



İmmobilizasyon ve denervasyon atrofilerinin histomorfolojik karşılaştırması

Önder CEYLAN¹, Fırat SEYFETTİNOĞLU¹, Ali Murat DÜLGEROĞLU¹,
Arzu AVCI², Bülent BAYRAM³, Osman Arslan BORA¹

¹İzmir Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İzmir;

²İzmir Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Patoloji Kliniği, İzmir;

³Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Amaç: Bu çalışmada oluşturulan deneysel modelde immobilizasyon ve denervasyon atrofileri sonrası kas dokusundaki histomorfolojik değişimlerin karşılaştırılması amaçlandı.

Çalışma planı: Ross-800 cinsi 30 adet melez piliç (60 ayak) 2 çalışma (immobilizasyon ve denervasyon) ve 2 kontrol grubuna ayrıldı. İmmobilizasyon atrofi grubundaki tavukların diz ve ayak bileği eklemleri Kirschner teli ile tespit edildi. Denervasyon grubu için siyatik sinir rezeksiyonu yapıldı. Her iki grubun sağlam taraflarındaki ayaklar kontrol gruplarını oluşturular. Üç hafta sonunda iki grubun ağırlıkları, hacimleri, yükseklikleri, Aşil tendonlarının çap ve uzama miktarları, yağlanma, dejenerasyon değişim ve fibrozis miktarları karşılaştırıldı. Kasların histopatolojik değerlendirmesi için hematok-silen-eozin boyama yapıldı. Karşılaştırmalarda Mann-Whitney U-testinden yararlanıldı.

Bulgular: Denervasyon grubundaki hacim, ağırlık ve kas uzunluk kayıpları immobilizasyon grubuna göre anlamlı derecede daha düşüktü ($p < 0.05$). Aşil tendon çapları ve uzunlukları ile kısa baş çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi. Denervasyon grubu ile immobilizasyon grubu arasında yağlanma, dejenerasyon, fibrozis açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p < 0.05$). Noktacık sayma yöntemindeki bulgularımız, denervasyon grubundaki yağ dokusu alanlarındaki (beyaz alan) noktacık sayıları ile immobilizasyon grubu arasında anlamlı farka işaret etmekteydi ($p < 0.05$).

Çıkarımlar: Deneysel piliç modelindeki çalışma sonuçlarımız denervasyon grubundaki histomorfolojik değişimlerin immobilizasyon grubuna göre daha fazla olduğunu göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Atrofi; denervasyon; histomorfolojik; immobilizasyon.

Kas atrofi kas lif sayısı azalmaksızın kas liflerinin kısalması olarak da tanımlanabilir ve açıklık,^[1] uzun süre yatak istirahati,^[2,3] mekanik yükün ortadan kaldırılması, denervasyon, immobilizasyon veya yerçekiminin azalması,^[4] yaş^[4] ve bunun yanı sıra çeşitli patolojik olaylar (sepsis, kronik böbrek yetmezliği, diyabet, kronik kalp yetmezliği, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, kanser ve

daha birçoğu) gibi durumların ciddi bir komplikasyonu-
dur.^[5,6] Kas atrofi kas gücünde ve dayanıklılığında azal-
maya neden olurken, fiziksel yetersizliğe de yol açar. Bu
nedenle yaşam kalitesini bozar, hastalık seyri üzerinde
olumsuz etkisi vardır, hastanede kalış süresini uzatır ve
mortalite oranını artırır.

Bu çalışmada oluşturulan deneysel modelde immobili-

Yazışma adresi: Dr. Fırat Seyfettinoğlu, İzmir Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, 143. Sokak, 35150 İzmir.

Tel: +90 232 – 244 4444 / 1370 e-posta: firatseyf@yahoo.com

Başvuru tarihi: 23.07.2012 **Kabul tarihi:** 30.05.2013

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu
www.aott.org.tr adresinde
doi: 10.3944/AOTT.2014.2993
Karekod (Quick Response Code)



zasyon ve denervasyon atrofileri sonrası kas dokusundaki histomorfolojik değişimlerin karşılaştırılması amaçlandı.

Gereç ve yöntem

Bu çalışmada ağırlıkları 800-1200 gram arasında değişen 30 adet Ross-800 melez etlik piliç (60 ayak) kullanıldı.

Laboratuvar hayvanlarına solunum baskılanmadan intramusküler 50 mg/kg ketamin hidroklorid ile anestezi uygulandı. Cerrahi girişimden önce ve sonra, cerrahi profilaksi için ampisilin/sulbaktam grubu bir antibiyotik 200 mg dozunda piliçlerin suyuna eklendi.

Piliçler iki gruba ayrıldı. İmmobilizasyon grubundaki 14 ve denervasyon grubundaki 16 pilicin karşı taraf ayakları kontrol gruplarını oluşturdu.

İmmobilizasyon grubunda, anestezi sonrası piliçlerin arka bacakları, ayak bilekleri ve diz eklemleri 1.2-mm Kirschner teli ile nötral pozisyonda sabitlendi ve pansumanı yapıldı.

Denervasyon grubunda, anestezi sonrası uyluğun posteromedialinden yapılan transvers bir insizyonla cilt subkütan olarak geçildi ve gluteus maksimus kası yoluyla siyatik sinire ulaşıldı. Yaklaşık olarak sinirin 1.5 cm'lik kısmı çıkarıldı.

Üç haftanın sonunda deney hayvanları servikal dislokasyon ile sakrifiye edildi ve kalça eklemlerine dezartikülasyon yapıldı. Her iki arka bacak da salin içeren kaplarda korundu. İlk olarak, Aşil tendonları belirlendi ve serbestleştirildi. Yakındaki fleksör kaslardan gastroknemius kasının başlangıç noktasına kadar fasya sıyrıldı. İlk olarak serbestleştirilen gastroknemius kasının Aşil tendonunun uzunluğu ve çapı ölçüldü.

Aynı bacak femurun distal kısmı 2 adet pullu vida ile sabitlendi. Bu bacak, uzatma aletine sabitlendikten sonra ağırlıkları asmak için Aşil tendonuna klemp konuldu.

Uzama miktarı sırasıyla 50, 100, 150 ve 200 gram ile ölçüldü. Uzama oranının ölçümü için kas kemiğin yapışma yerinden serbestleştirildi. Serbestleştirilen kastan hem baş uzunluğu hem de göbek çapı ölçüldü. Son olarak kasların yaş ağırlıkları hassas terazi (g/100) ile ölçüldü. Kaslar 30 ml saf su içeren beher içine yerleştirildi ve taşan miktarın ölçülmesiyle hacimleri belirlendi.

Tüm gruplarda bütün bu ölçümler aynı araştırmacı tarafından gerçekleştirildi.

Histopatolojik inceleme için dokuların enine ve boyuna kesitleri alındı. Enine kesit yüzeyleri kasların muskülotendinöz keşişim noktasının kanat tipi tendonundan da alındı. Kesitler hematoksilin-eozin (H-E) ile boyandı.

Yağ birikimi, dejenerasyon, fibrozis ve kasların enflamatuvar yanıtları değerlendirildi. Yağ birikimi ve dejene-

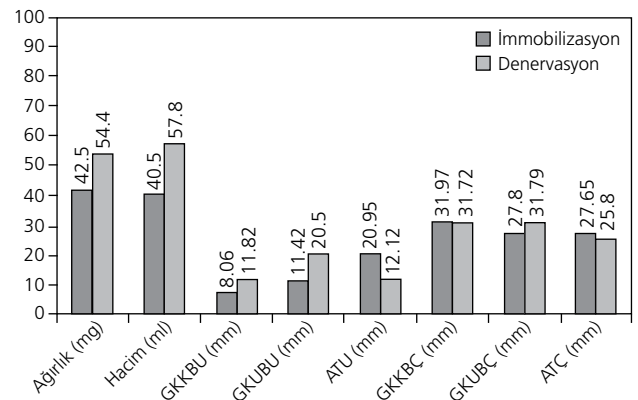
rasyonun en belirgin olduğu yerdeki kesit alanı en küçük büyütmeye (4 X 0.10) ile değerlendirildi. Bu kesitlerde, düşünülen hücrelerin otomatik alan sayma metodu Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği tarafından gerçekleştirildi. Yağ dokusunun (beyaz alan) ve kas dokusunun (kırmızı alan) renklendirilmiş noktaları sayıldı.

İstenen hücre alanlarının otomatik hesaplanması için eşik değeri metodu kullanıldı. Bu işlem aşağıdaki kurallar ve talimatlara göre gerçekleştirildi. Her piksel için, görüntüdeki M (mavi), K (kırmızı) ve Y (yeşil) bantlar arasında K (kırmızı) ve Y (yeşil) bantlar kontrol edildi. Eğer K'nın veya Y'nin gri değeri 230'dan yüksekse görüntüdeki piksellerin rengi beyazdı. Eğer K'nın gri değeri 190'dan ve Y'nin gri değeri 200'den düşükse görüntüdeki piksellerin rengi kırmızıydı. Kırmızı ve beyaz pikseller dışındaki pikselleri hesaplamak için 2 sınıftaki piksellerin sayısı total piksel sayısından çıkarıldı.

Tüm ölçümler istatistiksel olarak Mann-Whitney U-testi ile hesaplandı. Anlamlılık seviyesi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

Bulgular

İmmobilizasyon ve denervasyon gruplarındaki ağırlık ve hacim kaybı, kısa bacakların uzunluğundaki fark, uzun bacak uzunluğundaki fark, Aşil tendonlarının uzunluğundaki fark ve uzun bacakların çaplarındaki fark hesaplandı. Kısa-bacak çaplarındaki fark ve Aşil tendonu çaplarındaki fark haricindeki tüm sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.05$). Bununla birlikte, denervasyon grubundaki kayıp immobilizasyon ve kontrol grubundakilerden fazlaydı. İmmobilizasyon ve denervasyon atrofi gruplarındaki kayıpların dağılım yüzdesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İmmobilizasyon ve denervasyon atrofi gruplarındaki yüzde dağılımı. GKKBU: Gastroknemius kası kısa başının uzunluğu; GKUBU: Gastroknemius kası uzun başının uzunluğu; ATU: Aşil tendonunun uzunluğu; GKKBC: Gastroknemius kası kısa başının çapı; GKUBC: Gastroknemius kası uzun başının çapı, ATC: Aşil tendonunun çapı.

Uzamadaki fark karşılaştırıldığında, immobilizasyon grubunda 50, 100 ve 150 gr'lık istatistiksel olarak anlamlı farklar saptandı ($p<0.05$). Ölçümlerden edilen ortalama değerler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Histopatolojik inceleme ile kaslardaki yağ birikimi, liflerin dejenerasyonu, fibrozis ve enflamatuvar yanıt değerlendirildi. Sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

İmmobilizasyon grubu ile karşılaştırıldığında denervasyon grubundaki yağ birikimi, dejenerasyon, fibrozis ve enflamatuvar yanıt istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük olduğu kaydedildi ($p<0.05$).

Yağ doku alanları (beyaz alan) ve kas doku alanlarının (kırmızı alan) ölçümünde, beyaz alanın kontrol grubundaki piksellerin %18'ini, immobilizasyon grubundaki piksellerin %22'sini ve denervasyon grubundaki piksellerin %42'sini oluşturduğu görüldü. Buna ek olarak, kırmızı

alan kontrol grubunda %67, immobilizasyon grubunda %42 ve denervasyon grubunda %34 olarak ölçüldü.

Bu sonuçlara göre denervasyon grubundaki yağ dokusu (beyaz alan) immobilizasyon grubundan istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha büyüktü ($p<0.05$). Kontrol, immobilizasyon ve denervasyon gruplarının kırmızı ve beyaz alan dağılım yüzdeleri Şekil 2'de verilmiştir.

Kontrol, immobilizasyon ve denervasyon gruplarının saf kas dokusunun ampirik ölçümleri ile tüm üç grubun yüzey kesit alanındaki kırmızı bölgenin yüzdesi (kas dokusu) her grubun ortalama hacim değerleri ile çarpıldığında, ampirik olarak, o kastaki saf kas dokusu hacmini vermektedir (Tablo 4 ve 5).

Üç hafta sonunda kalan saf kas dokusu hacminin yüzdesi Tablo 6'da gösterilmiştir. İmmobilizasyon gru-

Tablo 1. Kontrol ve immobilizasyon gruplarının ortalama değerleri.

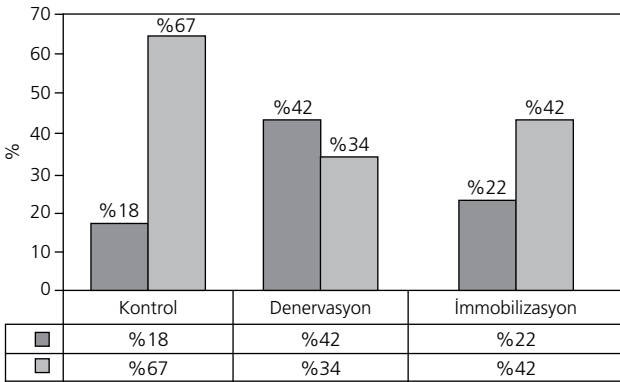
	Kontrol grubu (n=14)		İmmobilizasyon grubu (n=14)	
	Ortalama±SS	Min.-Maks.	Ortalama±SS	Min.-Maks.
Ağırlık (mg)	16.32±4.04	6.18-23.08	9.37±2.05	6.0-12.60
Hacim (ml)	167±30	117-227	96±21	52-124
GKKBU (mm)	60.50±5.91	53.28-72.75	57.19±4.08	48.50-64.32
GKUBU (mm)	76.41±6.75	70.87-87.62	67.71±5.19	59.18-64.32
ATU (mm)	9.83±2.19	6.76-13.53	7.77±1.89	4.72-11.84
GKKBÇ (mm)	21.08±2.70	15.54-26.27	14.34±2.03	10.25-17.16
GKUBÇ (mm)	29.96±4.00	23.35-38.24	21.63±3.27	16.70-27.67
ATÇ (mm)	6.19±0.87	4.87-7.92	5.16±1.59	4.13-10.36

Mann-Whitney U-testi ile elde edilen 0.05'ten düşük p değeri ($p<0.05$) istatistiksel anlamlılığa işaret ediyor. GKKBU: Gastroknemius kasi kısa başının uzunluğu; GKUBU: Gastroknemius kasi uzun başının uzunluğu; ATU: Aşil tendonunun uzunluğu; GKKBÇ: Gastroknemius kasi kısa başının çapı; GKUBÇ: Gastroknemius kasi uzun başının çapı; ATÇ: Aşil tendonunun çapı.

Tablo 2. Kontrol ve denervasyon gruplarının ortalama değerleri.

	Kontrol grubu (n=16)		Denervasyon grubu (n=16)	
	Ortalama±SS	Min.-Maks.	Ortalama±SS	Min.-Maks.
Ağırlık (mg)	22.41±6.32	9.77-30.96	10.44±3.11	5.12-14.39
Hacim (ml)	216±47	136-30	101±26	49-147
GKKBU (mm)	68.05±7.50	58.67-84.95	60.01±8.29	49.68-73.62
GKUBU (mm)	84.30±10.41	67.27-107.4	67.31±7.84	54.67-82.90
ATU (mm)	10.32±8.67	15.76-7.14	9.80±3.09	4.95-14.23
GKKBÇ (mm)	23.24±2.99	18.35-29.71	15.87±4.83	11.23-29.22
GKUBÇ (mm)	33.51±3.58	25.62-40.46	22.86±4.21	16.86-33.39
ATÇ (mm)	7.83±1.97	5.72-12.60	4.76±0.54	4.63-7.27

Mann-Whitney U-testi ile elde edilen 0.05'ten düşük p değeri ($p<0.05$) istatistiksel anlamlılığa işaret ediyor. GKKBU: Gastroknemius kasi kısa başının uzunluğu; GKUBU: Gastroknemius kasi uzun başının uzunluğu; ATU: Aşil tendonunun uzunluğu; GKKBÇ: Gastroknemius kasi kısa başının çapı; GKUBÇ: Gastroknemius kasi uzun başının çapı; ATÇ: Aşil tendonunun çapı.



Şekil 2. Kontrol, denervasyon ve immobilizasyon gruplarının dağılım yüzdeleri.

bunda, sağlıklı kas dokusu ile karşılaştırıldığında, saf atrofik kas dokusunda (motor güç) 2/3 oranında azalma varken, denervasyon grubunda sağlıklı kas dokusu ile karşılaştırıldığında, saf atrofik kas dokusunda (motor güç) 3/4 oranında ampirik azalma vardı.

Tartışma

İskelet kasının esas görevi hareket, postural davranış ve solunumdur. İskelet kasları, çeşitli fizyolojik (yaşlanma) ve patolojik (kullanmama, denervasyon ve 0-yerçekimi ortamı) uyarılar sonucu kas gücü ve dayanıklılığında azalma ile fiziksel engelliliğe yol açabilen ciddi bir komplikasyon, atrofi oluşabilmektedir.

Tomanek ve Lund'un çalışmasında, beyaz kas liflerinde kırmızı kas liflerinden daha yüksek oranda atrofi olduğu için ve oluşturulan denervasyon ve immobilizasyon

tekniklerinin uygulanması daha kolay olduğu için çalışma nesnelere olarak piliçler seçilmiştir.^[7,8] Bizim çalışmamızda, Tomanek ve Lund'un^[8] piliçlerde atel ile immobilizasyon sağladıkları yaptıkları yöntem yerine ayak bileğinin ve diz ekleminin Kirschner teli ile eksternal tespiti gerçekleştirilen immobilizasyon yöntemi kullanılmıştır. Camillo ve ark.'nın yaptıkları çalışmada olduğu gibi, denervasyon grubunda siyatik sinirin yaklaşık 1 cm'lik kısmı etraftaki dokulardan dikkatli bir şekilde diseke edildikten sonra rezeke edilmiştir.^[9] Bu şekilde, denervasyon sonrası oluşabilecek tekrarlayan innervasyonlar önlenmesi amaçlanmıştır.

Her iki grupta deney 3 hafta sonunda sonlandırılmıştı. Kendi sağlıklı tarafları ile karşılaştırıldığında denervasyon grubunda %54.4 oranında kilo kaybı, immobilizasyon grubunda ise %42.5 oranında kilo kaybı vardı. Zarshevsky ve ark., 4 hafta eksternal fiksator ile immobilizasyon sonrası kas kitlesinde %32-42 oranında azalma saptamışlardır.^[5] Çizgili kaslarda denervasyon atrofisinin etkisini değerlendiren uzun dönem bir çalışmada Sunderland ve Ray, sıçanlarda ilk 30 gün içinde kas kitlesinde yaklaşık %40-60 oranında azalma gözlemlemişlerdir.^[10] Çalışmamızdaki hacim kayıpları karşılaştırıldığında denervasyon grubunda %57.5'lik ve immobilizasyon grubunda %40.5'lik bir hacim kaybı olduğu görülmüştü. Denervasyon grubunda kilo (%54.4) ve hacim (%57.5) kayıpları immobilizasyon grubundan (sırasıyla %42.5 ve %40.5) daha yüksek idi. İskelet kaslarında denervasyonun etkisini araştıran bir çalışmada Sunderland ve Ray,^[10] kasların enine ve boyuna kesitlerini H-E ile boyadıktan sonra ışık mikroskopisi ile bağ

Tablo 3. Denervasyon ve immobilizasyon gruplarının histopatolojik değerlendirmesi.

	Orta		Şiddetli		p
	n	%	n	%	
Yağ birikimi					
Denervasyon	5	19.2	21	80.8	0.037*
İmmobilizasyon	12	46.2	14	53.8	
Dejenerasyon					
Denervasyon	7	26.9	19	73.1	0.005*
İmmobilizasyon	18	69.2	8	30.8	
Fibrozis					
Denervasyon	19	79.2	5	20.8	0.007*
İmmobilizasyon	17	94.4	1	5.6	
	Hayır		Evet		p
	n	%	n	%	
Enflamasyon					0.027*
Denervasyon	11	42.3	15	57.7	
İmmobilizasyon	3	11.5	23	88.5	

*Mann-Whitney U-testi ile elde edilen 0.05'ten düşük p değeri (p<0.05) istatistiksel anlamlılığa işaret ediyor.

Tablo 4. Kontrol ve immobilizasyon gruplarındaki saf kas dokusu hacmi.

	Kontrol grubu (n=14)	İmmobilizasyon grubu (n=14)
Hacim	118 ml	40.32 ml

Tablo 5. Kontrol ve denervasyon gruplarındaki saf kas dokusu hacmi.

	Kontrol grubu (n=16)	Denervasyon grubu (n=16)
Hacim	144 ml	34.34 ml

Tablo 6. Kontrol ve denervasyon gruplarındaki saf kas dokusu hacminin yüzdesi.

	Kontrol grubu (n=16)	Denervasyon grubu (n=16)
Yüzde	33	23

dokusundaki değişiklikler ve astar ile liflerdeki düzensizlikleri değerlendirmişlerdir. Yazarlar, sarkoplazmada vakuol oluşumu, kas liflerinde düzensizlik, kollaps ve dağılma ve bağ dokusu ve fibroziste artış kaydetmişlerdir. Denervasyon grubundaki yağ birikim oranı %80, kas liflerinin dejenerasyonu %73 olarak bulunmuştur. İmmobilizasyon grubunda ise yağ birikim oranı %53, kas liflerinin dejenerasyonu ise %30 olarak saptanmıştır. Bağ dokusu değişikliği olarak düşünülen fibrozis oranı denervasyon grubunda %20.8, immobilizasyon grubunda ise %5.6'dır. Tanaka ve ark.'nın^[11] yaptıkları çalışmada da vurgulandığı üzere, bu çalışmada, hem morfolojik hem de histopatolojik bulgulara göre en ciddi atrofinin denervasyon grubunda olduğu gözlenmiştir.

Denervasyon grubunda gastroknemius kasının kısa baş uzunluğundaki atrofi oranının %11.82 ve uzun baş uzunluğundaki atrofi oranının %20.50 olduğu gözlenmiştir. İmmobilizasyon grubunda kısa baş uzunluğundaki atrofi oranı ise %8.06 ve uzun baş uzunluğundaki atrofi oranı %11.42 olarak kaydedilmiştir. Denervasyon grubundaki atrofi immobilizasyon grubundakinden daha yüksektir.

Bu çalışmada morfolojik ölçümler, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, immobilizasyon grubunda Aşil tendon uzunluğunda %20'lik ve denervasyon grubunda %12'lik azalma olduğunu göstermiştir. İmmobilizasyon grubunda Aşil tendon çapında %27.65 oranında bir azalma ve denervasyon grubunda %25.80 oranında bir azalma görülmüştür. İmmobilizasyon grubundaki değişiklikler denervasyon grubundan daha ciddi bulunmuş-

tur. Muskulotendinöz ve tendinöz yapıların histolojik bulgularına göre, tendon liflerindeki ciddi değişiklik oranının immobilizasyon grubunda %7.7 olduğu fakat denervasyon grubunda ciddi değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Morfolojik ölçümler ve histolojik-patolojik bulgular, immobilizasyon grubundaki atrofik değişiklikleri desteklemektedir. Denervasyon grubunda kas liflerindeki atrofik değişiklikler daha anlamlı iken, tendondaki atrofik değişiklikler immobilizasyon grubunda daha anlamlıdır. Muskulotendinöz bileşkenin histopatolojik bulgularına göre, denervasyon grubunda yağ birikim oranı %36.4 ve fibrozis oranı %30'dur. İmmobilizasyon grubunda ise yağ birikim oranı %15.4 ve fibrozis oranı %14.3'tür.

İmmobilizasyon ve denervasyon gruplarındaki uzama miktarını karşılaştırdığımızda, immobilizasyon grubunda uzama hızının %4.8, denervasyon grubunda %2.5 olduğu görülmüştür. Tabary ve ark.^[12] yaptıkları bir çalışmada, sarkomer sayısının uzama oranını etkileyeceğini vurgulamışlardır. Bu çalışmada, kas dejenerasyonu denervasyon grubunda daha yüksek bulunmuştur. Sarkomer sayısındaki azalma immobilizasyon grubuna kıyasla denervasyon grubunda daha fazla olabilir. Bu, bizim, immobilizasyon grubundaki hayvanların bacaklarını nötral pozisyonda sabitlememizle ilgili olabilir. Bu durum sarkomer sayısında anlamlı bir azalmaya neden olmamakla birlikte, uzayabilme yetenekleri de denervasyon grubuna göre daha iyi olabilir.

Bizim çalışmamızda, Toraman ve ark.'nın^[13] yaptıkları çalışmada kullanılan ve histopatolojik görüntülerde gereken hücre alanının otomatik belirlenmesi olarak da tanımlanan yöntem benzer bir yöntem kullanılmıştır. Her örnek için piksel sayısı elde edilmiştir. Çalışmamızdaki tüm yüzey kesit alanlarımız 270,000 pikselden oluşmaktaydı. Beyaz alan (yağ dokusu alanı) oranı kontrol grubunda %18 iken, denervasyon grubunda bu oran %42 ve immobilizasyon grubunda ise %22 idi. Kırmızı alan (kas dokusu alanı) oranı ise kontrol grubunda %67, denervasyon grubunda %34 ve immobilizasyon grubunda %42 idi. Görüldüğü üzere, denervasyon grubunda yağ depolanması (beyaz alan) immobilizasyon grubundan daha yüksekti.

Gastroknemius kasındaki saf kas dokusu immobilizasyon grubunda %33, denervasyon grubunda ise %23 olarak ölçülmüştü. Bu değerlerin her iki gruptaki kasılan kas doku kitlesini temsil ettiği, dolayısıyla, esas kontraksiyon yapan kas dokusu olarak kabul edildi. Piliçlerdeki 3 haftalık immobilizasyon ve denervasyon döneminden sonra, immobilizasyon grubunda ampirik saf kas dokusu kayıp oranının 2/3, denervasyon grubunda 3/4 olduğu görüldü. Denervasyon grubunda kasılan kas dokusu kaybı immobilizasyon grubundan daha yüksekti.

Sonuç olarak, piliçlerde 3 haftalık immobilizasyon ve denervasyon dönemi sonunda, denervasyon grubundaki atrofi miktarının immobilizasyon grubundakinden daha fazla olduğu görülmüştür.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Busquets S, Alvarez B, López-Soriano FJ, Argilés JM. Branched-chain amino acids: a role in skeletal muscle proteolysis in catabolic states? *J Cell Physiol* 2002;191:283-9.
2. Bloomfield SA. Changes in musculoskeletal structure and function with prolonged bed rest. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:197-206.
3. Powers SK, Wiggs MP, Duarte JA, Zergeroglu AM, Demirel HA. Mitochondrial signaling contributes to disuse muscle atrophy. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2012;303:E31-9.
4. Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 1978;52:302-10.
5. Zarzhevsky N, Coleman R, Volpin G, Fuchs D, Stein H, Reznick AZ. Muscle recovery after immobilisation by external fixation. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81:896-901.
6. Coutinho EL, Gomes AR, França CN, Oishi J, Salvini TF. Effect of passive stretching on the immobilized soleus muscle fiber morphology. *Braz J Med Biol Res* 2004;37:1853-61.
7. Tate CA, Bick RJ, Myers TD, Pitts BJ, Van Winkle WB, Entman ML. Alteration of sarcoplasmic reticulum after denervation of chicken pectoralis muscle. *Biochem J* 1983;210:339-44.
8. Tomanek RJ, Lund DD. Degeneration of different types of skeletal muscle fibres. I. Denervation. *J Anat* 1973;116:395-407.
9. Camillo AC, Rocha Rde C, Chopard RP. Structural and microvascular study of soleus muscle of Wistar rats after section of the sciatic nerve. *Arq Neuropsiquiatr* 2004;62:835-8.
10. Sunderland S, Ray LJ. Denervation changes in mammalian striated muscle. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1950;13:159-77.
11. Tanaka T, Kariya Y, Hoshino Y. Histochemical study on the changes in muscle fibers in relation to the effects of aging on recovery from muscular atrophy caused by disuse in rats. *J Orthop Sci* 2004;9:76-85.
12. Tabary JC, Tabary C, Tardieu C, Tardieu G, Goldspink G. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. *J Physiol* 1972;224:231-44.
13. Toraman S, Türkoğlu I. Automatic identification of selected cell areas in histopathological image. Fifth International Advanced Technologies Symposium, May 13-15, 2009. Karabük, Türkiye.