

Foam Roller Uygulamasının Hamstring Kası Performansı Üzerine Etkileri

ÖZ

Bu çalışma, kuvvet antrenmanlarında setler arası dinlenmeler sırasında foam roller (FR) uygulamasının akut hamstring kuvvetine etkilerinin incelenmesini amaçlamıştır. Bu çalışmaya son 3 aylık sürede haftada 4 saat alt-üst ekstremité direnç egzersizleri yapan ve son 6 ay içerisinde hiçbir alt ekstremité sakatlığı geçirmemiş, 18 yaş üzeri 20 erkek katılımcı katılmıştır. İki temel egzersiz seansı, katılımcılar tarafından rastgele sırayla ve çaprazlama yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Seanslardan birinde her set öncesi FR ile kendi kendine miyofasyal gevşetme (KKMG) seansı sonrasında single-leg hamstring curl kuvvet protokolü uygularken, diğer seans için aynı kuvvet protokolü tam dinlenme (TD) ile gerçekleştirilmiştir. Her iki seansta ve tüm setlerin ardından algılanan zorluk derece (AZD) puanları not edilmiştir. Verilerin normallik varsayımı her set ve uygulama koşulu için Shapiro-Wilk testi ile incelenmiş normalliğin sağlandığı belirlenmiştir. Çalışmamızda ortalama algılanan zorluk puanlarında KKMKG'de TD'ye göre $0,46 \pm 0,48$ daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir ($p < 0,05$). Toplam tekrar sayısına ait ortalamalar sırasıyla KKMKG seansı için $32,65 \pm 3,40$ ve TD seansı için $29,40 \pm 2,89$ tekrar ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,005$). Bu değerler üzerinden hesaplanan yorgunluk katsayıları ise KKMKG için $-18,38 \pm 8,52$ ve TD için $-26,50 \pm 7,23$ olarak belirlenmiş, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Setler arasında anlamlı bir performans farkı olduğu görülmüştür. Set sayısı arttıkça tekrar performansı anlamlı şekilde azalmıştır [$F(3,57) = 129.79, p < 0.001, \eta^2p = .872$]. Bu sonuç, katılımcıların her iki uygulamada da 1. setten 4. sete doğru belirgin bir yorgunluk yaşadığını göstermektedir. KKMKG protokolü tüm setlerde TD'ye kıyasla anlamlı derecede daha yüksek tekrar sayıları sağlamıştır [$F(1,19) = 43.75, p < 0.001, \eta^2p = .697$]. Bu etki uzun setler için yorgunluğun uzaklaştırılması ve motor ünite katılımlarının setlerde daha yüksek tutularak uzun sürede kuvvet gelişiminde FR'nin bir katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Foam roller, Hamstring, Kuvvet, Miyofasyal gevşetme

Effects of Foam Roller Exercise on Hamstring Muscle Performance

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of foam roller (FR) exercise on acute hamstring strength during inter-set rests in strength training. Twenty male participants over 18 years of age who performed upper and lower extremity resistance exercises for 4 hours per week in the last 3 months and had no lower extremity injury in the last 6 months participated in this study. The two core exercise sessions were performed by the participants in randomized order and using the cross-over method. In one session, a single-leg hamstring curl strength protocol was performed after a self-myofascial release (SMR) session with FR before each set, while for the other session, the same strength protocol was performed with complete rest (CR). Perceived difficulty rating (PDR) scores were recorded in both sessions and after all sets. The normality assumption of the data was examined using the Shapiro-Wilk test for each set and application condition, and normality was determined to be satisfied. In our study, higher results of 0.46 ± 0.48 were obtained in the mean perceived difficulty scores in the SMR compared to the CR ($p < 0.05$). The means for the total number of repetitions were 32.65 ± 3.40 for the SMR session and 29.40 ± 2.89 for the CR session, respectively, and a statistically significant difference was found ($p < 0.005$). The fatigue coefficients calculated from these values were determined as -18.38 ± 8.52 for SMR and -26.50 ± 7.23 for CR, and the difference between them was found to be statistically significant ($p < 0.001$). A significant performance difference was observed between the sets. Repetition performance decreased significantly as the number of sets increased [$F(3,57) = 129.79, p < 0.001, \eta^2p = .872$]. This result indicates that participants experienced significant fatigue from the 1st to the 4th set in both applications. The SMR protocol provided significantly higher repetition counts than CR across all sets [$F(1,19) = 43.75, p < 0.001, \eta^2p = .697$]. This effect suggests that FR may contribute to strength development in the long term by removing fatigue for long sets and keeping motor unit participation higher in the sets.

Keywords: Foam roller, Hamstring, Strength, Myofascial release

GİRİŞ

Hamstring koşma, durma, hızlanma, sıçrama, tırmanma vb. aktivitelerde hareketin gerçekleşmesini sağlayan en önemli alt ekstremita kas gruplarından biridir^{1,2}. Alt ekstremita yaralanmalarının yaklaşık %12'den fazlasını hamstring kas grubu yaralanmaları oluşturmaktadır. Yüksek hızlı yoğun egzersizler esnasında yaralanma daha fazla iken, tekrarlanma oranları yüksektir^{3,4,5,6,7,8}. Hamstring yaralanmalarında temel nedenlerinden biri agonist-antagonist dengesindeki kuvvet farklarıdır. Yani hamstring kuvveti önemli rol oynamaktadır. Bununla beraber aşırı gerginlik, eksik veya yanlış ısınma, aşırı yüklenmeye bağlı kas yorgunluğu, eklem hareket açıklığının ve esnekliğin yetersizliği sıklıkla karşılaşılan diğer yaralanma nedenleridir⁹. Hamstring performansını üst düzeyde tutmak ve yaralanmaları gidermek için rolfining tekniği, bağ doku masajı, statik germe, dinamik germe ve kendi kendine miyofasyal gevşetme (KKMG) gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır¹⁰. Bunlara ek olarak, muskulotendinöz yapıların esnekliğini artırmak ve kasılma performansını artırmak için özel olarak tasarlanmış araçlar kullanılmaktadır^{11,12,13}.

KKMG bireyin kendi kendine gerçekleştirebileceği, kaslar ve çevresindeki fasyayı hedef alarak aşamalı germe tekniklerini içeren bir manuel terapi yöntemidir¹⁴. Özellikle Foam Roller (FR) aleti KKMKG için tüm spor branşlarında ısınma ve soğuma esnasında kullanılmaktadır^{15,16,17}. FR aleti hedeflenen kas grubu üzerinde, kişinin kendi kendine baskı uygulayarak yaptığı bir masaj şeklidir¹⁸. Bunun sebebi ise FR nin fasya tabakasına ve kaslar üzerine uyguladığı basınç bağ doku masajı uygulamasıyla uygulanan basınçla benzeridir¹⁹. FR nin ısınma ve soğuma sırasında kullanımının yaygınlaşmasıyla performans etkilerinin önemi artmıştır^{15,16,17}.

FR uygulamasının hem seçkin katılımcılar hem de rekreasyonel olarak aktif bireyler tarafından kullanılan popüler bir müdahale tekniği haline gelmesinin bazı nedenleri, uygun maliyeti, kolay uygulanabilirliği, zaman açısından kazançlı olabileceği gibi, performansı ve iyileşmeyi artırarak katılımcılara fayda sağlayabileceği düşüncesidir^{10,20}.

FR'nin vücuttaki ağrı düzenleyici sistemlere etki ederek, analjezik etkileri ve kas iyileşmesini güçlendirebileceği teorisi öne sürülmüştür^{10,21,22}. Bu ağrı düzenleyici sistemler; psikofizyolojik tepkiler, düşük uyarılma seviyesi veya plasebo etkisine bağlı olarak kas iyileşmesine etki ediyor olabilir^{10,20,23}. Ayrıca fizyolojik mekanizmalar açısından, FR'nin hem akut olarak atletik performansı hem de yoğun bir fiziksel aktivite sonrası toparlanmayı artırabileceğini inanılmaktadır. Fakat FR'nin kas performansı üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, aktiviteden önce veya sonra FR uygulamasının kas performansı üzerine olumlu etki yaratıp yaratmadığı konusunda fikir birliği yoktur. Bu nedenle, FR araçlarını kullanan ve bu ürünleri katılımcılarına tavsiye eden güç ve kondisyon antrenörlerinin güncel çalışmaları takip etmeleri önerilmektedir²⁴. Bu çalışmada literatürde FR'nin kas performansı üzerine etkilerinin eksikliğine katkı sağlamasının yanı sıra, kuvvet antrenmanlarında setler arası dinlenmeler sırasında FR aletinin kullanımının hamstring kuvvet performansı üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Modeli

Bu araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden deneysel desen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, bağımsız değişken olan FR uygulamasının, bağımlı değişken olan hamstring kuvvet performansı ve algılanan zorluk düzeyi üzerindeki akut etkisini belirlemek amacıyla iki koşullu bir deneysel desen tercih edilmiştir.

Araştırmada çapraz (cross-over) deneysel desen kullanılmıştır. Katılımcılar, rastgele sıralama yöntemi ile iki farklı uygulama koşulunu deneyimlemiştir:

1. Kendi Kendine Miyofasyal Gevşetme (KKMG) uygulaması yapılan seans,
2. Tam Dinlenme (TD) uygulaması yapılan seans.

Bu sayede, her bir katılımcı her iki koşulu da deneyimlemiş ve böylece uygulamalar arası farklılıkların etkisi kontrol edilmiştir.

Araştırma Grubu

Araştırmacının örneklemini 3 aylık sürede haftada en az 4 saat alt-üst ekstremitelere direnç egzersizleri yapan ve son 6 ay içerisinde hiçbir alt ekstremitelere sakatlığı geçirmemiş, 18 yaş üzeri 20 erkek oluşturmaktadır. Testlerden bir gece önce alkol, enerji içeceği ve kahve gibi içecekleri tüketmemeleri konusunda uyarılar yapılmıştır. Çalışmaya 22 erkek katılımcı gönüllü olmayı kabul etmiştir. Daha sonra 1 katılımcının son 6 ay içerisinde alt ekstremitelere sakatlık geçirmiş olması, diğer 1 katılımcının performans artırıcı yasaklı madde kullanması nedeniyle toplamda 2 katılımcının verileri araştırmaya dahil edilmemiştir. 20 (Yaş= 23,55 ± 1,57 yıl) erkek katılımcı ile araştırma tamamlanmıştır.

Tablo 1. Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri.

	$\bar{X} \pm SS$
Yaş (yıl)	23,55 ± 1,57
Boy (cm)	182,55 ± 6,06
Kütle (kg)	78,65 ± 5,91
BMI	23,03 ± 1,42
Dominant Bacak Kas Kütle (kg)	10,98 ± 0,95
Toplam Vücut Yağ Oranı (%)	13,25 ± 3,39
Empedans (Ω)	246,60 ± 29,37
Haftalık Genel Antrenman Süresi (dk/hafta)	348,25 ± 158,22
Alt Ekstremitelere Antrenman Süresi (dk/hafta)	43,50 ± 23,51
Dominant Bacak Uyluk Çevre (cm)	56,50 ± 2,28
MT10 (kg)	43,07 ± 5,82

BMI: Body Mass Index, Mt10: Maksimum 10 Tekrar Kilogramı, CM: Santimetre, KG: Kilogram, DK: Dakika

Tablo 1’de Çalışmaya katılan bireylerin demografik, antropometrik ve antrenman alışkanlıklarıyla ilgili tanımlayıcı istatistiklerini içermektedir.

Deneysel Tasarım

Bu araştırma, katılımcıların kuvvet performansları üzerinde foam roller (FR) uygulamasının etkilerini incelemek amacıyla tasarlanmıştır. Katılımcılar, 1 maksimum tekrar (1 MT) yük hesaplamaları, setler arası dinlenme protokollerinin uygulandığı ve algılanan zorluk düzeyi (AZD) puanlaması not edildiği bir dizi egzersize katılmışlardır. Araştırma tasarımı, iki farklı seans koşulunun (KKMG ve TD) karşılaştırılması üzerine

kuruludur ve katılımcılar her iki seansa rastgele sırayla dahil edilmiştir. Her bir katılımcının egzersiz için belirlenen yüklerinin hesaplanmasında kullanılan 1 MT ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$(1 \text{ MT} = \text{ağırlık} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{tekrar sayısı}))) \quad 25.$$

1. KKMKG Seansı

KKMG seansında, her set öncesinde katılımcılara 60 saniyelik bir foam roller uygulaması yapılmış ve bu süreçte aktif dinlenme sağlanmıştır. Ardından, katılımcılar tahmini maksimal kuvvetin %70-80'ine denk gelen ağırlık ile 10MT tek bacaklı hamstring curl (single-leg lying hamstring curl) hareketini uygulamıştır. Katılımcıların her seans sonunda, AZD puanlaması 1'den 10'a kadar bir ölçekle belirlenmiştir. Bu ölçümler, her bir set sonunda alınarak yorgunluk seviyelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Her katılımcı, 24 saatlik dinlenmenin ardından, ikinci seansa katılmak üzere araştırma merkezine geri dönmüştür.

2. TD Seansı

TD seansında, katılımcılar her set öncesinde 60 saniyelik pasif dinlenme uygulamışlardır. Bu süreçte, katılımcılar hareketsiz bir şekilde oturarak dinlenmişlerdir. Ardından, aynı şekilde 10MT tek bacaklı hamstring curl hareketi 4 set üzerinden uygulanmıştır. Tüm setler sonunda, katılımcılardan AZD belirlemek için 1'den 10'a kadar bir değerlendirme yapmaları istenmiştir.

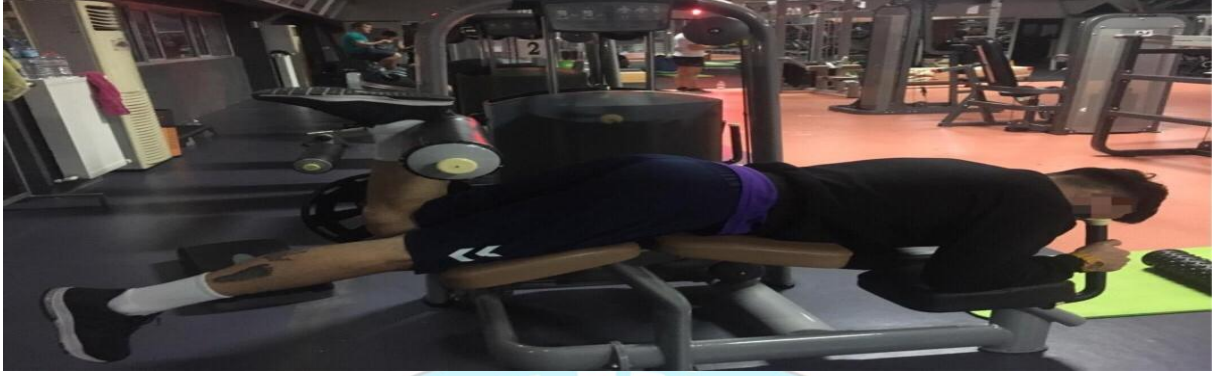
Yöntemsel Süreç

Her iki seansta da katılımcılara yapılan testler ve dinlenme süreleri arasında, set aralarındaki dinlenme protokollerine dikkat edilmiştir. Katılımcılar, her bir seans için belirlenen yüklerle egzersiz yapmış ve her iki seans sonunda algılanan zorluk düzeylerini not etmişlerdir. Katılımcıların demografik bilgileri, testlerin başlamasından önce toplanmış, 1 MT hesaplamaları ve egzersiz yükleri belirlenmiştir. Yorgunluk oluşumundan etkilenmemek için önceki performanslarına bakılarak tekrar sayısının ilk sette 10'un altında olmasına dikkat edilmiştir^{25,26}.

Bu deneysel tasarım, setler arası dinlenme türlerinin (KKMG ve TD) hamstring kuvveti üzerindeki akut etkilerini ve bu etkilerin algılanan zorluk düzeyleriyle ilişkisini incelemektedir.



Şekil 1. Foam Roller Uygulaması.



Şekil 2. Single Leg Lying Hamstring Curl Hareketi

Yorgunluk Katsayısının Hesaplanması

Planlanan seanslarda katılımcılardan istenen toplam tekrar sayısı (4 set x 10 tekrar) ile gerçekleştirilmiş olan toplam tekrar sayısı (4 set x yapılan tekrar) arasındaki farkın yüzdelik olarak hesaplanması ile belirlenmiştir²⁷.

$$\text{Yorgunluk Katsayısı}(\%) = \left(\frac{40 - \text{Yapılan Toplam Tekrar}}{40} \right) \times 100$$

Kapsamın Hesaplanması

Katılımcıların 4 set boyunca gerçekleştirmiş olduğu tekrar sayısı ile MT değerinin çarpılması ve toplanması sonucu toplam ağırlıklarının kapsamı hesaplanmıştır.

$$\text{Kapsam (kg)} = (4 \times \text{Yapılan Toplam Tekrar} \times \text{Kaldırılan Ağırlık})$$

Veri Toplama Araçları

Vücut Kompozisyonu Ölçümü

Vücut kompozisyonunun belirlenmesi, insan sağlığını değerlendirmenin önemli bir yoludur. BIA, vücut bileşenlerinin ve klinik durumun değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan non-invaziv ve düşük maliyetli bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, katılımcıların vücut kompozisyonları TANITA BC-418 (Tanita Corp., Tokyo, Japonya) BIA ile standart modda, ölçülmüştür.

Algılanan Zorluk Derecesi (AZD)

Bireylerin fiziksel aktivite sırasında hissettikleri çaba düzeyini değerlendirmek için kullanılan bir öz-değerlendirme aracıdır. Gunnar Borg tarafından geliştirilmiş ve modifiye edilmiş olan bu ölçek, fiziksel yüklenme algısını nicel bir şekilde ifade etmeyi hedefler²⁸. Katılımcılar kendi algılarına bağlı hissettikleri çabalarını derecelendirmelerine olanak sağlar. Bu ölçek, 0 ile 10 arasında bir derecelendirme sistemi kullanır. Derecelendirme sistemi aşağıdaki gibidir;

0: Tam dinlenme

1: Çok hafif çaba

3: Orta düzey çaba (biraz zorlanma hissi).

5: Yoğun çaba (nefes alma ve kalp hızı belirgin şekilde artar).

7: Çok yoğun çaba (devam etmek oldukça zor).

10: Maksimum çaba (dayanılabilirliğin sınırında).

Bu ölçek, egzersiz sırasında algıladıkları çabayı ölçmek için tasarlanmıştır. Algılanan çaba, genellikle kalp atış hızı, solunum hızı ve kas yorgunluğu gibi fizyolojik faktörlerle ilişkilidir²⁹.

Foam Roller ve Lying Hamstring Curl Uygulaması

10 dakikalık koşu bandında ısınmayı tamamlayan katılımcılar öncelikle ayaklar yere paralel olacak şekilde 90 derece açıyla yere oturmuşlardır. Domyos marka FR aparatını dominant ayak hamstring kas grubunun altına yerle temas ettirecek şekilde yerleştirilmiş ve kollarından yardım alıp ellerinin üzerinde durarak hedeflenen kas grubu üzerinde baskı uygulayarak 60 saniye boyunca kendi kendilerine ileri geri hareket ettirmişlerdir. KKMKG protokolünü uygulayan katılımcılar ara vermeden kendileri için daha önce belirlenen 10 MT ağırlıkla lying hamstring curl (Diesel Fitness S Line, Inter Spor, Tayvan) makinesinde dominant ayakları ile ağırlığı kaldırmış ve yapılan tekrar sayısı not edilmiştir.

Etik Onay

Katılımcılara araştırma prosedürleri ve çalışmanın amaçları hakkında bilgilendirilmiş ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan katılımcılardan çalışmaya katılmadan önce yazılı bilgilendirilmiş onam alınmıştır. Ayrıca, Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2018/19-43 karar numarasıyla çalışma onayı alınmıştır. Çalışma, gözden geçirilmiş Helsinki Deklarasyonu ilkelerine uygun olarak yürütülmüştür.

Verilerin Analizi

Verilerin analizinde IBM SPSS Statistics 24 paket programı kullanıldı. Normallik varsayımı her set ve uygulama koşulu için Shapiro–Wilk testi ile incelenmiş normalliğin sağlandığı belirlenmiştir. Normal dağılım göstermeyen verilerin analizinde Wilcoxon Signed Rank Test kullanıldı. Katılımcıların her iki uygulamayı da tamamlaması nedeniyle tasarım within-subject özellik taşımaktadır. Bu nedenle uygulama ve set faktörlerinin tekrar performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla 2 × 4 tekrarlı ölçümler ANOVA modeli kullanılmıştır. Ek olarak toplam tekrar sayısı ve yorgunluk katsayısı tek bir ölçüm içerdiğinden, uygulamalar arası farkı değerlendirmek için bağımlı örneklem t-testi uygulanmıştır. Etki büyüklükleri ANOVA için partial eta squared (η^2p), t-testleri için Cohen's d ile hesaplanmıştır. Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Tablo 2. KKMKG ve TD Uygulamalarına Göre Set Bazlı Tekrar ve AZD Ortalamaları

	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$
KKMKG _{tekrar}	10,75 ± 1,33	8,55 ± 1,43	7,50 ± 1,00	5,85 ± 0,93
AZD _{KKMKG}	6,65 ± 0,98	7,65 ± 0,87	8,50 ± 0,76	9,50 ± 0,60
TD _{tekrar}	9,95 ± 0,94	7,85 ± 1,04	6,40 ± 0,99	5,20 ± 1,10
AZD _{TD}	7,15 ± 0,87	8,15 ± 0,74	9,10 ± 0,71	9,75 ± 0,44

Tablo 2'de katılımcıların setler arasındaki yorgunluk artışı ile performansın azaldığını ve aynı zamanda AZD arttığını açıkça göstermektedir. Setler arasında AZD açısından,

KKMG seansında (Set1: 6,65; Set4: 9,50), TD (Set1: 7,15; Set4: 9,75) seansına göre daha az bir artış gözlemlenirken, toplam tekrar sayısı da TD seansına kıyasla daha yüksek bulunmuştur (KKMG: $32,65 \pm 3,40$; TD: $29,40 \pm 2,89$).

Tablo 3. KKMKG ve TD Uygulamaları Arasında Toplam Tekrar, Yorgunluk Katsayısı ve Kapsam Değerlerine T-Testi Sonuçları

	KKMG	TD				
	X $\pm$ SS	X $\pm$ SS	Mean Difference	t(19)	p	Cohen's d
Toplam Tekrar Sayısı	32,65 $\pm$ 3,40	29,40 $\pm$ 2,89	3,25	6,614	<0.001	1,48
Yorgunluk Katsayısı(%)	-18,38 $\pm$ 8,52	-26,50 $\pm$ 7,2	8,12	6,614	<0.001	1,48
Kapsam(kg)	1405,64 $\pm$ 243,26	1267,45 $\pm$ 222,66	138,19	6,504	<0.001	1,45

*(P<0,005)

Tablo 3'de toplam tekrar sayısı KKMKG protokolünde anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur [$t(19) = 6,614$, $p < .001$, $d = 1,48$]. Bu bulgu, KKMKG uygulamasının akut dönemde tekrar kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Yorgunluk katsayısı açısından da iki uygulama arasında anlamlı fark görülmüş, KKMKG protokolü daha düşük yorgunluk düzeyi ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum, KKMKG uygulamasının yorgunluk gelişimini geciktirebileceğini düşündürmektedir. Kapsam (kg) değerleri incelendiğinde, KKMKG uygulamasının TD'ye göre anlamlı biçimde daha yüksek toplam iş yükü oluşturduğu belirlenmiştir [$t(19) = 6,504$, $p < .001$, $d = 1,45$]. Bu bulgu, KKMKG uygulamasının toplam performans çıktısını artırarak daha fazla mekanik iş gerçekleştirilebilmesine olanak sağladığını göstermektedir. Tüm değişkenlerde görülen etki büyüklükleri ($d > 1,40$), KKMKG'nin performans üzerinde anlamlı ve güçlü bir akut etki yarattığını ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Set Sayısı ve Uygulama Türünün Tekrar Performansı Üzerindeki Etkisine İlişkin Tekrarlı Ölçümler Anova Sonuçları

	df	F	p	η^2p
Setler	3,57	129,79	< .001	.872
Uygulama (KKMG vs TD)	1,19	43,75	< .001	.697

Tablo 4'de set sayısının tekrar performansı üzerindeki etkisi anlamlıdır [$F(3,57) = 129,79$, $p < .001$, $\eta^2p = .872$]. Bu bulgu, katılımcıların 1. setten 4. sete doğru ilerledikçe belirgin bir performans düşüşü yaşadığını göstermektedir. Ayrıca uygulama türünün performans üzerindeki etkisi de anlamlı bulunmuştur [$F(1,19) = 43,75$, $p < .001$, $\eta^2p = .697$]. Buna göre KKMKG uygulaması, TD uygulamasına kıyasla tüm setlerde daha yüksek tekrar performansı sağlamıştır. Bu sonuçlar, KKMKG uygulamasının akut performansı artırıcı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, FR uygulamasının hamstring kas performansı üzerindeki akut etkilerini belirlemek ve TD protokolü ile karşılaştırmaktır. Elde edilen bulgular, KKMKG uygulamasının kısa süreli performans çıktıları açısından TD'ye kıyasla önemli avantajlar sağladığını göstermektedir. Katılımcılar, KKMKG uygulaması sonrasında tüm setlerde daha yüksek tekrar performansı sergilemiş, toplam tekrar sayıları anlamlı

düzeyde artmış ve yorgunluk katsayısı daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar, FR uygulamasının akut dönemde kas fonksiyonunu iyileştirebildiğine yönelik literatürü destekler niteliktedir.

Yorgunluk ve Performans

Çalışmamızda, KKMKG uygulamasının TD'ye kıyasla daha az yorgunluk katsayısı ile ilişkili olduğu bulunmuştur. KKMKG seanslarında yorgunluk katsayısı $-\%18,38$ iken, TD seanslarında bu değer $-\%26,50$ olarak bulunmuştur. Bu bulgu, FR'nin yorgunluğu geciktirici etkisini desteklemektedir. Benzer şekilde, Pearcey ve ark. (2015)¹⁹ FR kullanımının kas ağrısını azalttığını ve toparlanma sürecini hızlandırdığını belirtmiştir. Bu durum, FR'nin kas dokusundaki kan dolaşımını artırarak metabolik atıkların uzaklaştırılmasını kolaylaştırmasıyla açıklanabilir³⁰.

Behm ve Wilke, (2019)³¹ FR'nin kas dokusundaki gerilimi azaltarak yorgunluğu geciktirdiğini ve bu sayede performansı artırdığını vurgulamıştır. FR kullanımı, antrenman öncesi ısınmayı desteklemesinin yanı sıra, antrenman sonrası toparlanma sürecini de hızlandırmaktadır³².

Bu uygulamanın yumuşak dokuda iyileşmeyi tetikleyen unsurlar, uygulanan mekanik stresin büyüklüğü ve uygulama süresi ile ilişkilidir³⁰. Bununla birlikte, FR uygulamasının, hamstring kasları üzerinde proprioseptif nöromusküler fasilitasyon (PNF) tekniklerinden "tut-gevşe" yöntemiyle benzer etkiler yarattığı belirlenmiştir³³.

Ayrıca, KKMKG seanslarında toplam tekrar sayısının ($32,65 \pm 3,40$) TD seanslarına ($29,40 \pm 2,89$) göre daha yüksek olması, FR'nin performansı artırıcı etkisini göstermektedir.

Bu bulgu, Cheatham ve ark. (2015)²⁴ FR kullanımının akut performans artışı sağladığı yönündeki çalışmalarıyla örtüşmektedir. FR'nin, kas dokusundaki gerilimi azaltarak motor ünite katılımını artırdığı ve bu sayede daha fazla tekrar yapılmasına olanak sağladığı düşünülmektedir. Wiewelhove ve ark. (2019)¹⁰ FR kullanımının kas aktivasyonunu artırarak performansı olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir.

Kapsam ve Yorgunluk

KKMKG seanslarında toplam kapsam değerlerinin ($1405,64 \pm 243,26$) TD seanslarına ($1267,45 \pm 222,66$) göre daha yüksek olması, FR'nin antrenman hacmini artırıcı etkisini göstermektedir. Bu bulgu, FR'nin kas dokusundaki esnekliği artırarak daha fazla iş yüküne tolerans sağladığını düşündürmektedir. Benzer şekilde, Schroeder ve Best, (2015)³⁴ FR kullanımının kas dokusundaki sertliği azaltarak hareket açıklığını artırdığını ve bu sayede performansı olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca, Healey ve ark. (2014)¹⁵ FR kullanımının kas dokusundaki mekanik stresi azaltarak toparlanma sürecini hızlandırdığını ve bu sayede antrenman hacmini artırdığını vurgulamıştır.

Antropometrik ve Antrenman Alışkanlıklarının Etkisi

Katılımcıların antropometrik özellikleri ve antrenman alışkanlıkları incelendiğinde, dominant bacak kas kütlesi ($10,98 \pm 0,95$ kg) ile MT10 ($43,07 \pm 5,82$ kg) değerleri bulunmuştur. Bu bulgu, kas kütlesinin kuvvet performansı üzerindeki önemini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Folland ve Williams, (2007)³⁶ kas kütlesi ile kuvvet performansı arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Suchomel ve ark.

(2016)³⁷ kas kütlelerinin kuvvet üretimi ve performans için temel bir faktör olduğunu vurgulamıştır.

Ayrıca, haftalık alt ekstremité antrenman süresi (43,50±23,51 dk) ile MT10 arasında bulunmuştur. Bu durum, antrenman süresinin tek başına performansı belirlemede yetersiz kalabileceğini, antrenman yoğunluğu ve tekniklerinin de önemli olduğunu düşündürmektedir. Schoenfeld ve ark. (2017)³⁸ antrenman yoğunluğunun ve tekniklerinin, antrenman süresinden daha kritik olduğunu belirtmiştir.

AZD egzersizin yürütülebilmesi ve yorgunluk düzeyiyle ilişkilidir. Çalışmamızda AZD açısından KKMKG'de, TD'de ye göre setler arası ve toplamda daha düşük sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 2).

Araştırmacılar Healey ve ark. (2014)¹⁵ FR uygulamasının yorgunluk üzerinde anlamlı değişikliğe neden olurken, performans üzerine bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır. FR'nin atletik testlerden önce kullanılmasının performansa olan etkisini araştırmışlardır. Yorgunluk, ağrı ve efor parametrelerinin de ölçüldüğü araştırmada, FR ve plank uygulamaları arasında anlamlı fark elde edememişlerdir. Bununla birlikte, FR kullanımının performans üzerinde hiçbir etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Tüm bu literatür değerlendirmelerinin sonucunda; FR uygulamasının kassal performansa olan etkisi üzerine yapılan araştırmaların bulgularının farklılık göstermesi, her bir araştırmadaki yöntem farklılıklarından, deneklerin performans düzeyi, yaşlarının farklılıkları ve yaptıkları sporun farklı dinamiklerinden etkilenmesine bağlanabilir^{39, 40}.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, kuvvet antrenmanlarında setler arası dinlenme sırasında FR kullanımının hamstring kuvvet performansı üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, KKMKG seansı ile uygulanan FR'nin, TD ile karşılaştırıldığında, toplam tekrar sayısını artırarak kas yorgunluğunu azaltmada etkili olabileceğini göstermektedir. Özellikle, KKMKG seansında daha fazla tekrar yapılmasına olanak sağladığı ve yorgunluk katsayısını azalttığı gözlemlenmiştir.

Özellikle uzun setlerde yorgunluğun geciktirilmesi ve daha fazla tekrar yapılabilmesi, FR'nin kuvvet antrenmanlarında etkili bir toparlanma ve performans artırıcı araç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Bu sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarla uyumlu olup, FR'nin sporcuların antrenman verimliliğini artırmak ve spor yaralanma riskini azaltmak için önemli bir yöntem olduğunu göstermektedir. Hamstring yaralanmaları sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Ayrıca, KKMKG seanslarında kapsam değerlerinin daha yüksek olması, FR kullanımının motor ünite katılımını artırarak kas dayanıklılığı ve güç gelişimini destekleyebileceğini düşündürmektedir.

Quadriceps ve hamstring arasındaki 3:2'lik kuvvet dengesine bakıldığında, bu konu üzerinde yapılacak çalışmaların potansiyel olarak önemli olabileceği düşünülmektedir. Bu tür araştırmalar, kas gruplarının dengeli bir şekilde gelişimini sağlamak ve olası sakatlanmaların önlenmesine katkı sağlamak adına değer taşıyabilir.

Fizyoterapistler için; bu durum sıklıkla karşılaşılan hamstring yaralanmalarına karşı özellikle hazırlık sezonunda quadriceps gelişiminin daha hızlı ve yüksek olmasıyla 3:2 kuvvet dengesinin kaybedilmesi sonucunda oluşabilecek sakatlıkların önüne geçmede

etkin bir uygulama olabileceğini akla getirmektedir. Yine ayrıca hamstring sakatlıklarından sonra yapılacak iyileştirme çalışmalarından sonra yapılan kuvvet çalışmalarında, hamstring kuvvetinin daha kısa sürede kazanılmasında yardımcı olabileceğinden ötürü KKMKG uygulaması önerilebilir. Tabi ki bu uygulama esnasında katılımcının uygulayacağı basınç ve kuvvet kontrol edilemeyeceğinden, sakatlık sonrası toparlanma evresinin erken döneminde uygulamadan kaçınmak yeniden sakatlanma riskini azaltabilir.

Çalışmanın sınırlılıkları arasında, araştırma grubunun nispeten küçük olması ve sadece erkek katılımcıları içermesi, bulguların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca, çalışmanın akut etkileri incelemesi, FR'nin uzun vadeli performans ve toparlanma üzerindeki etkilerinin tam olarak anlaşılmasını sınırlamaktadır. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda daha geniş örneklem grupları, farklı cinsiyetler ve uzun vadeli etkilerin incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca, FR'nin farklı kas grupları ve antrenman protokolleri üzerindeki etkilerinin araştırılması, bu aletin antrenman programlarına nasıl entegre edilebileceği konusunda daha detaylı bilgiler sunabilir.

Sonuç olarak, FR uygulaması, setler arasında KKMKG yöntemiyle kullanıldığında, yalnızca mobilitayı artıran bir araç olarak değil, aynı zamanda akut performans kaybını azaltarak yorgunluğu hafifletmekte ve toplam yük kapasitesini artırmaktadır. Bu bulgular, kuvvet antrenmanlarında toparlanmayı optimize etmek amacıyla setler arası FR kullanımının etkili bir strateji olabileceğini göstermektedir. Ancak, bu etkinin uzun vadeli adaptasyonlar üzerindeki etkisini anlamak için daha geniş kapsamlı ve uzun süreli çalışmalar gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Hoshikawa Y., Iida T., Muramatsu M., Nakajima Y., Fukunaga T., Kanehisa H. (2009). Differences in thigh muscularity and dynamic torque between junior and senior soccer players. *Journal of Sports Sciences*. 27(2), 129-138.
2. Willigenburg NW., McNally MP., Hewett TE. (2014). Quadriceps and hamstrings strength in athletes. In *Hamstring and quadriceps injuries in athletes: A clinical guide* (pp. 15-28). Boston, MA: Springer US.
3. De Weijer VC., Gorniak GC., Shamus, E. (2003). The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 33(12), 727-733.
4. Brooks JH., Fuller CW., Kemp SPT., Reddin DB. (2005). Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. *British Journal of Sports Medicine*. 39(10), 757-766.
5. Feeley BT., Kennelly S., Barnes RP., Muller MS., Kelly BT., Rodeo SA., Warren RF. (2008). Epidemiology of National Football League training camp injuries from 1998 to 2007. *The American Journal of Sports Medicine*. 36(8), 1597-1603.
6. Ekstrand J., Häggglund M., Waldén M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*. 39(6), 1226-1232.
7. Alonso JM., Edouard P., Fischetto G., Adams B., Depiesse F., Mountjoy M. (2012). Determination of future prevention strategies in elite track and field: analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *British Journal of Sports Medicine*. 46(7), 505-514.

8. Orchard JW., Seward H., Orchard JJ. (2013). Results of 2 decades of injury surveillance and public release of data in the Australian Football League. *The American Journal of Sports Medicine*. 41(4), 734-741.
9. Petersen J., Hölmich P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*. 39(6), 319-323.
10. Wiewelhove T., Döweling A., Schneider C., Hottenrott L., Meyer T., Kellmann M., Ferrauti A. (2019). A meta-analysis of the effects of foam rolling on performance and recovery. *Frontiers in Physiology*. 10, 449926.
11. Ryan ED., Beck TW., Herda TJ., Hull HR., Hartman MJ., Costa PB., Cramer JT. (2008). The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 38(10), 632-639.
12. Ferber R., Osternig LR., Gravelle DC. (2002). Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 12(5), 391-397.
13. Herda TJ., Ryan ED., Costa PB., Walter AA., Hoge KM., Uribe BP., Cramer JT. (2010). 4 Acute effects of passive stretching and vibration on the electromechanical delay and musculotendinous stiffness of the plantar flexors. *Electromyography & Clinical Neurophysiology*. 50(6), 277.
14. Barnes FM. (1997). The basic science of myofascial release. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 1(4), 231-238.
15. Healey KC., Hatfield DL., Blanpied P., Dorfman LR., Riebe D. (2014). The effects of myofascial release with foam rolling on performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 28(1), 61-68.
16. Jones A., Brown LE., Coburn JW., Noffal GJ. (2015). Effects of foam rolling on vertical jump performance. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*. 3(3), 38-42.
17. Monteiro ER., Neto VGC. (2016). Effect of different foam rolling volumes on knee extension fatigue. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 11(7), 1076.
18. Peacock CA., Krein DD., Silver TA., Sanders GJ., Von Carlowitz KPA. (2014). An acute bout of self-myofascial release in the form of foam rolling improves performance testing. *International Journal of Exercise Science*. 7(3), 202.
19. Pearcey GE., Bradbury-Squires DJ., Kawamoto JE., Drinkwater EJ., Behm DG., Button, DC. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of Athletic Training*. 50(1), 5-13.
20. Weerapong P., Hume PA., Kolt GS. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*. 35, 235-256.
21. Cavanaugh MT., Aboodarda SJ., Hodgson DD., Behm DG. (2017). Foam rolling of quadriceps decreases biceps femoris activation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 31(8), 2238-2245.
22. Jo E., Juache GA., Saralegui DE., Weng D., Falatoonzadeh S. (2018). The acute effects of foam rolling on fatigue-related impairments of muscular performance. *Sports*. 6(4), 112.
23. Phillips J., Diggin D., King DL., Sforzo GA. (2021). Effect of varying self-myofascial release duration on subsequent athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 35(3), 746-753.
24. Cheatham SW., Kolber MJ., Cain M., Lee M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion,

- muscle recovery, and performance: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 10(6),827.
25. Brzycki M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 64(1), 88-90.
 26. Çolak R., Ağaşçioğlu E., Turanlı E. (2017). Skuat maksimum kuvvet ve yüzde güç değerlerinin 30m sprint ve yatay sıçrama performansı arasındaki ilişkilerin incelemesi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 4(2), 1-12.
 27. Inbar O., Bar-Or O., Skinner JS. (1996). The wingate anaerobic test. *Human Kinetics*.
 28. Borg G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human kinetics*.
 29. Eston RG., Williams JG. (1986). Exercise intensity and perceived exertion in adolescent boys. *British Journal of Sports Medicine*. 20(1),27-30.
 30. MacDonald GZ., Penney MD., Mullaley ME., Cuconato AL., Drake CD., Behm DG., Button DC. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 27(3), 812-821.
 31. Behm DG., Wilke J. (2019). Do self-myofascial release devices release myofascia? Rolling mechanisms: a narrative review. *Sports Medicine*. 49(8), 1173-1181.
 32. Moraleda BR., Rosillo AL., González J., Martínez EM. (2020). Efectos del foam roller sobre el rango de movimiento, el dolor y el rendimiento neuromuscular: revisión sistemática. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación*. (38), 879-885.
 33. Junker DH., Stöggl TL. (2015). The foam roll as a tool to improve hamstring flexibility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 29(12), 3480-3485.
 34. Schroeder AN., Best TM. (2015). Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Current Sports Medicine Reports*. 14(3), 200-208.
 35. Naderi A., Rezvani MH., Degens H. (2020). Foam rolling and muscle and joint proprioception after exercise-induced muscle damage. *Journal of Athletic Training*. 55(1), 58-64.
 36. Folland JP., Williams AG. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*. 37, 145-168.
 37. Suchomel TJ., Nimphius S., Stone MH. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*. 46, 1419-1449.
 38. Schoenfeld BJ., Ogborn D., Krieger JW. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 35(11), 1073-1082.
 39. Sullivan KM., Silvey DB., Button DC., Behm DG. (2013). Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds without performance impairments. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 8(3), 228.
 40. Couture G., Karlik D., Glass SC., Hatzel BM. (2015). The effect of foam rolling duration on hamstring range of motion. *The Open Orthopaedics Journal*. 9, 450.