31: 11-24.
51. Faucher M, Steinberg JG, Barbier D, Hug F, Jammes Y. Influence of chronic hypoxemia on peripheral muscle function and oxidative stress in humans. *Clin Physiol Funct Imaging* 2004; 24: 75-84.
52. Edwards RH, Young A, Hosking GP, Jones DA. Human skeletal muscle function: description of tests and normal values. *Clin Sci Mol Med* 1977; 52: 283-90.
53. Stevens JE, Binder-Macleod S, Snyder-Mackler L. Characterization of the human quadriceps muscle in active elders. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82: 973-8.
54. Mathur S, Makrides L, Hernandez P. Test-retest reliability of isometric and isokinetic torque in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiother Can* 2004; 56: 94-101.
55. Swallow EB, Reyes D, Hopkinson NS, et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2007; 62: 115-20.
56. Man WD, Soliman MG, Nikolettou D, et al. Non-volitional assessment of skeletal muscle strength in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2003; 58: 665-9.
57. Stridsman C, Skår L, Hedman L, et al. Fatigue affects health status and predicts mortality among subjects with COPD: report from the population-based OLIN COPD study. *COPD* 2015; 12: 199-206.
58. Malaguti C, Nery LE, Dal Corso S, et al. Scaling skeletal muscle function to mass in patients with moderate-to-severe COPD. *Eur J Appl Physiol* 2006; 98: 482-8.
59. Mador MJ, Bozkanat E, Kufel TJ. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with COPD compared with healthy control subjects. *Chest* 2003; 123: 1104-11.
60. Strandkvist VJ, Lindberg A, Stridsman C, et al. Hand grip strength is associated with fatigue in COPD. *European Respiratory Journal* 2017; 50.
61. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-81.
62. Hayes M, Patterson D. Experimental development of the graphic rating method. *Psychol Bull* 1921; 18: 98-99.
63. Krupp LB, Larocca NG, Muir-Nash J, et al. The Fatigue Severity Scale. Application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. *Archiv Neurol* 1989; 46: 1121-3.
64. Fisk JD, Ritvo PG, Ross L, et al. Measuring the functional impact of fatigue: Initial validation of the fatigue impact scale. *Clin Infect Dis* 1994; 18 (Suppl 1): 79-83.
65. Webster K, Cella D, and Yost K. The functional assessment of chronic illness therapy (FACIT) measurement system: Properties, applications, and interpretation. *Health Qual Life Outcomes* 2003; 1: 79.
66. Vercoulen JH, Daudey L, Molema J, et al. An Integral assessment framework of health status in chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Int J Behav Med* 2008; 15: 263-79.
67. Nishiyama O, Taniguchi H, Kondoh Y, et al. Quadriceps weakness is related to exercise capacity in idiopathic pulmonary fibrosis. *Chest* 2005; 127: 2028-33.
68. Korenromp IH, Heijnen CJ, Vogels OJ, et al. Characterization of chronic fatigue in patients with sarcoidosis in clinical remission. *Chest* 2011; 140: 441-7.
69. Spruit MA, Thomeer MJ, Gosselink R, et al. Skeletal muscle weakness in patients with sarcoidosis and its relationship with exercise intolerance and reduced health status. *Thorax* 2005; 60: 32-8.
70. Mendes P, Wickerson L, Helm D, Janaudis-Ferreira T, Brooks D, et al. Skeletal muscle atrophy in advanced interstitial lung disease. *Respirology* 2015; 20: 953-9.
71. Cluley S, Cochrane GM. Psychological disorder in asthma is associated with poor control and poor adherence to inhaled steroids. *Respir Med* 2001; 95: 37-9.
72. Ramos E, Oliveira L, Silva AB, et al. Peripheral muscle strength and functional capacity in patients with moderate to severe asthma. *Multidisciplinary Respiratory Medicine* 2015; 10: 1-7.
73. Troosters T, Langer D, Vrijsen B, et al. Skeletal muscle weakness, exercise tolerance and physical activity in adults with cystic fibrosis. *Eur Respir J* 2009; 33: 99-106.
74. MacIntyre NR. Mechanisms of functional loss in patients with chronic lung disease. *Respir Care* 2008; 53: 1177-84.
75. Rozenberg D, Singer LG, Herridge M, et al. Evaluation of Skeletal Muscle Function in Lung Transplant Candidates. *The Journal of Heart and Lung Transplantation* 2015; 34: 251.
76. Maury G, Langer D, Verleden G, Dupont L, Gosselink R, Decramer M, Troosters T. Skeletal muscle force and functional exercise tolerance before and after lung transplantation: a cohort study. *Am J Transplant* 2008; 8: 1275-81.
77. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Ortega F, Toral J, Cejudo P, et al. 5, 2002, *Am J Respir Crit Care Med*, 166, 669-74.
78. Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. Spruit MA, Gosselink R, Troosters T, et al. 6, 2002, *Eur Respir J*, 19, s. 1072-8.