

## Sarkopenik Yaşlı Bireylerde Dirençli Egzersiz Eğitiminin Etkileri

### Effects of Resistant Exercise Training on Sarcopenic Elderly Individuals

Musa GÜNEŞ<sup>1\*</sup>, Ayşe ŞİMŞEK<sup>1</sup>, Büşra DEMİRER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük, Türkiye

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Karabük, Türkiye

Alınış / Received: 03.05.2020 Kabul / Accepted: 05.11.2020 Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2020

#### Özet

İnsan yaşlandıkça iskelet kasında çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Beslenme, kas kütleini etkileyen önemli faktörlerden biridir ve kas kütleinde meydana gelen devamlı kayıp yaşlanma süreci için karakteristik bir özelliktir. Ancak yaş ile ilgili iskelet kas kütlei kaybı olarak tanımlanan sarkopeni, kas miktar ve kalitesinde bozulmaya, kademeli olarak hareketlerde yavaşlamaya, güç ve performansta azalmaya, düşme ile ilişkili yaralanma riskinin artmasına ve sıklıkla vücut ağırlığında azalmaya yol açmaktadır. Sarkopeninin genel popülasyondaki tahmini prevalansı %9-%40 arasında olup, yaş arttıkça yükselen bir eğim göstermektedir. Etiyolojisinde birçok faktör bulunan sarkopeni gelişiminin ana nedenleri olarak hormonal değişiklikler (testosteron, östrojen ve büyüme hormonunun azalması), yetersiz beslenme, kronik inflamasyon ve yaş artışıyla birlikte fiziksel aktivite düzeyinde meydana gelen azalmalar gösterilmektedir. Aynı zamanda fiziksel olarak hareketsiz bir yaşam tarzının benimsenmesi, kemik doku üzerine binen yükün azalarak, dejenerasyonuna yol açmaktadır. Sarkopeni için tedavi seçenekleri, fiziksel aktivite ve egzersiz eğitimi, tıbbi beslenme tedavisi ve farmakolojik tedaviyi içeren yaşam tarzı değişikliklerini içermektedir. Kuvvet antrenmanı, yeterli ve doğru beslenme başarılı bir sarkopeni tedavisinin temelini oluşturmaktadır. Özellikle dirençli eğitimi içeren egzersiz programları uzun zamandır yaşlı insanlar arasında kas kütlei ve gücünü arttırmak için en umut verici yöntem olarak görülmektedir. Ayrıca dirençli egzersizlerin kemik ve kas kütleinin korunması için de faydalı olduğu bilinmektedir. Yapılan araştırmalar, dirençli egzersiz eğitiminin yaşlı bireylerde iskelet kası fonksiyon bozukluklarını hafifletebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle yaşlı bireyler, dirençli egzersiz eğitimi faaliyetlerine katılmaya teşvik edilmelidirler. Bu çalışmamızda sarkopenik yaşlı bireylerde kas ve kemik kütleinin korunmasına yönelik dirençli egzersiz eğitimlerinin mekanizmasını özetlemek amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşlanma, Sarkopeni, Dirençli egzersiz, Beslenme

#### Abstract

As the human ages, various changes occur in the skeletal muscle. Nutrition, It is one of the important factors affecting muscle mass and the constant loss of muscle mass is a characteristic feature of the aging process. However, sarcopenia, defined as the loss of skeletal muscle mass related to age, causes deterioration in muscle quantity and quality, gradual slowing of movements, decrease in strength and performance, increased risk of injury associated with falling, and often a decrease in body weight. The estimated prevalence of sarcopenia in the general population is between 9% and 40%, with an increasing trend with increasing age. Hormonal changes (decrease in testosterone, estrogen and growth hormone), malnutrition, chronic inflammation and decreases in physical activity with increasing age are shown as the main causes of sarcopenia development, which has many factors in its etiology. At the same time, the adoption of a physically sedentary lifestyle causes the degeneration of the bone tissue by decreasing the load on it. Treatment options for sarcopenia include lifestyle changes including physical activity and exercise training, medical nutrition therapy, and pharmacological treatment. Strength training, adequate and proper nutrition are the basis of successful sarcopenia treatment. Exercise programs involving particularly resistant training have long been seen as the most promising method to increase muscle mass and strength among older people. It is also known that resistant exercises are beneficial for preserving bone and muscle mass. Research shows that resistant exercise training can alleviate skeletal muscle dysfunction in older individuals. Therefore, older individuals should be encouraged to participate in resilient exercise training activities. In this study, we aimed to summarize the mechanism of resistance exercise training for preserving muscle and bone mass in elderly individuals with sarcopenia.

**Keywords:** Aging, Sarcopenia, Resistant exercise, Nutrition

## Giriş

Dünya üzerinde toplam nüfusa oranla yaşlı nüfusun oranı gittikçe artmaktadır. Bu oran 1950'de %5,1 iken, 2015 de %8,3'e kadar yükselmiş ve 2060 yılına kadar %17,8 oranına kadar artacağı öngörülmektedir. Artan yaşlı nüfusu ile birlikte oluşabilecek zayıflıkları önlemek ve iyileştirmek de önemli hale gelmektedir [1]. Yaşlanmayla birlikte vücut kas kütlesi, kalitesi ve gücünde azalmalar meydana gelmektedir. Bu durum sarkopeni olarak adlandırılmaktadır [2]. Sarkopeni tanı kriterlerini belirlemek amacıyla 2010 yılında kurulan Avrupa Yaşlılarda Sarkopeni Çalışma Grubu (EWGSOP), sarkopeniyi; kas fonksiyonu ve kütlesinde meydana gelen azalmalar olarak tanımlamıştır [3]. Kullanılan bu tanıma bağlı olarak sarkopeninin yaşlıları %9 ile %40,4 oranında etkilediği belirtilmiştir [4]. Kas kütle ve fonksiyonunda meydana gelen azalmaların oranı yılda yaklaşık %2-%4 arasında değişmekle birlikte alt ekstremitelerde üst ekstremitelere kıyasla daha fazla gerçekleşmektedir [5]. Sarkopeni; hormonal değişiklikler, hareketsiz yaşam, yetersiz beslenme, kronik hastalıklar ve sinir sistemi yapılarındaki bütünlüğün kaybolması gibi çeşitli faktörlerle artış gösterebilmektedir [6]. Bu faktörlerin sarkopeniye neden olduğu mekanizmalar ise henüz tam olarak anlaşılammıştır. Ancak sarkopeninin sadece aşınma ve yıpranmanın oluşturduğu bir süreç değil, aynı zamanda kas kasılmasından sorumlu proteinlerin uygun sentezi ile dengelenmeyen ve kas proteoliziyle sonuçlanan bir süreçten kaynaklandığı da öne sürülmüştür [7]. Yaş ilerledikçe kas iskelet sistemini etkileyen en önemli faktörler kas ve kemik kütlesi miktarında meydana gelen kayıplardır. Özellikle kas kütlesinde azalmayla bağlantılı olarak oluşan güç kaybı, fiziksel kapasitenin azalmasına neden olan kilit bir nokta olarak görülmektedir [8,9]. Vücudun yaşlanmasına bağlı olarak gelişen güç kaybı nedeniyle fiziksel olarak aktif bir yaşam tarzından kaçınılması da [9], kemikler üzerine etki eden yerçekimi yükünün azalmasına, kemik dokusunda erken ve hızlı bir kayba neden olmaktadır [10].

Sarkopeni aynı zamanda sakatlık, zayıflık ve komorbidite gibi birçok olumsuz durumla da ilişkilidir [6]. Sarkopeniyi teşhis etme ve uygun tedavileri geliştirme, kas fonksiyonunun karmaşık mekanizması ve yaşa bağlı olarak kasta meydana gelen farklı oranlardaki değişiklikler nedeniyle karmaşık hale gelmektedir [8]. Ancak egzersiz eğitimi, uzun zamandır yaşlılarda kas kütlesini ve gücünü arttırmak için en umut verici yöntem olarak gösterilmektedir [7]. Özellikle dirençli egzersiz eğitimlerinin, yaşlılarda genel olarak kas fonksiyonunu ve kas kütlesini önemli bir dereceye kadar arttırdığı gösterilmiştir [11].

### Sarkopeni Fizyopatolojisi

Sarkopeni oluşum mekanizmasında etkili birçok faktör bulunmaktadır. Sarkopeni oluşumuna neden olan faktörler arasında protein metabolizması, kas-sinir motor birimleri, hormonlar ve yaşam tarzı bulunmaktadır. Yaşlanma ile birlikte merkezi ve periferik sinir sistemi yapılarında motor nöron kaybı ve nöromusküler kavşaklarda dejenerasyon meydana gelmektedir [5]. Özellikle hızlı kasılan tip II kas liflerindeki azalmanın nedeni olan nöromusküler kavşak sayısındaki kayıpların yaşa bağlı oluşan kas kaybında önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir [12,13]. Yaş ilerledikçe daha yüksek bir kuvvet üretim kapasitesine sahip olduğu düşünülen tip II liflerin tip I liflerine dönüşümünde artış meydana gelmekte ve kas kuvvetinde azalmalar yaşanmaktadır. Motor ünitelerde kas lifi kaybının oluşması ve buna eşlik eden sinir rejenerasyon yetersizliği de kas kuvvetinde meydana gelen değişikliklerden sorumludur [13]. Dolayısıyla yaşlanma sırasında gözlenen kas kütlesi kaybı ve kontraktiliteyi sağlayan sinir lif tipi gruplarında meydana gelen ilerleyici denervasyon, sarkopeni gelişimi sırasında yer alan potansiyel birincil mekanizma olarak değerlendirilmektedir [6]. Diğer bir faktör olarak insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1), testosteron ve östrojen dahil olmak üzere kas kütlesinin korunmasında önemli rol oynayan hormonların seviyesinde meydana gelen azalmalar gösterilmektedir [12].

Kanıtlar yaşlanma sürecinin bazı önemli anabolik hormonların dolaşımdaki konsantrasyonunu değiştirdiğini göstermektedir [14,15]. Yaşlanmayla birlikte anabolik hormonların sentezindeki azalmaların yanı sıra kas ve kemikler üzerindeki katabolik etkilerin artışı da anabolik hormon seviyesinde azalmaya neden olmaktadır [9]. Cinsiyet hormonları, büyüme hormonu ve IGF-1 gibi vücutta anabolik etki gösteren hormon seviyelerinde yaşla birlikte görülen azalma, mevcut kas liflerindeki protein sentezinde azalma ve kas kütlesinde kayıpla sonuçlanmaktadır [6]. Kas protein sentezi oranının yaşlı bireylerde %30 oranında azaldığı bildirilmektedir. Buna neden olan faktörlerden biri de protein alım miktarında meydana gelen azalma olarak görülmektedir. Kaslarda gerçekleşen

protein sentezinin, aminoasit alımı ile uyarıldığı belirtilmiş ve protein alımının sarkopeniye etkisi de inceleme konusu olmuştur [6]. Yaşlılarda besin alımı ve protein tüketimindeki azalmanın da kas atrofisine ve sarkopeninin şiddetine katkıda bulunduğu gösterilmektedir [7]. Yetersiz ve dengesiz beslenmenin iskelet kaslarının aminoasit duyarlılığında bir azalmaya sebep olabileceği ve bunun da kas kütlelerinde azalma ile sonuçlanacağı bildirilmektedir [16]. Yaşlılık döneminde meydana gelen malnutrisyonun da sarkopeni gelişimi için tetikleyici olduğu düşünülmektedir. Bunun sebebinin malnutrisyon ile kas işlev kaybı arasındaki ilişki olduğu bildirilmektedir. Gereksinim kadar enerji ve makro-mikro besin öğelerinin, özellikle esansiyel aminoasitlerin ve D vitamininin alınmasının sarkopeni gelişimi için koruyucu olabileceği düşünülmektedir [17]. Yapılan bir çalışmada sarkopenik yaşlıların %18'inde malnutrisyon tespit edilmiştir [18]. Benzer şekilde huzurevinde yürütülen bir çalışmada sarkopenik yaşlı bireylerin %51'inde malnutrisyon veya malnutrisyon riski saptanmıştır. Çalışma sonunda malnutrisyon ile sarkopeni arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir [19]. Sedanter yaşam tarzı ve kas kullanımının azalması da kas kütlelerinde meydana gelen kaybı artırmakta ve sarkopeni derecesini kötüleştirmektedir. Jansen ve ark. [20] iskelet kas kütlelerinde meydana gelen azalmanın özellikle yaşlı kadınlarda fonksiyonel bozukluk ve özürlelikle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

### **Sarkopenide Dirençli Egzersiz Eğitimi**

Sedanter yaşam tarzı, kas kütle ve fonksiyon kaybına neden olabileceği için, sarkopeniyi önlemede fiziksel aktivite düzeyini artırmak önemli bir strateji olarak düşünülmektedir [21]. Çalışmalar, fiziksel olarak daha az aktif olan yaşlı yetişkinlerin daha düşük iskelet kas kütleleri ve gücüne sahip olma olasılıklarının daha yüksek olduğunu ve sarkopeni gelişme riskinin daha fazla olduğunu göstermiştir [22,23]. Fonksiyonel ve yapısal olarak uyarılan pozitif etkileri ile dirençli egzersizler ise sarkopeni yönetiminde önemli bir araç olarak görülmektedir [23]. Dirençli egzersiz eğitimi; serbest ağırlıklar, egzersiz topları ve elastik bantlar gibi çeşitli eğitim ekipmanları kullanılarak yürütülen, sağlık ve spor performansını artıran fiziksel bir kondisyon programı olarak tanımlanmaktadır [24]. Literatür bilgisinin artmasıyla, yaşlılarda kas kütleleri, güç, denge ve dayanıklılığın geliştirilmesinde dirençli egzersiz eğitiminin etkili bir metot olduğu vurgulanmaktadır [24,25]. Egzersizle birlikte kas lifi yapısında bir değişiklik oluşur ve bu, kas kütlelerinde bir artış olmadan kas gücünde artışı sağlayan nöronal aktiviteyi geliştirir. Bu aktivite kas gücündeki artışın erken dönem etkilerini açıklamaktadır [26]. Scanlon ve ark. [27] 6 hafta boyunca uygulanan ilerleyici dirençli egzersiz eğitiminin, çalışmaya katılan yaşlı bireylerin kas kuvvetinde %32 oranında artış meydana getirdiğini bildirmiştir. Ancak kısa sürede oluşan bu artış nöronal adaptasyondan daha çok egzersiz yoğunluğunun artışıyla birlikte kas yapısında meydana gelen değişikliklere bağlanmıştır. Bu farklılığa eğitime katılan kasların yapısal özelliklerinin eşlik edebileceği düşünülmektedir. Beckwée ve ark. [25] da yaptıkları sistematik derlemede 14 farklı meta-analiz çalışmasını incelemiş ve dirençli egzersizlerin kas gücü, kas kütleleri ve fiziksel performansı arttırmada önemli bir parametre olduğunu göstermişlerdir. Aynı zamanda düşük yoğunluklu direnç eğitiminin [ $\leq$ %50 1 Tekrar Maksimum (TM)] güç kazanımı için yeterli olduğunu ancak maksimum güç kazanımı elde etmek için yüksek yoğunluklu bir dirençli eğitim programının (%80 1 TM) uygulanması gerektiğini önermişlerdir. Çünkü, yüksek yoğunlukta egzersizler ateşlenen motor ünite sayısını artırarak kas kuvvetinin artmasında yer almaktadır. Ayrıca Frontera ve ark. [28] 12 hafta boyunca uygulanan dirençli egzersiz eğitiminin yaşlı bireylerde diz eklemine içeren ekstansör ve fleksör yöndeki kas kuvvetini önemli ölçüde artırabildiğini göstermiştir.

Dirençli eğitim kasta meydana getirdiği değişiklikler ile birlikte sarkopenik bireylerin hastalık seviyesinde de önemli gelişmeler sağlamaktadır. Huzurevinde kalan yaşlı bireylerin dahil edildiği bir çalışmada, 12 haftalık direnç eğitimi genel vücut dengesi ve yürüyüş hızını arttırmış, aynı zamanda şiddetli sarkopeni sıklığında azalma eğilimi göstermiştir [26]. Aynı şekilde huzurevindeki yaşlı bireyler üzerinde yapılan bir başka çalışmada da gövde ve ekstremiteleri içeren 6 haftalık orta seviyede dirençli egzersiz eğitiminin kas kuvveti ve kalitesinde artışa, sarkopeni şiddetinde de azalmaya katkıda bulunabileceği belirtilmiştir [29]. Benzer sonuçların elde edildiği bu çalışmalarda dirençli egzersiz eğitimi ile sarkopeni aşamalarının tersine çevrilebileceği ve hastalık şiddetinin azalabileceği anlaşılmıştır. Ancak bu etkilerin kısa bir sürede etkili olmasının nedeni çalışmaya katılan bireylerin önceki egzersiz seviyelerinden kaynaklanmaktadır. Fiziksel olarak daha aktif bireylerde aynı sonuçların elde edilebilmesi için egzersiz yoğunluğu ve frekansında değişiklikler yapılmalıdır. Fry ve ark. [30] ise sarkopeni ile yaşlanma arasındaki ilişkiyi değerlendirmiş ve dirençli egzersiz eğitimi ile genç ve yaşlı yetişkinlerde benzer değişiklikler olduğunu, dirençli egzersiz eğitiminin sarkopeniyi

azaltabileceğini göstermişlerdir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde uygulanan farklı frekansa sahip dirençli egzersiz programlarının, sarkopenili bireylerin hastalık seviyelerinde iyileşme sağladığı gözlenmektedir.

Yaşlanmayla birlikte vücutta protein sentezi ve yıkımı arasındaki dengenin yıkım lehine bozulması, negatif bir denge oluşturarak kas kütle ve kuvvetinde azalmayla sonuçlanmaktadır [13, 31, 32]. Kaslarda protein sentezinin artmasını sağlayacak seviyede protein alımı ve dirençli egzersiz eğitimi pozitif bir protein dengesinin oluşmasını sağlamaktadır [31, 33]. Böylece myofibrillerin protein sentez hızı artmakta ve kas hipertrofisi meydana gelmektedir [6, 13]. Reidy ve ark. [34] 12 hafta boyunca dirençli egzersiz eğitimine katılan genç bireylerin uygulama süresi sonunda kas protein sentezinde %24 oranında artış, kas yıkımında %21 oranında bir azalma olduğunu, aynı zamanda kas kuvveti ve kütlesinde de artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla dirençli egzersiz eğitimi süresince kas hipertrofisi ve protein döngüsü arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir [34]. Ancak bu döngüdeki bozulmanın yaşlandıkça protein sentezindeki azalmadan kaynaklandığına yer verilmekte, yıkım sürecinde önemli bir değişiklik olmadığı da düşünülmektedir [35]. Yarasheski ve ark. [36] yaptıkları çalışmada dirençli egzersizlerin fiziksel olarak zayıf olan yaşlı bireylerde karışık kas protein sentezi oranını büyük ölçüde artırabileceğini bildirmişlerdir. Gözetim altında 3 ay süreyle uygulanan ağırlık kaldırma egzersizinden sonra, bu sedanter yaşlılarda kas kasılma protein sentezi oranları büyük ölçüde artış göstermiştir. Dirençli egzersizle birlikte kas protein döngüsü uyarılmaktadır. Egzersiz sonrası hücre bazında meydana gelen değişimler pozitif protein dengesinin nedenini açıklığa kavuşturmuştur. Ancak bu etkinin dirençli egzersizi takiben hücre içi aminoasit geri dönüşümünden kaynaklanabileceği düşünülmekte ve incelenmesi teşvik edilmektedir [34].

Dirençli egzersiz eğitimleri, kemik mineral yoğunluğu ile kas kuvvetini korumak ve arttırmak için etkili bir yöntemdir [37,38]. Dirençli egzersizin vücut metabolizması üzerine etkisini araştıran bir çalışmada Hunter ve ark. [39] 26 hafta boyunca gözetim altında uygulanan dirençli egzersiz eğitiminin vücutta yağ kütlesini azalttığı, yağsız kas kütlesinde ve kemik mineral içeriğinde ise artış meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Orta yaşlı ve yaşlı erkeklerde egzersizin kemik mineral yoğunluğu üzerine etkisini araştıran bir sistematik derleme çalışmasında da dirençli egzersizlerin tek başına veya yüksek yoğunluklu aktivite ile kombinasyonu sonucunda postmenapozal kadınlara göre erkeklerde kemik mineral yoğunluğunu koruduğu veya arttırdığı gösterilmiştir [40]. Görülen cinsiyete özgü bu farklılıkların ise hormonal faktörlerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Huovinen ve ark. [38] yaşlı bireylerle yaptıkları çalışmada 16 hafta boyunca, haftada 3 kez uygulanan dirençli egzersiz eğitiminin kas gücü azalmış kadınlarda kas gücünde iyileşme meydana getirdiği ve alt ekstremitelerde kırık riskini azalttığını göstermiştir. Egzersiz eğitimi ile birlikte artan mekanik yükün kas kütlesini arttırdığı, kemik yapıda mekanik stres ürettiği ve osteoblastik aktiviteyi arttırdığı kabul edilmektedir. Bu açıdan kemik üzerinde uyarı oluşturan, kemiğin osteojenik cevabını destekleyerek çeşitli kasların uyarılmasını ve gelişmesini sağlayan dirençli egzersizler, üzerinde en çok durulan egzersiz şeklini oluşturmaktadır [24].

## Sonuçlar

Sarkopeni yaşlı bireylerde kas yapısında meydana getirdiği dejenerasyonla birlikte fiziksel olarak bozulmaya yol açan yavaş seyirli patolojik bir durumdur. Multifaktöriyel bir durum olmasına rağmen kas yapısındaki bozulmalar önemli bir sebebini oluşturmaktadır. Oluşan bu bozulmaların azaltılması ve önlenmesi kapsamında yeterli ve dengeli bir beslenme ile birlikte dirençli egzersizler önemli bir yere sahiptir. Birçok çalışma dirençli egzersizin kas gücünü, kütlesini ve fonksiyonunu geliştirdiğini belirtmektedir. Dirençli egzersiz eğitimleri, kasta meydana getirdiği gelişmeler sayesinde yaşlılar arasında sarkopeninin önlenmesi ve iyileştirilmesinde önemli rol oynayabilir. Sarkopeni vücuttaki tüm iskelet kas gruplarını etkilediğinden, egzersiz eğitiminin tüm vücudu kapsayacak şekilde verilmesi önerilmektedir. Kısa süreli dirençli egzersiz eğitimlerinin kas üzerine etkileri gösterilmiş olsa da maksimal düzeyde ve uzun süreli bir etki oluşturmak için en az 12 haftalık dirençli egzersiz modalitelerinin haftada 2-3 kez uygulanması önem arz etmektedir. Yine sarkopeni düzeyinde ve kas üzerinde daha iyi bir gelişme sağlamak için dirençli egzersiz eğitiminin yüksek yoğunluklu bir seviyede (1TM>%75) uygulanması da önemlidir. Böylece artan kas gücü ve fonksiyonellik sarkopeni nedeniyle oluşabilecek patolojilerin önlenmesine katkı sağlayacaktır.

## Kaynaklar

1. Kato K, Hatanaka Y. The influence of trunk muscle strength on walking velocity in elderly people with sarcopenia. *J Phys Ther Sci.* 2020; 32(2): 166-172.
2. Thomas DR. Loss of skeletal muscle mass in aging: examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clin Nutr.* 2007; 26(4): 389-99.
3. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: european consensus on definition and diagnosis: report of the european working group on sarcopenia in older people. *Age ageing.* 2010; 39(4): 412-23.
4. Mayhew AJ, Amog K, Phillips S, Parise G, McNicholas PD, De Souza RJ, et al. The prevalence of sarcopenia in community-dwelling older adults, an exploration of differences between studies and within definitions: a systematic review and meta-analyses. *Age ageing.* 2019; 48(1): 48-56.
5. Distefano G, Goodpaster BH. Effects of exercise and aging on skeletal muscle. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2017; 8(3): 1-16.
6. Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, Morley JE, Cesari M, Onder G, et al. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging.* 2008; 12(7): 433-50.
7. Giallauria F, Cittadini A, Smart NA, Vigorito C. Resistance training and sarcopenia. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2016; 84(1-2): 738.
8. Fragala MS, Fukuda DH, Stout JR, Townsend JR, Emerson NS, Boone CH, et al. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Exp Gerontol.* 2014; 53: 1-6.
9. Keller K. Sarcopenia. *Wien Med Wochenschr.* 2018; 169(7-8): 157-72.
10. Braun SI, Kim Y, Jetton AE, Kang M, Morgan DW. Sedentary behavior, physical activity, and bone health in postmenopausal women. *J Aging Phys Act.* 2017; 25(2): 173-81.
11. Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A, Hult A, et al. Effects of resistance training on functional strength and muscle mass in 70-year-old individuals with pre-sarcopenia: a randomized controlled trial. *J Am Med Dir Assoc.* 2018; 20(1): 28-34.
12. Walston JD. Sarcopenia in older adults. *Curr Opin Rheumatol.* 2012; 24(6): 623-7.
13. Larsson L, Degens H, Li M, Salviati L, Lee Y, Thompson W, et al. Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function. *Physiol Rev.* 2019; 99(1): 427-511.
14. McIntire KL, Hoffman AR. The endocrine system and sarcopenia: potential therapeutic benefits. *Curr Aging Sci.* 2011; 4: 298-305.
15. Vitale G, Cesari M, Mari D. Aging of the endocrine system and its potential impact on sarcopenia. *Eur J Intern Med.* 2016; 35: 10-15.
16. Paddon-Jones D, Sheffield-Moore M, Katsanos CS, Zhang XJ, Wolfe RR. Differential stimulation of muscle protein synthesis in elderly humans following isocaloric ingestion of amino acids or whey protein. *Exp Gerontol.* 2006; 41(2): 215-9.
17. Norman K, Stobäus N, Gonzalez MC, Schulzke JD, Pirlich M. Hand grip strength: outcome predictor and marker of nutritional status. *Clin Nutr.* 2011; 30: 135-42.
18. Zengin A. Huzurevinde yaşayan yaşlılarda sarkopeni ve mini nütrisyonel araştırma tarama testi ile malnütrisyon riskinin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. [Gaziantep (Türkiye)]: Hasan Kalyoncu Üniversitesi; 2019.
19. Saka B, Akın S, Tufan F, Bahat Öztürk G, Engin S, Karışık E, ve ark. Huzurevi sakinlerinin malnütrisyon prevalansı ve sarkopeni ile ilişkisi. *İç Hastalıkları Dergisi.* 2012; 19: 39-46.
20. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc.* 2002; 50(5): 889-96.
21. Lee SY, Tung HH, Liu CY, Chen LK. Physical activity and sarcopenia in the geriatric population: a systematic review. *J Am Med Dir Assoc.* 2018; 19(5): 378-83.
22. Burton LA, Sumukadas D. Optimal management of sarcopenia. *Clin Interv Aging.* 2010; 5: 217-28.
23. Zembroń-Łacny A, Dziubek W, Rogowski Ł, Skorupka E, Dąbrowska G. Sarcopenia: monitoring, molecular mechanisms, and physical intervention. *Physiol Res.* 2014; 63(6): 683-91.
24. Hong AR, Kim SW. Effects of resistance exercise on bone health. *Endocrinol Metab (Seoul).* 2018; 33(4): 435.

25. Beckwée D, Delaere A, Aelbrecht S, Baert V, Beudart C, Bruyere O, et al. Exercise interventions for the prevention and treatment of sarcopenia. A systematic umbrella review. *J Nutr Health Aging*. 2019; 23(6): 494-502.
26. Del Campo Cervantes JM, Macías Cervantes MH, Monroy Torres R. Effect of a resistance training program on sarcopenia and functionality of the older adults living in a nursing home. *J Nutr Health Aging*. 2019; 23(9): 829-36.
27. Scanlon TC, Fragala MS, Stout JR, Emerson NS, Beyer KS, Oliveira LP, et al. Muscle architecture and strength: adaptations to short-term resistance training in older adults. *Muscle Nerve*. 2014; 49(4): 584-92.
28. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*. 1988; 64(3): 1038-44.
29. Hassan BH, Hewitt J, Keogh JWL, Bermeo S, Duque G, Henwood TR. Impact of resistance training on sarcopenia in nursing care facilities: A pilot study. *Geriatr Nurs*. 2016; 37(2): 116-21.
30. Fry CS, Drummond MJ, Glynn EL, Dickinson JM, Gundermann DM, Timmerman KL, et al. Skeletal muscle autophagy and protein breakdown following resistance exercise are similar in younger and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013; 68(5): 599-607.
31. Damas F, Phillips S, Vechin FC, Ugrinowitsch C. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. *Sports Med*. 2015; 45(6): 801-7.
32. Damas F, Libardi CA, Ugrinowitsch C. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *Eur J Appl Physiol*. 2018; 118(3): 485-500.
33. Naseeb MA, Volpe SL. Protein and exercise in the prevention of sarcopenia and aging. *Nutr Res*. 2017; 40: 1-20.
34. Reidy PT, Borack MS, Markofski MM, Dickinson JM, Fry CS, Deer RR, et al. Post-absorptive muscle protein turnover affects resistance training hypertrophy. *Eur J Appl Physiol*. 2017; 117(5): 853-66.
35. Turżańska K, Drelich M, Posturzyńska A. Protein and physical activity in prevention and treatment of sarcopenia. *Wiad Lek*. 2019; 72(9;1): 1660-6.
36. Yarasheski KE, Pak-Loduca J, Hasten DL, Obert KA, Brown MB, Sinacore DR. Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men  $\geq 76$  yr old. *Am J Physiol*. 1999; 277(1): 118-25.
37. Montero-Fernández N, Serra-Rexach JA. Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2013; 49(1): 131-43.
38. Huovinen V, Ivaska KK, Kiviranta R, Bucci M, Lipponen H, Sandboge S, et al. Bone mineral density is increased after a 16-week resistance training intervention in elderly women with decreased muscle strength. *Eur J Endocrinol*. 2016; 175(6): 571-82.
39. Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, Bamman MM. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *J Appl Physiol*. 2000; 89(3): 977-84.
40. Bolam KA, Van Uffelen JGZ, Taaffe DR. The effect of physical exercise on bone density in middle-aged and older men: a systematic review. *Osteoporos Int*. 2013; 24(11): 2749-62.