



## Plantar Fleksörlere Uygulanan Kombine Köpük Yuvarlama ve Statik Pasif Esneme Egzersizlerinin Hareket Açıklığı ve Dikey Sıçrama Performansına Etkisi

Mertcan DAMAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İstanbul, TÜRKİYE  
Orcid: 0000-0003-1042-0992 e-mail: mertdamat27@gmail.com

Öğr. Gör. Serdar GÜR<sup>2</sup>

<sup>2</sup>İstanbul Gelişim Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, İstanbul, TÜRKİYE  
Orcid: 0000-0003-1562-9090 e-mail: segur@gelisim.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Aliasker KUMAK<sup>3</sup>

<sup>3</sup>İstanbul Gelişim Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, İstanbul, TÜRKİYE  
Orcid: 0000-0001-5342-6097 e-mail: aliaskerkumak@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Deniz ŞENTÜRK<sup>4</sup>

<sup>4</sup>İstanbul Gelişim Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, İstanbul, TÜRKİYE  
Orcid: 0000-0003-1736-6482 e-mail: senturkdeniz1@gmail.com

### Özet

Bu araştırmanın amacı plantar fleksörler kaslarına uygulanan statik pasif esneme ve köpük yuvarlamanın kombine ve farklı sırayla kullanılmasının, karşı hareket sıçrama performansı ile dorsifleksiyon hareket açıklığına olan etkisini incelemektir. Çalışmaya rekreasyonel olarak direnç antrenmanı yapan 12 adet erkek ve 6 adet kadın gönüllü esasına dayalı olarak katılmıştır (yaş, 22.16 ± 6.61; boy, 1.75 ± 9.86, vücut kütlesi 73.92±17.06). Araştırmanın biri famirizasyon, üçü deneysel oturum olmak üzere toplam 4 oturumda gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın birinci deneysel oturumunda katılımcıların dorsi fleksiyon hareket açıklıkları gonyometre kullanılarak ölçüldü ve dikey sıçrama yükseklikleri belirlenmiştir. İkinci gün, katılımcılara 5 dakikalık bisiklet ergometresi sonrasında önce 45 saniyelik köpük yuvarlama ardından 45 saniyelik statik pasif esneme uygulandı ve dikey sıçrama yükseklikleri ile dorsi fleksiyon açıları tekrardan ölçülmüştür. Üçüncü gün, 5 dakikalık bisiklet ergometresini takiben önce 45 saniyelik statik pasif esneme, sonra 45 saniyelik köpük yuvarlama uygulandı ve dikey sıçrama yükseklikleri ile dorsi fleksiyon açıları tekrar ölçülerek çalışma sonlandırılmıştır. Uygulanan protokol × eklem hareket açıklığı analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p = 0.022). Ardından yapılan Bofferoni düzeltmesi hipotezimizle paralel bir şekilde Statik+köpük yuvarlama uygulamasından sonra eklem hareket açıklığının kontrol grubuna göre anlamlı ölçüde arttığını tespit ederken, köpük yuvarlama+statik uygulamasından sonra anlamlı bir değişim tespit edilememiştir. Ancak öne sürdüğümüz hipotezimizin aksine uygulanan protokol × karşı hareket sıçrama yüksekliği analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (p = 0.768) . Araştırma sonucunda karşı hareket sıçrama yüksekliğinde azalma olmadan eklem hareket aralığını arttırmak için statik pasif esnemeyi takiben köpük yuvarlama kullanılmasının daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan köpük yuvarlamayı takiben statik esneme uygulamasının karşı hareket sıçraması yüksekliğini etkilemeye de eklem hareket aralığında anlamlı bir artış sağlamadığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Esneklik, statik esneklik, köpük yuvarlama, karşı hareket sıçraması, eklem hareket açıklığı

### Effect of Combined Foam Rolling and Static Passive Stretching Exercises Applied to Plantar Flexors on Range of Motion and Vertical Jump Performance

#### Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of static passive stretching and foam rolling applied to the plantar flexors in combination and in different order on countermovement jump performance and dorsiflexion range of motion. Twelve male and six female volunteers (22.16±6.61 years, 1.75±9.86 height, 73.92±17.06 weight) performing recreational resistance training participated in the study. The study consisted of 3 sessions at non-consecutive 48-hour intervals. On the first day of the study, the participants performed bicycle ergometry for 5 minutes. Then the range of motion of the dorsi flexion was measured with a goniometer and finally the vertical jump height was determined. On the second day, after 5 minutes of bicycle ergometry, the participants performed 45 seconds of foam rolling followed by 45 seconds of static passive stretching, and their vertical jump heights and dorsi flexion angles were measured again. On the third day, after 5 minutes of bicycle ergometry, the participants performed 45 seconds of static passive stretching followed by 45 seconds of foam rolling, and their vertical jump heights and dorsiflexion angles were measured again, and the study was terminated. All statistical analyses were performed using statistical software (SPSS version 25.0, IBM, Chicago, IL). The alpha level was set at <0.05. The Shapiro-Wilk test showed that the data were normally distributed. A statistically significant difference was found by protocol × range of motion analysis. The subsequent Bofferoni correction, in parallel with our hypotheses, revealed that the range of motion increased significantly after the static + foam rolling application compared to the control group, whereas no significant change was found after the foam rolling + static application. However, contrary to our hypotheses, no statistically significant difference was found as a result of the applied protocol × countermovement jump height analysis. Our results showed that static passive stretching followed by foam rolling should be used to increase the range of motion of the joint without causing a decrease in the height of the countermovement jump. On the other hand, it was observed that static stretching followed by foam rolling did not result in a positive change in joint range of motion, although it did not affect the height of the countermovement jump.

**Keywords:** Stretching, static stretching, foam rolling, countermovement jump, joint range of motion

**Sorumlu yazar:** Mertcan DAMAT, **E-posta:** mertdamat27@gmail.com

## GİRİŞ

Bir eklem hareket açıklığının hem esneme egzersizleri hem de köpük yuvarlama egzersizleri ile artırılabilirliği düşünülmektedir (Konrad ve Tilp, 2020; Konrad vd., 2019). Bu nedenle, bu iki modalitenin, özellikle yüksek ROM'a ihtiyaç duyulan sporlarda (örneğin, dans, dövüş sanatları vb.) ısınma rutininin bir parçası olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir (Konrad vd., 2021). Bu modalitelerin hareket açıklığı üzerine etkilerini araştıran çalışmalar net değildir, dinamik esneme ve köpük yuvarlanma arasında bir fark olmadığını (Somers vd., 2020), köpük yuvarlamanın statik ve dinamik germe ile karşılaştırıldığında hareket açıklığı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu (Su vd., 2017) veya statik germe işleminin köpük yuvarlamaya kıyasla hareket açıklığı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bildirmiştir (Fairall vd., 2017). Tüm bunlara baktığımızda amaç hareket aralığını arttırmak olduğunda hem farklı esneme egzersizleri hem de köpük yuvarlama uygun bir ısınma olarak kabul edilebilir (Konrad vd., 2021). Bununla birlikte tek bir esneme veya köpük yuvarlama egzersizinin güç veya sıçrama yüksekliği performansına üzerine etkileri olduğu bilinse de hangi yöntemin performans üzerinde olumlu veya olumsuz bir etkiye sahip olacağı açık değildir (Konrad vd., 2021). Yapılan birçok araştırma, kas kuvveti, sıçrama yüksekliği ve kas gücü gibi performans parametrelerini azalttığı için spor aktivitelerinden önce statik esnemenin kaçınmayı önermiştir (Bishop, 2003; Behm ve Chaouachi, 2011; Mizuno vd., 2013). Akut esneme ile ilgili olarak özellikle statik esneme uzun esneme sürelerinde (>60) daha kısa süre esnemelere (<60) kıyasla performans parametrelerinde daha büyük azalma bildirmiştir (Behm vd., 2016). Statik pasif germe ve statik aktif germe ile ilgili olarak (Fjerstad vd., 2018) 60 saniyelik statik aktif veya statik pasif esnemenin sonra kas kuvvetinde bir azalma bildirmemiştir. Bu nedenle, tek bir esneme egzersizinin performans üzerindeki etkilerinin büyük ölçüde esneme süresine ve esneme tekniğine bağlı olduğu düşünülebilir (Behm ve Chaouachi, 2011; Behm vd., 2016). Akut köpük yuvarlamanın performans üzerine etkilerinin incelendiği yakın tarihli bir meta analiz köpük yuvarlamanın neden olduğu performans ile ilgili herhangi bir zararlı etki bildirmemiştir (Wiewelhove vd., 2019). Köpük yuvarlamanın performans ile ilgili etkilerine bakıldığında sprint performansında küçük bir iyileşme eğilimi olsa da kuvvet veya sıçrama performansında anlamlı farklılık bildirilmemiştir (Wiewelhove vd., 2019). Bu bulgular daha önce yapılan başka bir inceleme ile uyumludur (Cheatham vd., 2015), tek bir köpük yuvarlama egzersizinin performans parametrelerinde büyük olasılıkla değişikliklere neden olmadığını düşünülmektedir (Konrad vd., 2021). Ancak esneme ve köpük yuvarlamanın kombine etkisine dair literatürde henüz yeterli bilgi bulunmamaktadır. Kombine uygulanan esneme ve köpük yuvarlamanın 3 dakikalık sadece köpük yuvarlama veya statik esnemenin sonra daha fazla kalça fleksiyonu hareket açıklığı sağladığını göstermiştir (Mohr vd., 2014). Benzer bulgular

köpük yuvarlama deneyimi olan ergen eğitimli yüzücüler ile yapılan çalışmada da bildirildi köpük yuvarlama ve ardından hemen statik esneme uyguladığında, dorsifleksiyon hareket açıklığında %9.1'lik bir akut artış ortaya çıktı bu akut artış, sadece statik esnemeye veya köpük yuvarlamaya bağlı artıştan önemli ölçüde daha fazlaydı (Şkarabot vd., 2015). Her ne kadar köpük yuvarlama ve statik esneme egzersizleri ısınma için kombine olarak kullanılsa da müdahale sırasının ve uygulama süresinin etkileri henüz belirsizdir. Yapılan bir çalışmada farklı sıra ile gerçekleştirilen 60 saniyelik 3 statik esneme ve köpük yuvarlama kombinasyonunda statik esnemenin sonra köpük yuvarlama yapmanın dikey sıçrama yüksekliğinde azalma olmadan hareket açıklığını arttırabileceğini göstermiştir (Nakamura vd., 2023). Bununla birlikte, tek bir esneme veya köpük yuvarlama uygulamasının kombine kullanımının performans parametreleri üzerindeki akut etkileri hakkındaki çalışma bulguları net değildir. Bu araştırmanın temel amacı kombine bir şekilde uygulanan statik pasif esneme ve köpük yuvarlama uygulamalarının dikey sıçrama ve eklem hareket açıklığı üzerine etkilerini incelemektir. Araştırmanın ikincil amacı ise kombine bir formatla uygulanan köpük yuvarlama ve statik pasif esneme müdahalelerinin sırasının dikey sıçrama ve hareket açıklığına etkilerini incelemektir. Bu kapsamda hipotezlerimiz: (i) statik pasif esneme+köpük yuvarlama uygulamalarının ardından eklem hareket açıklığı artarken, dikey sıçrama yüksekliğinde anlamlı bir değişim olmayacaktır, (ii) köpük yuvarlama+statik pasif esneme uygulamalarından sonra eklem hareket açıklığı artarken, dikey sıçrama yüksekliği azalacaktır.

## YÖNTEM

### Katılımcılar

Bu çalışmaya rekreatif olarak direnç antrenmanı yapan 12 adet erkek ve 6 adet kadın katılmıştır. Çalışmaya katılan bireylerin yaş ortalamalarının  $22.16 \pm 6.61$  tespit edilmiştir. Katılımcılar herhangi bir alt ekstremité yaralanma öyküsüne sahip değildir ve son 6 ay içerisinde herhangi bir sağlık problemi yaşamamıştır. Tüm katılımcılar çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmaya başlamadan önce katılımcılara egzersiz protokolü ve ölçümler hakkında bilgi verilmiştir.

### Prosedür

Bu araştırma yarı deneysel model kapsamında dizayn edilmiştir. Çalışma protokolü art arda olmayan 3 test seansından oluşmuştur. Test seansının öncesinde katılımcılara köpük yuvarlama ve statik pasif esneme egzersizleri ve ayak bileği hareket açıklığı ve karşı hareket sıçraması

ölçümlerine dair sözel ve uygulamalı bilgi verilmiştir. Birinci test seansında katılımcılar 5 dakikalık bir bisiklet ergometresi uygulamıştır. Ergometre sonrası ilk olarak ayak bileği dorsifleksiyonları gonyometre ile ölçülmüş ve arkasından karşı hareket sıçraması yükseklikleri my jump2 uygulaması ile ölçülmüştür.

Test seansları arasında katılımcılar üzerinde yorgunluk oluşmaması için 48 saatlik dinlenme verilmiştir. İkinci test seansında katılımcılar 5 dakikalık bisiklet ergometresinden sonra ilk önce 45 saniyelik köpük yuvarlama takiben 45 saniyelik statik pasif esneme uyguladılar. Sonrasında katılımcıların ayak bileği dorsifleksiyon hareket açıklığı ve karşı hareket sıçramaları tekrardan ölçüldü. 48 saatlik dinlenme sonrasında katılımcılar 3. Test seansı için tekrardan ölçüm alanına geldiler. 5 dakikalık bisiklet ergometresini takiben katılımcılar bu sefer ilk önce 45 saniye statik pasif esneme gerçekleştirdi ve sonrasında 45 saniyelik köpük yuvarlama yaptılar. Müdahale sonrası katılımcıların ayak bileği dorsifleksiyonları ve karşı hareket atlama yükseklikleri tekrar ölçüldü.

## **Ölçümler**

### ***Antropometrik Ölçümler***

Bu çalışmada antropometrik özellikleri değerlendirmek için boy uzunluğu, bacak uzunluğu, dizler yaklaşık 90 derecede bükülü olarak yükseklik ve vücut ağırlığı ölçümleri alınmıştır.

Bu ölçümlerin geçerliği ve güvenilirliğini sağlamak için araştırmacılar tarafından önerilen işlemler katılımcılara uygulanmıştır (Carsley vd., 2019). Vücut ağırlığı akıllı baskül (Aprilla ABS 10809) ile ölçülürken, boy uzunluğu, bacak uzunluğu ve 90 derece dizler bükülü yükseklik ölçümü için şerit metre kullanılmıştır. Bacak uzunluğu, yatma pozisyonunda anterior iliak omurgadan parmak uçlarına kadar ölçüldü. 90°deki yükseklik, optimal bir sıçrama performansı pozisyonunda (yaklaşık 90°deki açı) anterior iliak omurgadan yere dikey olarak ölçüldü. (Resim 1, Resim 2)



Resim 1



Resim 2



### ***Hareket Açıklığı***

Aktif ayak bileği hareket açıklığı bir gonyometre kullanılarak ölçüldü. Katılımcılar yerde ayakları ekstasyonda düz bir şekilde oturdu ve gonyometrenin ekseni, ayak bileğinin (lateral malleol) üzerinde ortalandı ve bir kol, fibula ve tibiaya paralel konuma getirildi katılımcılardan ayak parmaklarını kendilerine maksimuma katar çekmeleri istendi ve maksimum dorsifleksiyonda iken dereceleri ölçüldü (Russel vd., 2011).

### ***Countermovement Jump(Karşı hareket Sıçraması)***

CMJ yüksekliğini değerlendirmek için bir akıllı telefon uygulaması olan MyJump 2 kullanıldı. Daha önce yapılan çalışmalar MyJump2 uygulamasının karşı hareket sıçramasını ölçmek için geçerli ve güvenilir olduğunu bildirmektedir (Bogotaj vd., 2020). Karşı hareket sıçramasının başlangıç pozisyonu, düz bir gövde ve dizler tamamen uzatılmış, ayaklar omuz genişliğinde açık bir ayakta durma pozisyonuydu. Katılımcılardan tüm atlama boyunca ellerini bellerinde tutmaları istendi. Hızlı bir aşağı doğru hareket (yaklaşık 90° diz fleksiyonu) yapmaları ve ardından olabildiğince yükseğe zıplamak için hızlı bir yukarı hareket yapmaları talimatı verildi. My Jump 2 uygulaması, videonun kalkış çerçevesini ve iniş çerçevesini manuel olarak seçerek atlama yüksekliğini hesaplamak için kullanıldı. Tüm videolar aynı telefon ve aynı araştırmacı tarafından video analizi konusunda profesyonel deneyime sahip olmadan yapılmıştır. Araştırmacı her zaman aynı pozisyondan (yaklaşık 1 m yükseklik) ve katılımcılardan aynı mesafe uzaktan (yaklaşık 1 m) kayıt yapıyordu ve bu da katılımcıların alt uzuvlarının net bir şekilde görünmesini sağladı.

### ***Egzersiz Programı***

Katılımcılar ayak bileği plantar fleksör kaslarına yönelik 45 saniyelik köpük yuvarlama ve statik pasif esneme egzersizleri uygulamışlardır. Egzersizlerin sırası 2. Ve 3. müdahalede değiştirilmiştir.

### ***İstatiksel Analiz***

Tanımlayıcı veriler ortalama ve standart sapma olarak sunulmuştur. Verilerin normal dağılım gösterdiği Shapiro-Wilk testi ile doğrulanmıştır ( $p > 0,05$ ). Her bağımsız değişken için (protokol [kontrol, statik+foam rolling ve foam rolling+statik] × bağımlı değişken [karşı hareket sıçrama, eklem hareket açıklığı) tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. One-Way Anova analizi sonucunda protokoller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkması durumunda tüm bağımsız değişkenlere Bonferroni düzeltmeli post hoc analizi yapılmıştır. Tüm istatistiksel analizler, istatistiksel yazılım (SPSS sürüm 25.0, IBM, Chicago, IL) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alfa düzeyi  $<0.05$  olarak belirlenmiştir.

## BULGULAR

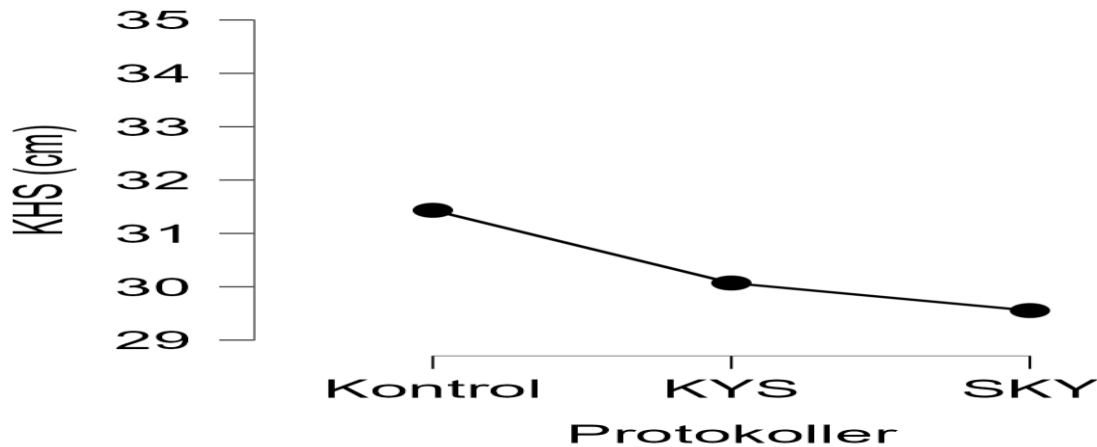
**Tablo 1.** Katılımcıların Antropometrik Özellikleri (Ortalama  $\pm$  SD)

N	Yaş	Boy	Kilo
18	22.16 $\pm$ 6.61	1.75 $\pm$ 9.86	73.92 $\pm$ 17.06

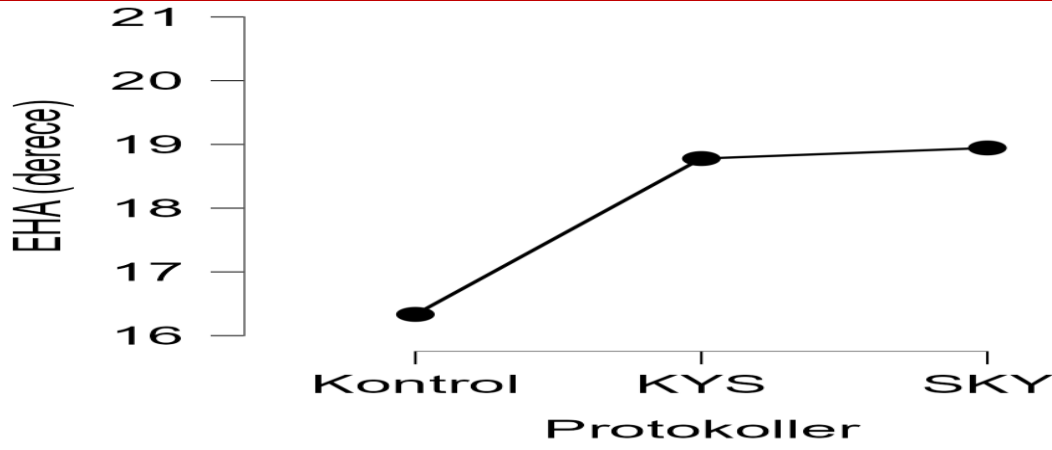
**Tablo 2.** Uygulanan farklı protokollerin KHS ve EHA değişkenlerine etkisi.

Değişken	Protokol	Ortalama SS.	ANOVA
KHS (cm)	Kontrol	31.43 $\pm$ 7.5	Protocol: F = 0.266; p = 0.768
	Statik + Köpük Y.	29.55 $\pm$ 7.3	
	Köpük Y. + Statik	30.07 $\pm$ 8.9	
EHA (°)	Kontrol	16.33 $\pm$ 3.1*	Protocol: F = 4.121; p = 0.022
	Statik + Köpük Y.	18.94 $\pm$ 2.9 <sup>a</sup>	
	Köpük Y. + Statik	18.77 $\pm$ 0.4*	

ANOVA, varyans analizi; *KHS*, karşı hareket sıçrama; *EHA*, eklem hareket açıklığı; \*, protokoller arasında fark; <sup>a</sup>, kontrol protokolünden anlamlı ölçüde farklı ; <sup>b</sup>, static+köpük Y. protokolünden anlamlı ölçüde farklı.



**Şekil 1.** Uygulanan kontrol, köpük yuvarlama+statik ve statik+köpük yuvarlama protokolleri sonrasında yapılan karşı hareket sıçrama performansındaki değişimler. KHS, karşı hareket sıçrama yüksekliği; KYS, köpük yuvarlama + statik esneme uygulaması; SKY, statik esneme uygulaması + köpük yuvarlama.



**Şekil 2.** Uygulanan kontrol, köpük yuvarlama+statik ve statik+köpük yuvarlama protokolleri sonrasında yapılan eklem hareket açıklığı testi değerlerindeki değişimler. EHA, eklem hareket açıklığı; KYS, köpük yuvarlama + statik esneme uygulaması; SKY, statik esneme uygulaması + köpük yuvarlama.

Yapılan Shapiro-Wilk testi sonucunda verilerin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Uygulanan protokol  $\times$  eklem hareket açıklığı analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (Tablo 2). Ardından yapılan Bofferoni düzeltmesi hipotezlerimizle paralel bir şekilde Statik+köpük yuvarlama uygulamasından sonra eklem hareket açıklığının kontrol grubuna göre anlamlı ölçüde arttığını tespit ederken, köpük yuvarlama+statik uygulamasından sonra anlamlı bir değişim tespit edilememiştir. Ancak hipotezlerimizin aksine uygulanan protokol  $\times$  karşı hareket sıçrama yüksekliği analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (Tablo 2)

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma kapsamında ilk hipotezimizle paralel olarak statik pasif esnemeyi takiben köpük yuvarlama uygulaması hareket açıklığını istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttırırken ( $p = 0.022$ ) dikey sıçrama yüksekliğinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir ( $p = 0.768$ ). Öte yandan hipotezimizin aksine köpük yuvarlamayı takiben statik pasif esneme uygulamasının dikey sıçrama yüksekliğini etkilemediği ve eklem hareket açıklığında anlamlı bir artışa neden olmadığı tespit edilmiştir.

İlginç bir şekilde ilk hipotezimizin aksine önceki çalışmalar tek bir statik esneme seansının ardından kas kuvveti ve dikey sıçrama performansında azalmalar rapor edilmişti (Simic vd., 2012; Hough vd., 2009; Pinto vd., 2014). Statik esnemeye bağlı olarak kuvvette meydana gelen bu azalmaların altında yatan mekanizmaların arasında nöral ve morfolojik faktörler olduğu düşünülmektedir (Behm vd., 2021). Tek bir statik esneme seansı ile ilgili daha uzun sürelerde ( $>60$ ) yapılan statik esneme egzersizlerinin performansta daha büyük düşüişlere neden olduğu bildirilmiştir (Behm vd., 2016). Farklı yoğunluklarda yapılan tek bir statik esneme seansından sonra tepe kuvvet çıktısının araştırıldığı başka bir çalışmada %85 yoğunlukla yapılan esneme egzersizinin tepe kuvvet çıktısını azaltırken %50 yoğunlukla yapılan esneme egzersizinin tepe



kuvvet çıktısını etkilemediği gözlemlenmiştir (Marchetti vd., 2022). Tüm bunlardan yola çıkarak tek bir esneme seansının performans parametreleri üzerindeki etkisinin esnemenin süresi ve yoğunluğu ile ilişkili olduğu sonucuna varılabilir (Behm ve Chaouachi, 2011; Marchetti vd., 2022; Behm vd., 2016). Köpük yuvarlama ve statik esnemenin kombine etkilerini araştıran diğer çalışmalarda çalışmamızla tutarlı olarak CMJ yüksekliğinde azalma olmadığı görülmektedir (Kashara vd., 2023; Nakamura vd., 2023). Bu kombine etki statik esnemenin sonra köpük yuvarlama uygulamasının motor nöron uyarılabilirliğini geri kazandırarak kas kuvvetindeki azalmaların iyileştirilmesi ile ilişkili olabilir (Nakamura vd., 2023). Benzer şekilde statik esnemenin önce köpük yuvarlanma kullanımının kas içiği hassasiyetini artırarak esnemeye bağlı kuvvet azalmalarına karşı koruyucu bir etki sağlayabileceği düşünülmektedir (Behm ve Wilke, 2019). Ayrıca önceki çalışmalar tek bir köpük yuvarlama müdahalesinin kan akışını arttırabileceğini ve vasküler fonksiyonu iyileştirebileceğini göstermiştir (Hotfiel vd., 2017; Okamoto., 2014). Bu etkinin de esneme kaynaklı kuvvet kayıplarını önlenebileceği düşünülmektedir (Nakamura vd., 2023).

Çalışmamızda statik esnemeyi takiben köpük yuvarlama müdahalesi dorsifleksiyon hareket açıklığını önemli ölçüde arttırırken köpük yuvarlanmayı takiben statik esneme müdahalesinde anlamlı bir artış olmamıştır. Statik esnemeyi takiben köpük yuvarlanmanın hareket açıklığını arttırması kombine etkiyi araştıran diğer çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir (Nakamura vd., 2023; Kashara vd., 2023). Önceki çalışmalar hareket aralığındaki artış ile ilgili olarak pasif sertlikte azalma ve esneklik toleransındaki artışın hareket aralığını arttırabileceğini rapor etmişlerdir (Weppler ve Magnusson, 2010; Mizuno vd., 2013). Aynı zamanda uygulanan tek bir köpük yuvarlama seansı da esneme toleransında artışa ve bunun sonucunda hareket aralığında değişime katkıda bulunabilir (Nakamura vd., 2021a; Nakamura vd., 2021b). Ayrıca bazı çalışmalar köpük yuvarlama sonrası doku perfüzyonunda artış bildirmişlerdir bu da mekanik sertliği azaltarak hareket açıklığının artmasına katkıda bulunmuş olabilir (Hotfiel vd., 2017; Wilke vd., 2019). Benzer şekilde köpük yuvarlama ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda köpük yuvarlama müdahalesinin intrafasial hyaluronik asitte tiksotropik değişikliklere yol açarak viskoelastik sertliği azaltarak hareket açıklığını arttırabileceğini öne sürmüştür (Behm vd., 2019; Wilke vd., 2020). Çalışmamız statik esnemeyi takiben köpük yuvarlama müdahalesinin hareket aralığında artış sağladığını gösterse de köpük yuvarlanmayı takiben uygulanan statik esneme müdahalesinde hareket aralığında anlamlı artış bulamamıştır. Kombine etkiyi araştıran önceki çalışmalarda çalışmamızın aksine köpük yuvarlama ve statik esnemenin sıralama fark etmeksizin hareket aralığında artış sağladığını bildirmişlerdir (Kashara vd., 2023; Nakamura vd., 2023). Önceki çalışmalar statik esneme müdahalesinin yoğunluğunun hareket aralığı için önemli bir belirteç olduğunu göstermiştir (Marchetti vd.,

2022). Benzer şekilde tek bir köpük yuvarlama müdahalesinin hareket aralığına etkisinin uygulanan basınç ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Cheatham ve Stull, 2018; Grabow vd., 2018). Köpük yuvarlamayı takiben hareket aralığında artış olmaması çalışmamızda katılımcıların müdahaleler sırasında farklı basınç seviyelerinde köpük yuvarlama kullanması ile açıklanabilir.

Gelecekteki çalışmaların köpük yuvarlama basıncını ve statik esnemenin şiddetini standart olarak uygulanması tüm katılımcıların benzer şiddette ve oranda uygulamaya maruz kalması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca yarı deneysel model kapsamında tek grup zaman dizisi tasarımıyla yapılan araştırmamızın, kontrol gruplu tam deneysel tasarım kapsamında çapraz ve rastgele araştırma modeliyle tasarlanıp olası tip I ve II hataların azaltılması gelecekte yapılacak araştırmalar için önem arz etmektedir. Son olarak gelecekte yapılacak araştırmalarda boylamsal olarak tasarlanan araştırmalarda köpük yuvarlama ve statik esneklik uygulamalarının kronik etkilerinin araştırılması literatür için gereklilik arz etmektedir.

#### *Pratik Çıkarımlar*

Bu çalışma sporda en iyi ısınma rutinini oluşturmak için köpük yuvarlama ve statik esnemenin kombine kullanımını ve farklı sıralı etkilerini incelemeyi araştırmıştır. İki müdahale grubu da karşı hareket sıçrama yüksekliğini azaltmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle patlayıcı güç kuvvet vb. hareketler gerektiren sporlarda köpük yuvarlama ve statik esnemenin kombine kullanılması önerilmektedir. Amaç hareket aralığını arttırmak olduğunda statik esnemeyi takiben köpük yuvarlama kullanımını daha üstün olabileceği olabileceği öngörülmektedir.

**Çıkar çatışması:** Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

1.Yazar: %40

2.Yazar: %20

3.Yazar: %20

4.Yazar: %20

**Etik Kurul İzni ile ilgili Bilgiler:** İstanbul Gelişim Üniversitesi, Etik kurul başkanlığınca etik kurul izni alınmıştır.

## KAYNAKLAR

- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2633–2651.
- Behm, D. G., & Wilke, J. (2019). Do Self-Myofascial Release Devices Release Myofascia? Rolling Mechanisms: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(8), 1173–1181. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01149-y>
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 41(1), 1–11.
- Behm, D. G., Kay, A. D., Trajano, G. S., & Blazevich, A. J. (2021). Mechanisms underlying performance impairments following prolonged static stretching without a comprehensive warm-up. *European journal of applied physiology*, 121(1), 67–94. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04538-8>
- Bishop D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 483–498.
- Bogataj, Š., Pajek, M., Hadžić, V., Andračić, S., Padulo, J., & Trajković, N. (2020). Validity, Reliability, and Usefulness of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump in Primary School Children. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3708.
- Carsley, S., Parkin, P. C., Tu, K., Pullenayegum, E., Persaud, N., Maguire, J. L., & Birken, C. S. (2019). Reliability of routinely collected anthropometric measurements in primary care. *BMC Medical Research Methodology*, 19(1), 1–8.
- Cheatham, S. W., & Stull, K. R. (2018). Comparison of three different density type foam rollers on knee range of motion and pressure pain threshold: a randomized controlled trial. *International journal of sports physical therapy*, 13(3), 474.
- Fairall, R. R., Cabell, L., Boergers, R. J., & Battaglia, F. (2017). Acute effects of self-myofascial release and stretching in overhead athletes with GIRD. *Journal of bodywork and movement therapies*, 21(3), 648–652.
- Fjerstad, B. M., Hammer, R. L., Hammer, A. M., et al. (2018). 'Comparison of Two Static Stretching Procedures on Hip Adductor Flexibility and Strength.' *International Journal of Exercise Science volume 11, number 6, pages 1074-1085*.
- Grabow, L., Young, J. D., Alcock, L. R., Quigley, P. J., Byrne, J. M., Granacher, U., Škarabot, J., & Behm, D. G. (2018). Higher Quadriceps Roller Massage Forces Do Not Amplify Range-of-Motion Increases nor Impair Strength and Jump Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 32(11), 3059–3069. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001906>
- Hotfiel, T., Swoboda, B., Krinner, S., Grim, C., Engelhardt, M., Uder, M., & Heiss, R. U. (2017). Acute Effects of Lateral Thigh Foam Rolling on Arterial Tissue Perfusion Determined by Spectral Doppler and Power Doppler Ultrasound. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 893–900. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001641>
- Hough, P. A., Ross, E. Z., & Howatson, G. (2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *Journal of strength and conditioning research*, 23(2), 507–512. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818cc65d>
- Hsu, F. Y., Tsai, K. L., Lee, C. L., Chang, W. D., & Chang, N. J. (2020). Effects of Dynamic Stretching Combined With Static Stretching, Foam Rolling, or Vibration Rolling as a Warm-Up Exercise on Athletic Performance in Elite Table Tennis Players. *Journal of sport rehabilitation*, 30(2), 198–205. <https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0442>

- Damat, M., Gür, S., Kumak, A., ve Şentürk, D. (2023). Plantar Fleksörlere Uygulanan Kombine Köpük Yuvarlama ve Statik Pasif Esneme Egzersizlerinin Hareket Açıklığı ve Dikey Sıçrama Performansına Etkisi. *Uluslararası Holistik Sağlık, Spor ve Rekreasyon Dergisi*, 2(2), 131-143.
- Kasahara, K., Konrad, A., Yoshida, R., Murakami, Y., Sato, S., Koizumi, R., Behm, D. G., & Nakamura, M. (2023). The comparison between foam rolling either combined with static or dynamic stretching on knee extensors' function and structure. *Biology of sport*, 40(3), 753–760. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2023.119987>
- Konrad, A., & Tilp, M. (2020). The Time Course of Muscle-Tendon Unit Function and Structure Following Three Minutes of Static Stretching. *Journal of sports science & medicine*, 19(1), 52–58
- Konrad, A., Stafilidis, S., & Tilp, M. (2017). Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(10), 1070–1080
- Konrad, A., Tilp, M., & Nakamura, M. (2021). A Comparison of the Effects of Foam Rolling and Stretching on Physical Performance. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*, 12, 720531.
- Marchetti, P. H., Miyatake, M. M. S., Magalhaes, R. A., Gomes, W. A., Da Silva, J. J., Brigatto, F. A., Zanini, T. C. C., & Behm, D. G. (2022). Different volumes and intensities of static stretching affect the range of motion and muscle force output in well-trained subjects. *Sports biomechanics*, 21(2), 155–164. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1648540>
- Mizuno, T., Matsumoto, M., & Umemura, Y. (2013). Decrements in stiffness are restored within 10 min. *International journal of sports medicine*, 34(6), 484–490.
- Mizuno, T., Matsumoto, M., & Umemura, Y. (2013). Viscoelasticity of the muscle-tendon unit is returned more rapidly than range of motion after stretching. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(1), 23–30. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01329.x>
- Mohr, A. R., Long, B. C., & Goad, C. L. (2014). Effect of foam rolling and static stretching on passive hip-flexion range of motion. *Journal of sport rehabilitation*, 23(4), 296–299.
- Nakamura, M., Konrad, A., Kasahara, K., Yoshida, R., Murakami, Y., Sato, S., Aizawa, K., Koizumi, R., & Wilke, J. (2023). The Combined Effect of Static Stretching and Foam Rolling With or Without Vibration on the Range of Motion, Muscle Performance, and Tissue Hardness of the Knee Extensor. *Journal of strength and conditioning research*, 37(2), 322–327. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004263>
- Nakamura, M., Konrad, A., Kiyono, R., Sato, S., Yahata, K., Yoshida, R., Yasaka, K., Murakami, Y., Sanuki, F., & Wilke, J. (2021). Local and Non-local Effects of Foam Rolling on Passive Soft Tissue Properties and Spinal Excitability. *Frontiers in physiology*, 12, 702042. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.702042>
- Nakamura, M., Onuma, R., Kiyono, R., Yasaka, K., Sato, S., Yahata, K., Fukaya, T., & Konrad, A. (2021). The Acute and Prolonged Effects of Different Durations of Foam Rolling on Range of Motion, Muscle Stiffness, and Muscle Strength. *Journal of sports science & medicine*, 20(1), 62–68. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.62>
- Nakamura, Masatoshi<sup>1,2</sup>; Konrad, Andreas<sup>3</sup>; Kasahara, Kazuki<sup>1</sup>; Yoshida, Riku<sup>2</sup>; Murakami, Yuta<sup>1</sup>; Sato, Shigeru<sup>1</sup>; Aizawa, Kodai<sup>1</sup>; Koizumi, Ryoma<sup>1</sup>; Wilke, Jan<sup>4</sup>. (2023). The Combined Effect of Static Stretching and Foam Rolling with or Without Vibration on the Range of Motion, Muscle Performance, and Tissue Hardness of the Knee Extensor. *Journal of Strength and Conditioning Research* 37(2):p 322-327, February.
- Okamoto, T., Masuhara, M., & Ikuta, K. (2014). Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *Journal of strength and conditioning research*, 28(1), 69–73. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829480f5>
- Pinto, Matheus D.<sup>1</sup>; Wilhelm, Eurico N.<sup>1</sup>; Tricoli, Valmor<sup>2</sup>; Pinto, Ronei S.<sup>1</sup>; Blazevich, Anthony J.<sup>3</sup>. (2014). Differential Effects of 30- Vs. 60-Second Static Muscle Stretching on Vertical Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(12):p 3440-3446, December 2014. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000000569

- Damat, M., Gür, S., Kumak, A., ve Şentürk, D. (2023). Plantar Fleksörlere Uygulanan Kombine Köpük Yuvarlama ve Statik Pasif Esneme Egzersizlerinin Hareket Açıklığı ve Dikey Sıçrama Performansına Etkisi. *Uluslararası Holistik Sağlık, Spor ve Rekreasyon Dergisi*, 2(2), 131-143.
- Russell, J. A., Shave, R. M., Kruse, D. W., Nevill, A. M., Koutedakis, Y., & Wyon, M. A. (2011). Is goniometry suitable for measuring ankle range of motion in female ballet dancers? An initial comparison with radiographic measurement. *Foot & ankle specialist*, 4(3), 151–156
- Simic, L., Sarabon, N., & Markovic, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), 131–148. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01444.x>
- Škarabot J, Beardsley C, Štirn I. (2015). Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *Int J Sports Phys Ther*.10(2):203–12.
- Somers, K., Aune, D., Horten, A., Kim, J., & Rogers, J. (2020). Acute Effects of Gastrocnemius/Soleus Self-Myofascial Release Versus Dynamic Stretching on Closed-Chain Dorsiflexion. *Journal of sport rehabilitation*, 29(3), 287–293.
- Su, H., Chang, N. J., Wu, W. L., Guo, L. Y., & Chu, I. H. (2017). Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *Journal of sport rehabilitation*, 26(6), 469–477.
- Takeuchi, K., Takemura, M., Nakamura, M., Tsukuda, F., & Miyakawa, S. (2022). The effects of using a combination of static stretching and aerobic exercise on muscle tendon unit stiffness and strength in ankle plantar-flexor muscles. *European journal of sport science*, 22(2), 297–303. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1866079>
- Weppler, C. H., & Magnusson, S. P. (2010). Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Physical therapy*, 90(3), 438–449. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090012>
- Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in physiology*, 10, 376.
- Wilke, J., Müller, A. L., Giesche, F., Power, G., Ahmedi, H., & Behm, D. G. (2020). Acute Effects of Foam Rolling on Range of Motion in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(2), 387–402. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01205-7>
- Wilke, J., Niemeyer, P., Niederer, D., Schleip, R., & Banzer, W. (2019). Influence of Foam Rolling Velocity on Knee Range of Motion and Tissue Stiffness: A Randomized, Controlled Crossover Trial. *Journal of sport rehabilitation*, 28(7), 711–715. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0041>