



## **Futsal Maç Simülasyon Protokolü Sonrası Uygulanan Farklı Toparlanma Yöntemlerinin Anaerobik Güç, Sürat, Dikey Sıçrama, Çeviklik ve İzokinetik Kuvvet Üzerine Etkisi**

The Effects of Different Recovery Methods Applied  
After Futsal Match Simulation Protocol on Anaerobic  
Power, Speed, Vertical Jump, Agility and Isokinetic  
Strength

**Gizem AKARSU TAŞMAN<sup>1</sup>, Yunus YILDIRIM<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
· gizemakarsu88@gmail.com · ORCID > 0000-0002-5027-2050

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi  
· ynsyldrm69@gmail.com · ORCID > 0000-0002-0889-4892

### **Makale Bilgisi/Article Information**

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 11 Şubat/February 2025

**Kabul Tarihi/Accepted:** 14 Kasım/November 2025

**Yıl/Year:** 2026 | **Cilt – Volume:** 17 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 227-252

**Atıf/Cite as:** Akarsu Taşman, G. & Yıldırım, Y. (2026). "Futsal Maç Simülasyon Protokolü Sonrası Uygulanan Farklı Toparlanma Yöntemlerinin Anaerobik Güç, Sürat, Dikey Sıçrama, Çeviklik ve İzokinetik Kuvvet Üzerine Etkisi" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 17(2), Haziran 2026: 227-252.

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Gizem AKARSU TAŞMAN

**Etik Kurul Beyanı/Ethics Committee Approval:** Araştırma için Mersin Üniversitesi Spor Bilimleri Etik Kurulu'ndan 30.01.2023 tarihli ve 069 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır.

## FUTSAL MAÇ SİMÜLASYON PROTOKOLÜ SONRASI UYGULANAN FARKLI TOPARLANMA YÖNTEMLERİNİN ANAEROBİK GÜÇ, SÜRAT, DİKEY SIÇRAMA, ÇEVİKLİK VE İZOKİNETİK KUVVET ÜZERİNE ETKİSİ

### ÖZ

Bu araştırmanın amacı; futsal maç simülasyonu sonrasında uygulanan üç farklı toparlanma stratejisinin (nöromüsküler elektrik stimülasyonu, foam roller ve aralıklı pnömatik kompresyon) kadın futsalcıların performans değişkenleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Çalışmada gerçek deneysel araştırma modellerinden kontrol gruplu ön-son test modeli kullanılmıştır. Bu araştırmaya 46 kadın futsal sporcusu katılmıştır. Sporcular, ön test ölçümleri alındıktan sonra randomize atamayla 4 gruba (kontrol grubu, nöromüsküler elektrik stimülasyonu grubu, foam roller grubu ve aralıklı pnömatik kompresyon grubu) ayrılmıştır. Futsal maç simülasyonu uygulamasından sonra toparlanma stratejileri uygulanmış, 60 dakika dinlenmenin ardından performans testleri tekrar yapılmıştır. Bulgular, bazı parametrelerde (dikey sıçrama, diz eklem hareket açıklığı, anaerobik güç ve sürat) gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde; sporcuların dikey sıçrama performansında (foam roller, aralıklı pnömatik kompresyon ve nöromüsküler elektrik stimülasyonu gruplarında), sağ ve sol diz eklem hareket açıklığında (foam roller grubu) ve anaerobik güç değerlerinde (kontrol grubu) zamana bağlı anlamlı değişimler gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmalarda (kontrol, nöromüsküler elektrik stimülasyonu ve aralıklı pnömatik kompresyon grupları) ise 20 metre sürat testinde anlamlı farklılık bulunurken, diğer ölçümlerde belirgin bir değişim saptanmamıştır. Çeviklik ile izokinetik kuvvet parametrelerinde nöromüsküler elektrik stimülasyonu grubunun diğer gruplara kıyasla daha yüksek performans sergilediği belirlenmiştir. Sonuç olarak, farklı toparlanma uygulamalarının futsal oyuncularında özellikle anaerobik güç, sürat, sıçrama ve eklem hareketliliği üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu; nöromüsküler elektrik stimülasyonu ve aralıklı pnömatik kompresyon yöntemlerinin ise performansı desteklemede daha avantajlı olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Foam Roller, Futsal, İzokinetik Kuvvet, Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonu, Pnömatik Kompresyon.



## THE EFFECTS OF DIFFERENT RECOVERY METHODS APPLIED AFTER FUTSAL MATCH SIMULATION PROTOCOL ON ANAEROBIC POWER, SPEED, VERTICAL JUMP, AGILITY AND ISOKINETIC STRENGTH

### ABSTRACT

The aim of this study is to examine the effects of three different recovery strategies (neuromuscular electrical stimulation, foam roller, and intermittent pneumatic compression) applied after a futsal match simulation on the performance variables of female soccer players. A pre-test-post-test design with a control group, which is one of the real experimental research models, was used in the study. 46 female futsal athletes participated in this study. After the pre-test measurements were taken, the athletes were randomly assigned to 4 groups (control group, neuromuscular electrical stimulation group, foam roller group, and intermittent pneumatic compression group). After the futsal match simulation application, recovery strategies were applied and performance tests were re-administered following a 60-minute recovery period. The findings showed that there were significant differences between the groups in some parameters (vertical jump, knee range of motion, anaerobic power, and speed). When the findings were examined; Significant time-dependent changes were observed in the athletes' vertical jump performance (foam roller, intermittent pneumatic compression and neuromuscular electrical stimulation groups), right and left knee joint range of motion (foam roller group) and anaerobic power values (control group) ( $p < 0.05$ ). In between-group comparisons, there was a significant difference in the 20-meter sprint test (control, neuromuscular electrical stimulation and intermittent pneumatic compression groups), while no significant change was found in other measurements. It was determined that the neuromuscular electrical stimulation group exhibited higher performance compared to the other groups in agility and isokinetic strength parameters. In conclusion, it can be said that different recovery practices have positive effects especially on anaerobic power, speed, jumping and joint mobility in futsal players; while neuromuscular electrical stimulation and intermittent pneumatic compression methods are more advantageous in supporting performance.

**Keywords:** Foam Roller, Futsal, Pneumatic Compression, Neuromuscular Electric Stimulation, Isokinetic Strength.



## GİRİŞ

Toparlanma, sporcuların yoğun antrenman ya da müsabaka dönemleri sonrasında yaşadığı yorgunluğun giderilmesi ve fiziksel, fizyolojik ile psikolojik açıdan başlangıç seviyesine geri dönebilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Kellmann, 2010; Kellmann ve ark., 2018). Özellikle yoğun antrenman süreçleri sporcularda ciddi düzeyde stres yaratabilmektedir. Yanlış planlanmış yüklenmeler, periyotlama hataları, tekdüze ve monoton egzersizler ya da dinlenmeye yeterince zaman ayrılmaması bu stresi artırmakta ve sporcuları olumsuz etkilemektedir (Alemdaroğlu ve Koz, 2011). Bu tür faktörler sonucunda, sporcularda sürantenman zemin hazırlayabilecek kısa süreli veya kronik yorgunlukların yanı sıra, çeşitli biyokimyasal ve nörolojik reaksiyonlar da ortaya çıkabilmektedir (Guyton ve Hall, 2001). Dolayısıyla, sürantenman sendromunu önlemek ve performansı üst düzeye taşımak için toparlanma yöntemlerinin doğru planlanması ve sistematik bir şekilde uygulanması büyük önem taşımaktadır (Alemdaroğlu ve Koz, 2011).

Antrenmanların ardından uygulanan toparlanma yöntemleri ile organizmanın, egzersiz öncesindeki fizyolojik dengeye dönmesi hedeflenmektedir. Doğru planlanan ve etkili biçimde uygulanan toparlanma stratejileri, sporcunun sonraki antrenman veya müsabakaya hazır bir şekilde katılmasını sağlamakta, böylece performansın korunmasına ve gelişmesine katkı sunmaktadır. Bu kapsamda; germe egzersizleri, nöromüsküler elektriksel stimülasyon, foam roller uygulamaları, masaj, sıcak-soğuk veya kontrast su banyoları, kompresyon giysileri ya da cihazları ve hafif tempolu aerobik koşular, antrenman veya müsabaka sonrası toparlanmayı hızlandırmak amacıyla kullanılan yaygın yöntemler arasında yer almaktadır (Burke ve ark., 2006).

Takım sporlarında başarı, sezon boyunca planlanan antrenman yüklenmeleri ile toparlanma arasındaki hassas dengenin korunmasına bağlıdır (Kellmann, 2010). Özellikle uzun maç takvimlerine sahip branşlarda, sporcuların en üst performans düzeyini sürdürebilmesi için antrenman içeriklerinin yanı sıra toparlanma süreçlerinin de dikkatle planlanması gerekir. Bu süreç, performansın sezon boyunca dalgalanmasını önlemek adına değişkenlerin sürekli olarak takip edilmesini ve düzenli olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır (Foster ve ark., 2001).

Bilimsel çalışmalar, futbol ve futsal gibi takım sporlarında, maç sırasında sık tekrarlanan yüksek yoğunluklu koşular ve sprintler yeterli toparlanma sağlanmadan tekrarlandığında, sportif performansta düşüşler meydana gelebildiğini belirtmektedir. Özellikle sürat, çeviklik ve tekrarlı sprint kapasitesi bu durumdan olumsuz etkilenebilmektedir (Spencer ve ark., 2006; Gorostiaga ve ark., 2009; Costa ve ark., 2022). Futsal, kısa mesafeli ve yüksek yoğunluklu koşular ile sık yön değiştirmelerin yer aldığı, maksimal ya da submaksimal şiddette uygulamaların öne çıktığı bir branştır (Berdejo-del-Fresno, 2012). Bu sporda, kısa süreli fakat yoğun

tekrarlı sprintler oyunun karakteristik özelliğidir (Caetano ve ark., 2015). Futsal oyuncularını, futbolculara kıyasla daha yüksek tempoda oynamakta ve yaklaşık on iki kat daha fazla topa temas etmektedir (Barbero ve ark., 2008). Oyunun yapısı gereği hem savunma hem de hücum sırasında oyuncuların sürekli hareket halinde olması, pozisyon değişikliklerini koordineli biçimde gerçekleştirmelerini gerektirmektedir. Özellikle turnuva formatında düzenlenen ve yüksek yoğunluklu maçların arka arkaya oynandığı süreçlerde, müsabaka aralıklarının kısa olması hem performansın korunmasını güçleştirmekte hem de toparlanma sürecinin süresini sınırlamaktadır. Akut (<1 saat), orta (1-24 saat) ve uzun dönemli (>24 saat) iyileşme süreçlerinin yetersiz kalması da bu dönemde görülen performans düşüşlerine katkıda bulunmaktadır (Moura ve ark., 2011).

Literatür incelendiğinde, farklı toparlanma teknikleri üzerine birçok çalışma yapılmış olmakla birlikte, bu yöntemlerin kuvvet, sürat, aerobik kapasite ve anaerobik güç gibi fizyolojik ve fiziksel parametreler üzerindeki etkilerine ilişkin sonuçların tam olarak netleşmediği görülmektedir (Duffield ve Portus, 2007; MacDonald ve ark., 2013; Pearcy ve ark., 2015; Pupo ve ark., 2016; Tessitore ve ark., 2008). Bazı araştırmalar toparlanma yöntemlerinin sprint, sürat, sıçrama ve çeviklik gibi atletik performans değişkenlerini geliştirdiğini öne sürerken (Hanson ve ark., 2013; Kemmler ve ark., 2009), diğer bazı çalışmalar bu yöntemlerin anlamlı bir etki yaratmadığını bildirmektedir (Duffield ve ark., 2008; Franchini ve ark., 2003; Marcello ve ark., 2019). Ayrıca, özellikle futsal branşında bu yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların sayısının sınırlı olduğu ve akut toparlanma sürecinin performansa etkisini inceleyen araştırmaların yetersiz kaldığı dikkat çekmektedir. Nöromüsküler elektrik stimülasyonu (NMES) ve aralıklı pnömatik kompresyon (APK) gibi tekniklerin performans çıktıları üzerindeki etkilerini netleştirmek amacıyla daha fazla çalışmaya gereksinim duyulduğu vurgulanmaktadır (Akıncı vd., 2020; Malone vd., 2012; Marcello vd., 2019; Tessitore vd., 2008). Bu çerçevede, mevcut araştırmanın amacı, futsal maç simülasyonunun ardından uygulanan Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonu (NMES), Foam Roller (FR) ve Aralıklı Pnömatik Kompresyon (APK) yöntemlerinin kadın futsal sporcularının performans parametreleri üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Araştırmanın hipotezi ise, NMES ve APK yöntemlerinin FR ve kontrol grubuna kıyasla daha yüksek performans korunumu sağlaması üzerine kurulmuştur. Bu çalışma, futsal maç simülasyon protokolü sonrasında kadın sporcularda uygulanan farklı toparlanma yöntemlerinin performans üzerindeki etkilerini inceleyerek literatürdeki sınırlılıkları gidermeyi amaçlamaktadır. Futsalda toparlanmaya yönelik araştırmaların azlığı ve mevcut bulgular arasındaki çelişkiler, sporcular için en uygun yöntemin belirlenmesinde belirsizlik yaratmaktadır. Bu çalışmanın, anaerobik güç, izokinetik kuvvet ve sürat gibi performans değişkenlerini incelemesi, güncel toparlanma yöntemlerinin futsal branşına özgü etkilerini değerlendirmesi ve ortaya koyacağı sonuçlar açısından literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## YÖNTEM

### Araştırmanın Modeli

Bu çalışma, nicel araştırma yöntemlerinden gerçek deneysel araştırma modellerinden biri olan ön-son test kontrol gruplu modele göre planlanmıştır. Bu modelde, katılımcılar yansız (rastgele) atama yoluyla oluşturulan gruplarda deney öncesi ve sonrasında eşit koşullarda ölçüm yapılmaktadır. Ön testlerin yer alması, grupların deney öncesi benzerlik düzeylerinin ortaya konmasına ve elde edilen son test bulgularının daha sağlıklı biçimde yorumlanmasına olanak tanımaktadır (Karasar, 2012). Çalışmaya katılacak sporcular, amaçlı örneklem yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmaya başlamadan önce, çalışmanın etik açıdan uygunluğunu sağlamak amacıyla Mersin Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Tarih: 30/01/2023, Sayı: 069).

**Tablo 1.** Araştırma modeli

| Grup  | n  | Atama | Ön Test | İşlem | Son Test |
|-------|----|-------|---------|-------|----------|
| FRG   | 12 | R     | $Q_1$   | $X_1$ | $Q_2$    |
| NMESG | 10 | R     | $Q_3$   | $X_2$ | $Q_4$    |
| APKG  | 12 | R     | $Q_5$   | $X_3$ | $Q_6$    |
| KG    | 12 | R     | $Q_7$   | -     | $Q_8$    |

KG: Kontrol Grubu, FRG, NMEG, APKG: Deney Grupları, R: Randomize Atama, X: Bağımsız Değişken [FRG: Foam Roller, NMESG: Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu, APKG: Aralıklı Pnömatik Kompresyon],  $Q_{1-2,3-4-5-6-7-8}$ : Ön ve Son Testler [Dikey Sıçrama, Sürat, Çeviklik, İzokinetik Kuvvet, Anaerobik Güç]

### Araştırma Grubu (Evren-Örneklem)

Bu çalışmanın örneklem grubunu, Mersin Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde öğrenim görmekte olan 18–25 yaş aralığında aktif olarak futsal sporuyla ilgilenen 48 katılımcı oluşturmuştur. Çalışmaya dâhil edilme kriterleri arasında sporcuların gönüllü olarak katılım sağlamaları, herhangi bir kas-iskelet sistemi sakatlığına ya da genel sağlık durumunu olumsuz etkileyebilecek sistemik bir rahatsızlığa sahip olmamaları, düzenli ilaç kullanmamaları yer almaktadır. Çalışmanın dışlanma kriterleri ise gönüllü olarak katılım sağlamamak, belirtilen yaş aralığında olmamak, mevcut bir sakatlığa ya da sistemik hastalığa sahip olmak, ilaç tedavisi almak ve futsal sporcu olmamaktır. Örneklem büyüklüğü, sporcuların dikey sıçrama performans çıktılarına göre ve Akıncı ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırmadan yararlanılarak G\*Power analiziyle belirlenmiştir (%5 hata payı, %95 güç). Bu analiz sonucunda, her bir grupta en az 11 katılımcı olmak üzere toplamda 44 kişilik örneklem yeterli bulunmuştur. Çalışma esnasında katılımcı sayısının

azalması ihtimaline karşın her grupta 1 kişi fazla olacak şekilde (48 sporcu) planlama yapılmıştır. Bu araştırmanın evrenini amatör kadın futsal sporcuları oluştururken; örnekleme dört gruptan meydana gelmiştir: Kontrol Grubu (n=12), Foam Roller Grubu (n=12), Nöromusküler Elektrik Stimülasyon Grubu (n=12) ve Aralıklı Pnömatik Kompresyon Grubu (n=12). NMES grubundaki iki katılımcının son testlere katılmaması sebebiyle değerlendirme dışında bırakılmıştır.

Bu çalışmada katılımcıların gruplara dağılımı, standart randomizasyon prosedürü çerçevesinde bilgisayar destekli yansız atama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle örnekleme dâhil edilen her bireye 1'den başlayarak 48'e kadar numaralar verilmiştir. Daha sonra bu numaralar, rastgele sayı üretme özelliğine sahip <https://www.randomizer.org> yazılımına aktarılmıştır. Program tarafından üretilen rastgele sayı dizisi temel alınarak katılımcılar dört gruba ayrılmıştır. Böylelikle araştırmacıların herhangi bir yönlendirici etkisi olmaksızın objektif bir grup dağılımı sağlanmıştır. Uygulanan bu randomizasyon işleminin ardından gerçekleştirilen istatistiksel analizler, ön test sonuçları bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Ayrıca, öğrenilmişlik etkisini ortadan kaldırmak ve testlerin uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla tüm katılımcılara bir hafta süresince alıştırmaya çalışmaları yaptırılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce katılımcılardan yazılı onam alınmıştır. Çalışma Helsinki Bildirgesi'ne uygun olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### Veri Toplama Araçları

Araştırmaya katılan sporcuların ölçümleri, test protokollerine uygun olacak şekilde Mersin Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Fiziksel Profil, Performans ve Biyomekanik Laboratuvarı'nda aynı araştırmacılar tarafından yürütülmüştür.

**Vücut Kompozisyonu Ölçümleri:** Katılımcıların vücut kompozisyonuna ilişkin parametrelerin (boy uzunluğu, vücut ağırlığı, beden kütle indeksi ve vücut yağ oranı) belirlenmesinde Bioelektrik İmpedans Analizi yöntemi kullanılmış olup, ölçümler Tanita BC418 (Japonya) cihazı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçüm öncesinde katılımcılara prosedür hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş ve değerlendirmelere spor kıyafeti (şort ve atlet) ile, ayakkabısız olarak katılmaları sağlanmıştır. Vücut ağırlığı ölçümleri  $\pm 0.1$  kg duyarlılığa sahip Tanita 418-MA (Japonya) bas-külünde yapılmıştır. Boy uzunluğu ise baş frankfort düzlemine getirilerek, derin bir inspirasyon sonrasında başın vertex noktası ile ayak tabanı arasındaki mesafe dikkate alınarak belirlenmiş; bu işlem Holtain Ltd. (U.K.) marka stadiyometre ile  $\pm 1$  mm hata payı içinde gerçekleştirilmiştir.

**İzokinetik Kuvvet Ölçümleri:** Çalışmaya katılan sporcuların ön-son test diz fleksör ve ekstansör kuvvet ölçümleri Cybex II Norm izokinetik dinamometre (Humac Norm CSMI, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Sporcuları kuvvet ölçümü-

ne hazırlamak ve olası sakatlık risklerini önleyebilmek için teste başlamadan önce 10 dakika standart bir ısınma protokolü gerçekleştirmiştir. Test protokolü 180°/s açısal hızda 10 tekrarlı alıştırma sonrası 60°/s açısal hızda 3 set × 5 tekrar olacak şekilde belirlenmiştir. 60°/s ve 180°/s açısal hızlarının seçilme sebebi, kas fibrillerinin düşük açısal hızlarda daha fazla kuvvet üretmesidir (Gregor vd., 1979). Testler, katılımcılarda hamstring yaralanmalarını önlemek amacıyla yalnızca konsantrik kasılmalar (Con/Con) ile gerçekleştirilmiştir (Bennett ve Stauber, 1986). Koltuk açısı üretici firmanın önerdiği protokole uygun şekilde 85° olarak ayarlanmış, gövde ve uyluk bantlarla koltuğa sabitlenmiş, ayak bileği eklemi ise yastıklı ped aracılığıyla dinamometre koluna bağlanmıştır. Tüm katılımcılar için hareket aralığı 90° olarak standartlaştırılmıştır (Maly vd., 2017). Testlerden önce her iki diz için bireysel eklem hareket açıklıkları ölçülmüştür. Ölçümler sabah saat 09:00–13:00 saatleri arasında, sabit nem ve sıcaklıktaki laboratuvar ortamında yapılmıştır. Setler arasında 30 saniyelik dinlenme verilmiştir. Bu sürenin seçilme gerekçesi, yorgunluğun performansı olumsuz etkilemesini önlerken kas aktivasyonunu optimum düzeyde tutmaktır. Elde edilen tüm testlerdeki pik tork (PT) değerleri Newton metre (Nm) cinsinden kaydedilmiştir. Katılımcılar test öncesinde test protokolü hakkında bilgilendirilmiş ve uygulama sırasında sözel motivasyon sağlanmıştır.

**Dinlenik Kalp Atım Hızı ve Kan Basıncı:** Çalışmada dinlenik kalp atım hızı (KAHdin) otomatik bir ölçüm cihazı (Omron M2, Japonya) ile belirlenmiştir. Ölçüm öncesinde katılımcılar laboratuvarında sedye üzerinde 10 dakika sırtüstü yatar pozisyonda dinlendirilmiştir. Ardından katılımcılardan üst kolu sıkı giysileri çıkartılarak, kolunu kalp hizasında ve avuç içi yukarı bakacak şekilde destekleyerek pozisyon alması istenmiştir. Otomatik cihaz kullanım kılavuzunda belirtildiği şekilde cihaz üzerindeki düğmeye basılarak ölçüm yapılmıştır. Elde edilen veriler (dinlenik kalp atım hızı ve sistolik/diastolik kan basıncı) cihazın dijital ekranından okunarak kayıt altına alınmıştır (Meidert ve Saugel, 2017).

**Wingate Anaerobik Güç Testi:** Wingate anaerobik güç testi, katılımcıların vücut ağırlıklarına göre belirlenen sabit bir yük altında 30 saniye boyunca maksimum güç üretmesini gerektiren bir bisiklet ergometresi testidir. Bu çalışmada, anaerobik güç ölçümü için Monark 894E Bisiklet Ergometresi (Sweden) kullanılmıştır. Her sporcu için uygulanacak yük, vücut ağırlığı ile 0,075 katsayısının çarpılmasıyla (75 g/kg) hesaplanmıştır (Bar-Or, 1987). Testten önce, sporcular aynı ergometrede 5 dakikalık ısınma yapmış, 50–60 rpm’de başlayan bu ısınma süresince kısa sprintler de uygulanmıştır. Sporcuların kalp atım hızları Polar saat ile takip edilerek, dinlenik kalp atım hızına ulaştıklarında test başlamıştır. Pedal hızı 90 rpm’e ulaştığında, ağırlık otomatik olarak düşürülmüş ve katılımcılar test boyunca sözel olarak motive edilmiştir. Testin tamamlanmasının ardından, sporcuların zirve güç (peak power) ve ortalama güç (mean power) değerleri watt ve watt/kg birimleriyle kaydedilmiştir (Özkan ve ark., 2010).

**Dikey Sıçrama Performansı Ölçümleri:** Bireylerin dikey sıçrama performanslarını değerlendirmek amacıyla İvmes Jump (Türkiye) cihazı kullanılmıştır. Test sırasında sporcunun tüm hareketlerini algılayan sensörlerle donatılmış cihaz, beline bir kemerle sabitlenmiştir. Test sırasında sporculardan ellerini belinde, dizlerini yaklaşık 90° fleksiyonda tutarak mümkün olan en yüksek sıçramayı gerçekleştirmeleri istenmiştir. Dikey sıçrama verileri, İvmes Jump uygulaması ile telefonda otomatik olarak kaydedilmiştir. Her sporcu için toplam 3 deneme yapılmış ve en yüksek sıçrama değeri analizlerde kullanılmıştır. Denemeler arasında 1 dakikalık dinlenme aralığı sağlanmıştır. Tüm ölçümlerde sporcuların aynı spor ayakkabısını giymesi ve ölçümlerin şort ve tişört ile yapılması sağlanmıştır (Alvurdu vd., 2024).

**Sürat Performansı Ölçümleri:** Katılımcıların 20 metre koşu süreleri, başlangıç ve bitiş noktalarına yerleştirilen fotosel (Fusion Sport Smart Speed, Avustralya) aracılığıyla kaydedilmiştir. Sporcular hazır olduğunda ilk fotoselden geçerek testi başlatmış ve ikinci fotoselden geçtiklerinde süre durdurularak test tamamlanmıştır. Her katılımcıya üç deneme hakkı verilmiş ve en iyi derecesi analizlerde kullanılmıştır.

**Çeviklik (Illinois Testi) Performansı Ölçümleri:** Illinois testi, özellikle takım sporlarında çeviklik düzeyini ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir değerlendirme yöntemidir. Test, katılımcıların yön değiştirme becerilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Parkur, 5 m genişlik ve 10 m uzunlukta olacak şekilde düzenlenmiş, orta kısmı ise yaklaşık 3,3 m aralıklarla yerleştirilmiş konilerle üç bölüme ayrılmıştır. Test, 5 adet 180°'lik dönüş ve koniler arasında kısmi yön değişikliklerinden oluşan 6 ek dönüş içermektedir (Hazır ve ark., 2010). Katılımcıların çeviklik performansı testin başlangıç ve bitiş noktalarına yerleştirilen fotosel (Fusion Sport Smart Speed, Avustralya) aracılığıyla kaydedilmiştir. Katılımcılara iki deneme hakkı verilmiş ve en iyi süre analizlerde değerlendirilmiştir.

**Polar H10 Cihazı ve Futsal Maç Simülasyon Protokolü Sırasında Kalp Atım Hızının Ölçülmesi:** Sporcuların futsal maç simülasyon protokolü sırasında kalp atım hızlarındaki değişimleri takip etmek için Polar H10 göğüs bandı (Finlandiya) kullanılmıştır. Polar H10, kalp atım hızına ilişkin verileri doğru ve ayrıntılı şekilde elde etmek amacıyla EKG ölçüm prensibini kullanır. Her kalp atımının ürettiği elektriksel sinyal, göğüs bandında bulunan sensör aracılığıyla alıcıya iletilir (Plews ve ark., 2017). Sporcular protokole başlamadan önce Polar H10 cihazı göğüs hizasında pektoral kaslarının hemen altına yerleştirilmiştir. Kalp atım hızı verileri futsal maç simülasyon protokolü boyunca telefon uygulamasından takip edilmiştir.

**Foam Roller Uygulaması:** Futsal maç simülasyon protokolü tamamlandıktan sonra sporculara önce 10 dakikalık pasif dinlenme uygulanmış, ardından foam roller grubuna yönelik uygulamaya geçilmiştir. Kullanılan foam roller, Etilen Vinil

Asetat (EVA) malzemeden üretilmiş, orta sertlikte ve 33 cm × 14 cm boyutlarında bir silindirdir. Uygulama sırasında, quadriceps, hamstring, baldır (calf) ve gluteal kas gruplarına bilateral olarak çalışılmıştır. Her kas grubunda 40 saniye uygulama ve 20 saniye dinlenme şeklinde 5 set uygulanmış olup, toplam uygulama süresi 20 dakika olarak belirlenmiştir (Junker ve Stöggel, 2019).

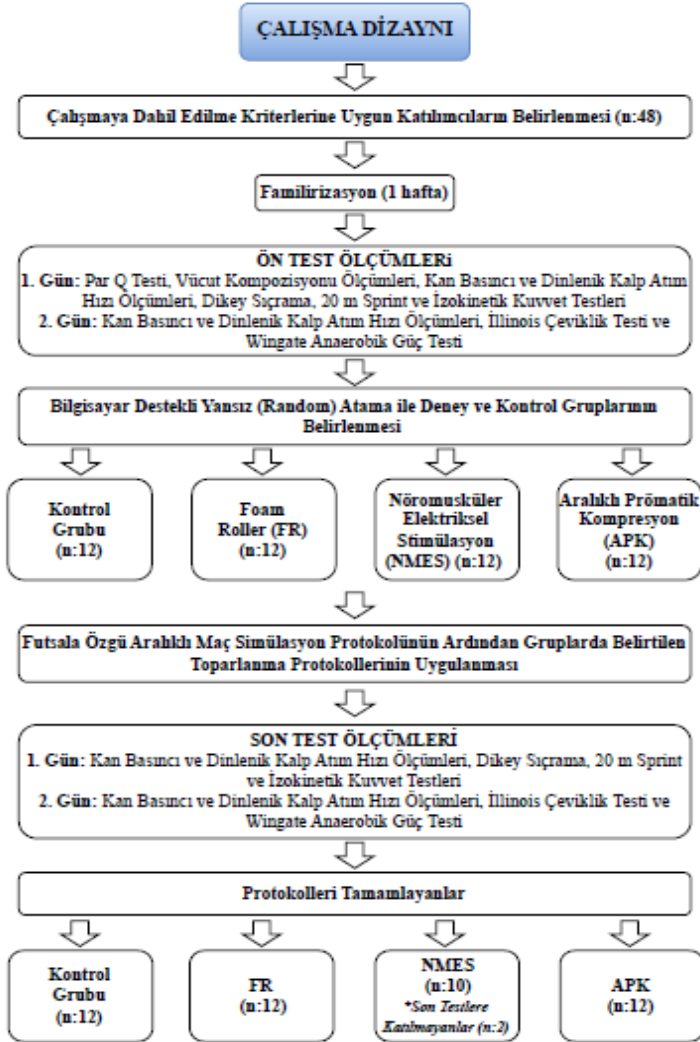
**Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonu (NMES) Uygulaması:** Nöromüsküler Elektrik Stimülasyon uygulamaları, Compex 3 (Compex Medical SA, Ecublens, Switzerland) model, portatif ve programlanabilir bir elektrostimülatör ünitesi ile rehabilitasyon modunda gerçekleştirilmiştir. Toparlanma protokolü alanında uzman olan bir fizyoterapist tarafından belirlenmiştir. NMES programı 120 mA, atım süresi 400 µs ve atım frekansı 150 Hz 'lik fonksiyonel bir stimülasyon kapasiteye sahip 4 kanallı bir cihaz ile uygulanmıştır. Protokolde deri yüzeyine kendinden yapışkanlı, kalınlığı 2 mm olan plastik elektrotlar kullanılmıştır. Akım şiddeti, kasta kontraksiyon oluşturacak ve sporcunun tolere edebileceği dozda her sporcuya göre ayarlanmış ve katılımcılar masaj sedyesinde sırtüstü yatar pozisyonda 20 dakika süre ile NMES uygulaması yapılmıştır (Akıncı vd., 2020).

**Aralıklı Pnömatik Kompresyon Uygulaması:** Aralıklı pnömatik kompresyon cihazları, sporcuların alt veya üst ekstremitelerine giydirilen, hava kompresyon pompasına bağlı şişme manşonlardan oluşmaktadır. Bu manşonlar belirlenen zaman aralıklarında şişip inerek pompalama etkisi yaratır. Çok bölmeli manşonlar, ayak bileğinden uyluğa doğru peristaltik masaj etkisi oluşturacak şekilde düzenlenmiş olup, düzenli kompresyon ve dekompresyon ile venöz pompa görevini destekler. Uygulama protokolü, toparlanma konusunda uzman bir fizyoterapist tarafından belirlenmiştir. Protokol kapsamında sporcular, masaj sedyesinde sırt üstü yatar pozisyonda, 20 dakika süreyle 80 mmHg basınç uygulanacak şekilde alt ekstremitelere kompresyon yaptırmıştır. Uygulamada Easypump X400 (Çin), 4 kanallı pnömatik kompresyon cihazı kullanılmıştır (Hanson vd., 2013).

**Futsala Özgü Aralıklı Maç Simülasyon Protokolü - (Futsal – Specific Intermittent Shuttle Protocol (FISP)):** Futsal maç simülasyon protokolü, profesyonel futsal maçlarının fizyolojik tepkilerini ve fiziksel eforunu taklit etmek amacıyla geliştirilmiştir ve protokol tasarımı, elit futsal oyuncularının maç performans verilerine dayanmaktadır. Protokol toplam 39 dakika sürmekte olup, her set arasında 5 dakikalık pasif toparlanma içeren 4 × 6 dakikalık aralıklı egzersiz setlerinden oluşmaktadır. FISP sırasında oyuncular, 236 kez 180° yön değişikliği yaparak toplam 3600 m'lik bir mesafeyi, 15 m uzunluğundaki altı dizide koşmuşlardır. Her egzersiz setinde hız aralıkları, yürüyüş (5–6 km/s), düşük yoğunluklu koşu (6,1–12 km/s), orta yoğunluklu koşu (12,1–15,4 km/s), yüksek yoğunluklu koşu (15,4–18,3 km/s) ve hızlı koşu (>18,3 km/s) şeklinde sınıflandırılmıştır. Hız yönlendirmeleri, Audacity® (sürüm 2.0.5, Boston, ABD) yazılımı kullanılarak oluşturulan ses tonları ile standardize edilmiştir. Her sesli sinyal, katılımcılara bir sonraki 15 m'lik parkur

boyunca gerçekleştirecekleri aktiviteyi bildirmiştir. Aralıklı egzersiz blokları sırasında, oyuncular ilk 15 m'lik parkurun 2 m gerisinde oturma pozisyonunda dinlenmiştir. Protokol öncesinde, 5 dakikalık düz koşu ile ısınma ve ardından 5 dakikalık pasif dinlenme uygulanarak ana uygulamaya geçilmiştir (Freitas ve ark., 2017).

### Veri Toplama Süreci



Şekil 1. Çalışma dizaynı

**Verilerin Analizi:** Bu araştırmada elde edilen veriler SPSS 26.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmaya katılan örneklemin büyüklüğü ise G\*Power 3.1.9.2 yazılımı aracılığıyla hesaplanmıştır. Verilerin istatistiksel olarak incelenebilmesi için ilk olarak Shapiro-Wilk testi uygulanarak normallik dağılımları kontrol edilmiştir. Ön test sonuçlarının normal dağılım göstermesi nedeniyle Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) tercih edilmiştir. Sürekli değişkenler için aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri raporlanmıştır. Ön-son test ölçümlerinin karşılaştırılmasında, tekrarlı ölçümlerde iki yönlü varyans analizi (ANOVA) [iki düzey: ön-son test  $\times$  dört grup: KG, FRG, APKG, NMESG] uygulanmıştır. Grup içi karşılaştırmaların yapılabilmesi için COMPARE (Zaman) ADJ (Bonferroni) SPSS syntax komutu kullanılmış ve zaman içerisindeki değişikliklerin anlamlılığı test edilmiştir. Gruplar arası veya zamana bağlı farklılıklar anlamlı bulunduğu, farkın hangi gruplar arasında ortaya çıktığını belirlemek amacıyla post hoc analizler (Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testi) kullanılmıştır. Her değişken için zamana bağlı yüzde değişim oranı şu formülle hesaplanmıştır:  $\% \Delta = (\text{Son test} - \text{Ön test}) / \text{Ön test} \times 100$ . Etki büyüklüğü değerlendirmelerinde, kısmi eta kare (partial  $\eta^2$ ) ve Cohen's d değerleri dikkate alınmıştır. Kısmi eta kare için küçük etki ( $<0,06$ ), orta etki ( $0,06-0,13$ ) ve büyük etki ( $\geq 0,14$ ) ölçütleri; Cohen's d için ise küçük ( $0,20$ ), orta ( $0,50$ ) ve büyük ( $0,80$ ) sınır değerleri kullanılmıştır (Cohen, 1988). Araştırmada istatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak kabul edilmiştir.

## BULGULAR

**Tablo 2.** Normallik analizi sonuçları

|                              | n:46     | Shapiro-Wilk |       |
|------------------------------|----------|--------------|-------|
|                              |          | Statistic    | Sig.  |
| Dikey Sıçrama(cm)            | Ön Test  | 0,978        | 0,483 |
|                              | Son Test | 0,959        | 0,096 |
| 20 m Sürat (sn)              | Ön Test  | 0,982        | 0,681 |
|                              | Son Test | 0,987        | 0,880 |
| İllinois Çeviklik Testi (sn) | Ön Test  | 0,961        | 0,112 |
|                              | Son Test | 0,932        | 0,880 |
| Sağ Ekstansiyon (Nm)         | Ön Test  | 0,942        | 0,247 |
|                              | Son Test | 0,971        | 0,269 |
| Sağ Fleksiyon (Nm)           | Ön Test  | 0,952        | 0,480 |
|                              | Son Test | 0,943        | 0,210 |
| Sol Ekstansiyon (Nm)         | Ön Test  | 0,963        | 0,130 |
|                              | Son Test | 0,969        | 0,231 |

|                                     |          |       |       |
|-------------------------------------|----------|-------|-------|
| Sol Fleksiyon (Nm)                  | Ön Test  | 0,932 | 0,283 |
|                                     | Son Test | 0,931 | 0,169 |
| Sağ Diz Eklem Hareket Genişliği (°) | Ön Test  | 0,974 | 0,350 |
|                                     | Son Test | 0,948 | 0,340 |
| Sol Diz Eklem Hareket Genişliği (°) | Ön Test  | 0,967 | 0,199 |
|                                     | Son Test | 0,983 | 0,716 |
| Mutlak Zirve Güç (W)                | Ön Test  | 0,972 | 0,311 |
|                                     | Son Test | 0,966 | 0,177 |
| Relatif Zirve Güç (W/kg)            | Ön Test  | 0,965 | 0,155 |
|                                     | Son Test | 0,974 | 0,362 |
| Mutlak Ortalama Güç (W)             | Ön Test  | 0,986 | 0,837 |
|                                     | Son Test | 0,966 | 0,173 |
| Relatif Ortalama Güç (W/kg)         | Ön Test  | 0,987 | 0,853 |
|                                     | Son Test | 0,973 | 0,318 |

\*p&gt;0,05

Tablo 2’ de tüm değişkenler için verilerin normal dağıldığı görülmüştür.

**Tablo 3.** Yapılan işlem türüne ve ölçüm zamanlarına göre dikey sıçrama, 20 m sürat ve çeviklik değerlerinin karşılaştırılması

| Değişken                 | Grup            | Ön Test<br>( $\bar{X} \pm SS$ ) | Son Test<br>( $\bar{X} \pm SS$ ) | d    | %Δ    | Zaman                                          | Grup                                          | Etkileşim<br>(Zaman* Grup)                     |
|--------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|------|-------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Dikey Sıçrama Testi (cm) | KG<br>(n:12)    | 29,49<br>±3,61                  | 28,74<br>±3,68                   | 0,60 | -2,54 | F:13,360<br>p:0,001*<br>η <sup>2</sup> p:0,233 | F:0,904<br>p:0,447<br>η <sup>2</sup> p:0,058  | F:5,148<br>p:0,004*<br>η <sup>2</sup> p:0,260  |
|                          | FRG<br>(n:12)   | 30,22<br>±3,69                  | 31,50<br>±4,16                   | 0,66 | 3,17  |                                                |                                               |                                                |
|                          | APKG<br>(n:12)  | 30,29<br>±3,13                  | 32,07<br>±4,28                   | 0,97 | 5,88  |                                                |                                               |                                                |
|                          | NMESG<br>(n:10) | 29,45<br>±1,60                  | 30,79<br>±2,64                   | 0,74 | 4,55  |                                                |                                               |                                                |
| 20m Sürat Testi (sn)     | KG<br>(n:12)    | 3,52<br>±0,19                   | 3,85<br>±0,18                    | 1,95 | -9,38 | F:0,022<br>p:0,882<br>η <sup>2</sup> p:0,001   | F:5,262<br>p:0,003*<br>η <sup>2</sup> p:0,264 | F:21,189<br>p:0,001*<br>η <sup>2</sup> p:0,591 |
|                          | FRG<br>(n:12)   | 3,61<br>±0,19                   | 3,48<br>±0,18                    | 0,66 | 3,60  |                                                |                                               |                                                |
|                          | APKG<br>(n:12)  | 3,48<br>±0,31                   | 3,36<br>±0,22                    | 0,81 | 3,45  |                                                |                                               |                                                |
|                          | NMESG<br>(n:10) | 3,69<br>±0,11                   | 3,62<br>±0,91                    | 1,64 | 1,90  |                                                |                                               |                                                |

|                                    |                 |                |                |      |       |                                              |                                              |                                                |
|------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|------|-------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| İllinois<br>Çeviklik<br>Testi (sn) | KG<br>(n:12)    | 18,32<br>±1,43 | 20,02<br>±1,53 | 2,42 | -9,28 | F:0,923<br>p:0,342<br>η <sup>2</sup> p:0,021 | F:2,650<br>p:0,060<br>η <sup>2</sup> p:0,153 | F:38,823<br>p:0,001*<br>η <sup>2</sup> p:0,726 |
|                                    | FRG<br>(n:12)   | 18,11<br>±0,98 | 18,18<br>±0,83 | 0,14 | -0,39 |                                              |                                              |                                                |
|                                    | APKG<br>(n:12)  | 18,28<br>±1,34 | 17,78<br>±1,08 | 1,08 | 2,74  |                                              |                                              |                                                |
|                                    | NMESG<br>(n:10) | 19,07<br>±1,07 | 18,15<br>±0,62 | 1,10 | 4,82  |                                              |                                              |                                                |

\*p<0,05; η<sup>2</sup>p: Kısmi Eta Kare; d: Etki Büyüklüğü(Cohen d); %Δ : Yüzde Değişim; KG: Kontrol Grubu; FRG: Foam Roller Grubu; APKG: Aralıklı Pnömatik Kompresyon Grubu; NMESG: Nöromüsküler Elektrik Stimülasyon Grubu

Tablo 3 incelendiğinde, katılımcıların saha performans ölçümlerinde zamana bağlı değişimler (ön- son test) ele alındığında; dikey sıçrama parametresinde (F = 13,360; p = 0,001) anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda (Kontrol Grubu [KG], Foam Roller Grubu [FRG], Aralıklı Pnömatik Kompresyon Grubu [APKG] sürat (F = 5,262; p = 0,003) değerinde anlamlı fark bulunmuştur. Ayrıca, Zaman × Grup etkileşimi incelendiğinde, katılımcıların dikey sıçrama (F = 5,148; p = 0,004), sürat (F = 21,189; p = 0,001) ve çeviklik (F = 38,823; p = 0,001) performans değerlerinde anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Tablo 3).

**Tablo 4.** Dikey sıçrama testi değerleri zamana göre (ön-son test) ikili karşılaştırma tablosu

| Değişken                          | Grup            | Zaman<br>(I) | Zaman<br>(J) | Ortalama<br>Fark<br>(I - J) | Standart<br>hata | p             | % 95<br>Güven Düzeyi |              |
|-----------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------------------|------------------|---------------|----------------------|--------------|
|                                   |                 |              |              |                             |                  |               | Alt<br>Sınır         | Üst<br>Sınır |
| Dikey<br>Sıçrama<br>Testi<br>(cm) | KG<br>(n:12)    | Ön Test      | Son Test     | -0,750                      | ,498             | 0,139         | -1,754               | 0,254        |
|                                   | FRG<br>(n:12)   | Ön Test      | Son Test     | 1,275*                      | ,498             | <b>0,014*</b> | 0,271                | 2,279        |
|                                   | APKG<br>(n:12)  | Ön Test      | Son Test     | 1,783*                      | ,498             | <b>0,001*</b> | 0,780                | 2,787        |
|                                   | NMESG<br>(n:10) | Ön Test      | Son Test     | 1,332*                      | ,498             | <b>0,010*</b> | 0,328                | 2,335        |

\*p<0,05; KG: Kontrol Grubu; FRG: Foam Roller Grubu; APKG: Aralıklı Pnömatik Kompresyon Grubu; NMESG: Nöromüsküler Elektrik Stimülasyon Grubu

Tablo 4 incelendiğinde, FR (p=0,014), APK (p=0,001) ve NMES (p=0,010) gruplarında dikey sıçrama testinin ön-son test değişimlerinde anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

**Tablo 5.** Sürat testi gruplar arası (Kontrol, FRG, APKG, NMESG) karşılaştırma tablosu

| Grup (I) | Grup (J) | Ortalama Fark (I-J) | Standart Hata | p             | % 95 Güven Düzeyi |           |
|----------|----------|---------------------|---------------|---------------|-------------------|-----------|
|          |          |                     |               |               | Alt Sınır         | Alt Sınır |
| KG       | FRG      | 0,139               | 0,073         | 0,240         | -0,055            | 0,335     |
|          | APKG     | 0,262*              | 0,073         | <b>0,005*</b> | 0,066             | 0,457     |
|          | NMESG    | 0,031               | 0,073         | 0,974         | -0,164            | 0,226     |
| FRG      | KG       | -0,139              | 0,073         | 0,240         | -0,335            | 0,055     |
|          | APKG     | 0,122               | 0,073         | 0,350         | -0,072            | 0,317     |
|          | NMESG    | -0,108              | 0,073         | 0,458         | -0,303            | 0,087     |
| APKG     | KG       | -0,262*             | 0,073         | <b>0,005*</b> | -0,457            | -0,066    |
|          | FRG      | -0,122              | 0,073         | 0,350         | -0,317            | 0,072     |
|          | NMESG    | -0,230              | 0,073         | <b>0,015*</b> | -0,426            | -0,035    |
| NMESG    | KG       | -0,031              | 0,073         | 0,974         | -0,226            | 0,164     |
|          | FRG      | 0,108               | 0,073         | 0,458         | -0,087            | 0,303     |
|          | APKG     | 0,230*              | 0,073         | <b>0,015*</b> | 0,035             | 0,426     |

\* $p<0,05$ ; KG: Kontrol Grubu; FRG: Foam Roller Grubu; APKG: Aralıklı Pnömatik Kompresyon Grubu; NMESG: Nöromusküler Elektrik Stimülasyon Grubu

Tablo 5 sonuçlarına göre, sürat testi gruplararası karşılaştırmada KG ile APKG arasında ( $p=0,005$ ) ve NMESG ile APKG arasında ( $p=0,015$ ) farklılık olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo 6.** Yapılan işlem türüne ve ölçüm zamanlarına göre İzokinetik Kuvvet değerlerinin karşılaştırılması

| Değişken             | Grup         | Ön Test ( $\bar{X} \pm SS$ ) | Son Test ( $\bar{X} \pm SS$ ) | d    | %Δ    | Zaman                           | Grup                            | Etkileşim (Zaman* Grup)          |
|----------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|------|-------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Sağ Ekst. 60°/s (Nm) | KG (n:12)    | 138,08±19,86                 | 125,91±17,52                  | 1,30 | -8,81 | F:2,951<br>p:0,093<br>η2p:0,063 | F:1,236<br>p:0,308<br>η2p:0,078 | F:3,924<br>p:0,014*<br>η2p:0,211 |
|                      | FRG (n:12)   | 138,33±27,12                 | 137,16±26,75                  | 0,08 | -0,85 |                                 |                                 |                                  |
|                      | APKG (n:12)  | 132,25±19,41                 | 129,66±21,81                  | 0,21 | -1,96 |                                 |                                 |                                  |
|                      | NMESG (n:10) | 143,41±20,20                 | 147,55±17,76                  | 0,40 | 2,89  |                                 |                                 |                                  |

|                                |                 |                  |                  |      |       |                                 |                                 |                                  |
|--------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------|-------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Sağ<br>Fleks.<br>60°/s<br>(Nm) | KG<br>(n:12)    | 70,66±<br>9,83   | 68,66±<br>7,20   | 0,38 | -2,83 | F:1,202<br>p:0,279<br>η2p:0,027 | F:2,725<br>p:0,055<br>η2p:0,157 | F:4,234<br>p:0,010*<br>η2p:0,224 |
|                                | FRG<br>(n:12)   | 72,33±<br>12,55  | 72,83±<br>11,80  | 0,07 | 0,69  |                                 |                                 |                                  |
|                                | APKG<br>(n:12)  | 75,91±<br>13,98  | 75,00±<br>11,96  | 0,13 | -1,20 |                                 |                                 |                                  |
|                                | NMESG<br>(n:10) | 78,25±<br>10,82  | 84,66±<br>8,44   | 1,14 | 8,19  |                                 |                                 |                                  |
| Sol<br>Ekst.<br>60°/s<br>(Nm)  | KG<br>(n:12)    | 138,66±<br>24,38 | 128,75±<br>23,27 | 0,88 | -7,15 | F:2,058<br>p:0,158<br>η2p:0,045 | F:0,683<br>p:0,567<br>η2p:0,044 | F:4,399<br>p:0,009*<br>η2p:0,231 |
|                                | FRG<br>(n:12)   | 132,50±<br>19,43 | 129,41±<br>18,57 | 0,37 | -2,33 |                                 |                                 |                                  |
|                                | APKG<br>(n:12)  | 129,83±<br>21,67 | 127,83±<br>23,55 | 0,20 | -1,54 |                                 |                                 |                                  |
|                                | NMESG<br>(n:10) | 133,58±<br>19,44 | 139,63±<br>17,20 | 0,46 | 4,53  |                                 |                                 |                                  |
| Sol<br>Flek.<br>60°/s<br>(Nm)  | KG<br>(n:12)    | 69,75±<br>12,07  | 65,41±<br>8,62   | 0,69 | -6,22 | F:1,704<br>p:0,198<br>η2p:0,037 | F:1,039<br>p:0,385<br>η2p:0,066 | F:9,122<br>p:0,001*<br>η2p:0,383 |
|                                | FRG<br>(n:12)   | 70,83±<br>10,79  | 72,66±<br>10,12  | 0,47 | 2,58  |                                 |                                 |                                  |
|                                | APKG<br>(n:12)  | 71,66±<br>14,27  | 71,58±<br>11,00  | 0,02 | -0,11 |                                 |                                 |                                  |
|                                | NMESG<br>(n:10) | 72,16±<br>10,13  | 78,61±<br>11,23  | 1,30 | 8,94  |                                 |                                 |                                  |

\*p<0,05; η2p: Kısmi Eta Kare; d: Etki Büyüklüğü(Cohen d); %Δ : Yüzde Değişim; Nm: Newton metre; Ekst.: Ekstansiyon; Fleks.: Fleksiyon; KG: Kontrol Grubu; FRG: Foam Roller Grubu; APKG:Aralıklı Pnö-matik Kompresyon Grubu; NMESG: Nöromusküler Elektrik Stimülasyon Grubu

Tablo 6 incelendiğinde, katılımcıların izokinetik kuvvet ölçümlerinde zamana bağlı değişimleri (ön–son test) ve gruplar arası karşılaştırmalar ele alındığında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Buna karşın, Zaman × Grup etkileşimi analiz edildiğinde, katılımcıların sağ diz ekstansiyon (F = 3,924; p = 0,014), sağ diz fleksiyon (F = 4,234; p = 0,010), sol diz ekstansiyon (F = 4,399; p = 0,009) ve sol diz fleksiyon (F = 9,122; p = 0,001) değerlerinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir.

**Tablo 7.** Yapılan işlem türüne ve ölçüm zamanlarına göre diz eklem hareket genişliği değerlerinin karşılaştırılması

| Değişken                                        | Grup                            | Ön Test<br>( $\bar{X} \pm SS$ ) | Son Test<br>( $\bar{X} \pm SS$ ) | <i>d</i> | % $\Delta$ | Zaman               | Grup               | Etkileşim<br>(Zaman*<br>Grup) |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------|------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| Sağ Diz<br>Eklem<br>Hareket<br>Genişliği<br>(°) | <i>KG</i><br>( <i>n</i> :12)    | 101,58±<br>5,03                 | 100,25±<br>3,59                  | 0,48     | -1,31      |                     |                    |                               |
|                                                 | <i>FRG</i><br>( <i>n</i> :12)   | 99,08±<br>2,46                  | 103,08±<br>3,67                  | 1,74     | 4,04       | F:2,259<br>p:0,014* | F:0,582<br>p:0,630 | F:8,434<br>p:0,001*           |
|                                                 | <i>APKG</i><br>( <i>n</i> :12)  | 101,33±<br>5,58                 | 101,16±<br>4,15                  | 0,06     | -0,17      | $\eta^2 p$ :0,049   | $\eta^2 p$ :0,038  | $\eta^2 p$ :0,365             |
|                                                 | <i>NMESG</i><br>( <i>n</i> :10) | 99,41±<br>4,81                  | 99,33±<br>3,05                   | 0,03     | -0,08      |                     |                    |                               |
| Sol Diz<br>Eklem<br>Hareket<br>Genişliği<br>(°) | <i>KG</i><br>( <i>n</i> :12)    | 100,50±<br>5,36                 | 99,66±<br>3,11                   | 0,16     | -0,84      |                     |                    |                               |
|                                                 | <i>FRG</i><br>( <i>n</i> :12)   | 96,08±<br>3,52                  | 100,66±<br>3,05                  | 1,54     | 4,77       | F:5,263<br>p:0,027* | F:0,339<br>p:0,797 | F:5,384<br>p:0,003*           |
|                                                 | <i>APKG</i><br>( <i>n</i> :12)  | 99,33±<br>6,82                  | 99,91±<br>6,65                   | 0,15     | 0,33       | $\eta^2 p$ :0,107   | $\eta^2 p$ :0,023  | $\eta^2 p$ :0,269             |
|                                                 | <i>NMESG</i><br>( <i>n</i> :10) | 98,58±<br>5,55                  | 98,91±<br>4,12                   | 0,11     | 0,33       |                     |                    |                               |

Tablo 7’de, eklem hareket genişliği (EHG) parametresine ilişkin veriler incelendiğinde, grup içi zamana bağlı değişimler (ön-son test) ele alındığında; sağ diz eklem hareket genişliği ( $F = 2,259$ ;  $p = 0,140$ ) anlamlı farklılık göstermemiştir. Buna karşın, sol diz eklem hareket genişliği değerinde ( $F = 5,263$ ;  $p = 0,027$ ;  $\eta^2 p = 0,107$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmiştir. Gruplar arası değerlendirildiğinde, hem sağ diz ( $F = 0,582$ ;  $p = 0,630$ ) hem de sol diz ( $F = 0,339$ ;  $p = 0,797$ ) eklem hareket genişliği ölçümlerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, Zaman  $\times$  Grup etkileşimi analiz edildiğinde, hem sağ diz ( $F = 8,434$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 p = 0,365$ ) hem de sol diz ( $F = 5,384$ ;  $p = 0,003$ ;  $\eta^2 p = 0,269$ ) değişkenlerinde anlamlı farklılıklar saptanmıştır.

**Tablo 8.** Diz eklem hareket genişliği değerleri zamana göre (ön-son test) ikili karşılaştırma tablosu

| Değişken                            | Grup         | Zaman (I) | Zaman (J) | Ortalama Fark (I - J) | Standart hata | p             | % 95 Güven Düzeyi |           |
|-------------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------|-----------|
|                                     |              |           |           |                       |               |               | Alt Sınır         | Üst Sınır |
| Sağ Diz Eklem Hareket Genişliği (°) | KG (n:12)    | Ön Test   | Son Test  | -1,333                | 0,804         | 0,104         | -2,954            | 0,287     |
|                                     | FRG (n:12)   | Ön Test   | Son Test  | 4,000*                | 0,804         | <b>0,001*</b> | 2,380             | 5,620     |
|                                     | APKG (n:12)  | Ön Test   | Son Test  | -0,167                | 0,804         | 0,837         | -1,787            | 1,454     |
|                                     | NMESG (n:10) | Ön Test   | Son Test  | -0,083                | 0,804         | 0,918         | -1,704            | 1,537     |
| Sol Diz Eklem Hareket Genişliği (°) | KG (n:12)    | Ön Test   | Son Test  | -0,833                | 1,017         | 0,417         | -2,883            | 1,216     |
|                                     | FRG (n:12)   | Ön Test   | Son Test  | 4,583*                | 1,017         | <b>0,001*</b> | 2,534             | 6,633     |
|                                     | APKG (n:12)  | Ön Test   | Son Test  | 0,583                 | 1,017         | 0,569         | -1,466            | 2,633     |
|                                     | NMESG (n:10) | Ön Test   | Son Test  | 0,333                 | 1,017         | 0,745         | -1,716            | 2,383     |

\* $p < 0,05$ ; KG: Kontrol Grubu; FRG: Foam Roller Grubu; APKG: Aralıklı Pnömatik Kompresyon Grubu; NMESG: Nöromusküler Elektrik Stimülasyon Grubu

Tablo 8 incelendiğinde, sağ ve sol diz eklemi hareket genişliği verilerinde foam roller grubu ön-son test değerlerinde (sağ diz  $p=0,001$ ; sol diz  $p=0,001$ ) anlamlı farklılık tespit edilmiştir.

**Tablo 9.** Yapılan işlem türüne ve ölçüm zamanlarına göre Wingate anaerobik güç değerlerinin karşılaştırılması

| Değişken             | Grup         | Ön Test ( $\bar{X} \pm SS$ ) | Son Test ( $\bar{X} \pm SS$ ) | EB   | %Δ    | Zaman                                          | Grup                                          | Etkileşim (Zaman* Grup)                       |
|----------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|------|-------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Mutlak Zirve Güç (W) | KG (n:12)    | 409,96±67,11                 | 385,60±69,19                  | 1,03 | -5,94 | F:5,591<br><b>p:0,023*</b><br>$\eta^2 p:0,113$ | F:0,167<br><b>p:0,918</b><br>$\eta^2 p:0,011$ | F:1,131<br><b>p:0,347</b><br>$\eta^2 p:0,072$ |
|                      | FRG (n:12)   | 413,92±87,20                 | 406,63±74,55                  | 0,29 | -1,76 |                                                |                                               |                                               |
|                      | APKG (n:12)  | 406,00±90,01                 | 394,53±76,73                  | 0,26 | -2,83 |                                                |                                               |                                               |
|                      | NMESG (n:10) | 416,93±66,70                 | 416,01±69,69                  | 0,03 | -0,22 |                                                |                                               |                                               |

|                                |                        |                  |                  |      |        |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|--------------------------------|------------------------|------------------|------------------|------|--------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Relatif<br>Zirve Güç<br>(W/kg) | <b>KG</b><br>(n:12)    | 7,50±<br>1,13    | 7,04±<br>1,25    | 1,07 | -6,13  | <b>F:4,444</b><br><b>p:0,041*</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,092</b>  | <b>F:1,048</b><br><b>p:0,381</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,067</b> | <b>F:1,044</b><br><b>p:0,382</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,066</b>  |
|                                | <b>FRG</b><br>(n:12)   | 7,61±<br>1,38    | 7,49±<br>1,09    | 0,29 | -1,58  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|                                | <b>APKG</b><br>(n:12)  | 7,83±<br>1,31    | 7,66±<br>0,83    | 0,18 | -2,17  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|                                | <b>NMESG</b><br>(n:10) | 7,03±<br>0,89    | 7,01±<br>0,85    | 0,03 | -0,28  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
| Mutlak<br>Ort. Güç<br>(W)      | <b>KG</b><br>(n:12)    | 277,38±<br>36,06 | 250,92±<br>49,04 | 0,89 | -9,54  | <b>F:11,037</b><br><b>p:0,002*</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,201</b> | <b>F:1,021</b><br><b>p:0,393</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,065</b> | <b>F:3,037</b><br><b>p:0,039*</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,172</b> |
|                                | <b>FRG</b><br>(n:12)   | 272,21±<br>30,90 | 260,75±<br>35,47 | 0,46 | -4,21  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|                                | <b>APKG</b><br>(n:12)  | 265,19±<br>42,92 | 265,19±<br>51,41 | 0    | 0      |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|                                | <b>NMESG</b><br>(n:10) | 290,74±<br>37,89 | 285,19±<br>37,10 | 0,46 | -1,91  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
| Relatif<br>Ort. Güç<br>(W/kg)  | <b>KG</b><br>(n:12)    | 5,08±<br>0,68    | 4,57±<br>0,85    | 0,84 | -10,04 | <b>F:12,092</b><br><b>p:0,001*</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,216</b> | <b>F:0,484</b><br><b>p:0,695</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,032</b> | <b>F:2,919</b><br><b>p:0,044*</b><br><b>η<sup>2</sup>p:0,166</b> |
|                                | <b>FRG</b><br>(n:12)   | 5,06±<br>0,71    | 4,82±<br>0,62    | 0,54 | -4,74  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|                                | <b>APKG</b><br>(n:12)  | 5,11±<br>0,58    | 5,10±<br>0,65    | 0,04 | -0,20  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |
|                                | <b>NMESG</b><br>(n:10) | 4,92±<br>0,51    | 4,81±<br>0,54    | 0,54 | -2,24  |                                                                   |                                                                 |                                                                  |

Tablo 9'da, anaerobik güç parametrelerine ilişkin grup içi zamana bağlı değişimler (ön- son test) incelendiğinde, mutlak zirve güç ( $F = 5,591$ ;  $p = 0,023$ ;  $\eta^2 p = 0,113$ ), relatif zirve güç ( $F = 4,444$ ;  $p = 0,041$ ;  $\eta^2 p = 0,092$ ), mutlak ortalama güç ( $F = 11,037$ ;  $p = 0,002$ ;  $\eta^2 p = 0,201$ ) ve relatif ortalama güç ( $F = 12,092$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 p = 0,216$ ) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Gruplar arası karşılaştırmalar incelendiğinde ise anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Zaman  $\times$  Grup etkileşimi analiz edildiğinde, mutlak zirve güç ( $F = 1,131$ ;  $p = 0,347$ ) ve relatif zirve güç ( $F = 1,044$ ;  $p = 0,382$ ) değişkenlerinde anlamlı bir farklılık bulunmazken; mutlak ortalama güç ( $F = 3,037$ ;  $p = 0,039$ ;  $\eta^2 p = 0,172$ ) ve relatif ortalama güç ( $F = 2,919$ ;  $p = 0,044$ ;  $\eta^2 p = 0,166$ ) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

**Tablo 10.** Wingate anaerobik güç testi değerleri zamana göre (ön-son test) ikili karşılaştırma tablosu

| Değişken                                     | Grup            | Zaman<br>(I) | Zaman<br>(J) | Ortalama<br>Fark<br>(I - J) | Standart<br>hata | p             | % 95<br>Güven Düzeyi |           |
|----------------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------------------|------------------|---------------|----------------------|-----------|
|                                              |                 |              |              |                             |                  |               | Alt Sınır            | Üst Sınır |
| <b>Mutlak<br/>Zirve<br/>Güç (W)</b>          | KG<br>(n:12)    | Ön Test      | Son Test     | -24,367*                    | 9,313            | <b>0,012*</b> | -43,135              | -5,598    |
|                                              | FRG<br>(n:12)   | Ön Test      | Son Test     | -7,292                      | 9,313            | 0,438         | -26,060              | 11,477    |
|                                              | APKG<br>(n:12)  | Ön Test      | Son Test     | -11,467                     | 9,313            | 0,225         | -30,235              | 7,302     |
|                                              | NMESG<br>(n:10) | Ön Test      | Son Test     | -0,917                      | 9,313            | 0,922         | -19,685              | 17,852    |
| <b>Relatif<br/>Zirve<br/>Güç (W/<br/>kg)</b> | KG<br>(n:12)    | Ön Test      | Son Test     | -0,454*                     | 0,181            | <b>0,016*</b> | -0,820               | -0,089    |
|                                              | FRG<br>(n:12)   | Ön Test      | Son Test     | -0,127                      | 0,181            | 0,489         | -0,492               | 0,239     |
|                                              | APKG<br>(n:12)  | Ön Test      | Son Test     | -0,163                      | 0,181            | 0,373         | -0,529               | 0,202     |
|                                              | NMESG<br>(n:10) | Ön Test      | Son Test     | -0,021                      | 0,181            | 0,909         | -0,386               | 0,345     |
| <b>Mutlak<br/>Ort. Güç<br/>(W)</b>           | KG<br>(n:12)    | Ön Test      | Son Test     | -26,458*                    | 6,541            | <b>0,001*</b> | -39,641              | -13,275   |
|                                              | FRG<br>(n:12)   | Ön Test      | Son Test     | -11,458                     | 6,541            | 0,087         | -24,641              | 1,725     |
|                                              | APKG<br>(n:12)  | Ön Test      | Son Test     | -5,687                      | 6,541            | 1,000         | -13,183              | 13,183    |
|                                              | NMESG<br>(n:10) | Ön Test      | Son Test     | -5,546                      | 6,541            | 0,401         | -18,729              | 7,637     |
| <b>Relatif<br/>Ort. Güç<br/>(W/kg)</b>       | KG<br>(n:12)    | Ön Test      | Son Test     | -0,507*                     | 0,125            | <b>0,001*</b> | -0,760               | -0,255    |
|                                              | FRG<br>(n:12)   | Ön Test      | Son Test     | -0,241                      | 0,125            | 0,061         | -0,493               | 0,012     |
|                                              | APKG<br>(n:12)  | Ön Test      | Son Test     | -0,015                      | 0,125            | 0,905         | -0,268               | 0,238     |
|                                              | NMESG<br>(n:10) | Ön Test      | Son Test     | -0,108                      | 0,125            | 0,392         | -0,361               | 0,144     |

## TARTIŞMA

Yetersiz toparlanma, sporcularda performansın sınırlandırılmasına yol açabilen önemli bir faktördür. Özellikle egzersiz veya müsabaka setleri arasındaki kısa süreli iyileşme (<1 saat), yüksek yoğunluklu aktiviteden sonra homeostazın tamamen geri kazanılması için kritik bir dönemdir (Barnett, 2006). Bu çalışma, farklı toparlanma stratejilerinin (Foam roller, Aralıklı pnömatik kompresyon, Nöromusküler elektriksel stimülasyon) kadın futsal oyuncularının fiziksel ve fizyolojik parametreleri (dikey sıçrama, sürat, çeviklik, izokinetik kuvvet, eklem hareket genişliği, anaerobik güç) üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamıştır.

Saha ölçümlerinin zamana göre değerlendirilmesinde, dikey sıçrama parametresinde (FR, APK, NMES gruplarında) anlamlı iyileşme görülürken; sürat ve çeviklikte istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda sürat değerlerinde (KG, NMES ve APK grupları) anlamlı farklılık saptanmıştır. Futsal gibi kısa mesafe sprintleri, yön değiştirme ve çevikliğin önem kazandığı branşlarda, maç sonrası bu parametrelerin belirgin şekilde düşüş gösterdiği raporlanmıştır. Costa ve ark. (2022), Futsal Maç Simülasyon Protokolü (FMSP) sonrası dikey sıçrama ile 10 ve 20 m sprint performanslarında düşüşler bildirmiştir. Benzer şekilde, Pupo ve ark. (2016), 21 futsal oyuncusuyla yaptıkları çalışmada, maç simülasyonunun devre arası ve sonrasında 10 m sprint sürelerinin uzadığını belirtmişlerdir. Rahimi ve ark. (2020), ise maç sonrası bir gruba Foam Roller uygulamış, dikey sıçrama ve sürat performanslarında anlamlı bir fark olmasa da, performans düşüşlerinin kontrol grubuna göre daha az olduğunu göstermiştir (%-1,6'ya karşı -%3,0 dikey sıçrama; -%2,1'e karşı -%4,3 sprint). Bu bulgular, yoğun maç dönemlerinde foam roller kullanımının fiziksel performansın korunmasına ve psikolojik iyileşmeye katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Tessitore ve ark. (2008), futsal maçları sonrası dikey sıçrama ve 10 m sprint testlerinde anlamlı düşüşler saptamış, NMES ve su egzersizlerinin kontrol grubuna kıyasla performansın korunmasında etkili olduğunu bildirmiştir. Wilke ve ark. (2019), erkek futsal oyuncularında maç sonrası 3., 24. ve 48. saatlerde dikey sıçrama, sprint ve kuvvet parametrelerini izlemiş, foam roller grubunun 10 m sprint, kuvvet ve yorgunluk parametrelerinde daha hızlı toparlandığını tespit etmiştir. Kompresyon cihazları ve giysilerinin kas ağrısını egzersiz öncesi seviyelere çektiği gösterilse de, performans ölçümlerinde etkinliğe dair kanıt sınırlıdır. Tekrarlanan sprintlerde (Duffield ve Portus, 2007; Duffield ve ark., 2008) ve sürat-çeviklik değerlerinde (Davies ve ark., 2009) kompresyon giysilerinin faydası bildirilmemiştir. Bu durum, benzer toparlanma stratejilerinin sonuçlarının, sporcuların antrenman durumu, yaş, sportif geçmiş ve protokol farklılıklarından (basınç, uygulama süresi, kas grubu) etkilenebileceğini düşündürmektedir.

İzokinetik kuvvet parametreleri açısından zamana ve gruplar arası değişimlerde anlamlı fark bulunmamıştır. Pupo ve ark. (2014), futsal maç simülasyonu sonrası diz fleksör ve ekstansör izokinetik kuvvet değerlerinde azalma tespit etmiş, pro-

tokol öncesi seviyelerin devre arası ve protokol sonrası seviyelerden yüksek olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Costa ve ark. (2022), Small ve ark. (2008) ve Rahnema ve ark. (2003) da maç sonrası diz kas kuvvetinde düşüşler ve kas denge-sizlikleri olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, uzun süreli ve yüksek yoğunluklu futsal maçlarında kas kuvvetinde önemli kayıplar yaşandığını ve bunun sakatlanma riskini artırabileceğini ortaya koymaktadır. Çalışma bulgularımızda NMES grubunda izokinetik kuvvet parametrelerinde artış gözlenirken, diğer gruplarda yüzdesel düşüşler saptanmıştır. NMES'in kas kuvveti, kas kütlesi ve oksidatif kapasitenin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Lake, 1992). Dolayısıyla 20 dakikalık nöromüsküler elektrik stümilasyon uygulamanın akut fayda sağladığı düşünülebilir.

Eklem hareket genişliği (EHG) parametrelerinde sağ diz ekleminde yalnız FR grubunda artış (%4,04) saptanmıştır. Sol diz ekleminde de benzer şekilde FR grubunda %4,77 artış kaydedilmiştir. Literatürde, foam roller ile yapılan miyofasyal gevşeme uygulamalarının kas ağrısını azalttığı, eklem hareket genişliğini artırdığı ve anaerobik performans düşüşlerini sınırladığı bildirilmiştir (MacDonald ve ark., 2013; Pearcey ve ark., 2015; Krause ve ark., 2017; Cheatham ve ark., 2015). Bazı çalışmalarda ise (Skinner ve ark., 2020; Schroeder ve ark., 2018) doku özelliklerinde değişiklik gözlenmemesine rağmen fonksiyonel sonuçlarda iyileşme sağlanabileceği ifade edilmiştir (Fleckenstein ve ark., 2017).

Anaerobik güç ölçümlerinde grup içi analizlerde mutlak ve relatif zirve güç ile ortalama güç değerlerinde anlamlı değişimler bulunmuştur; gruplar arası fark ise gözlenmemiştir. Rahimi ve ark. (2020) ve Jo ve ark. (2018) çalışmalarında, foam roller uygulamalarının sprint ve anaerobik performansta kontrol grubuna göre daha az düşüş sağladığı görülmüştür. Malone ve ark. (2012) ise NMES ve pasif toparlanma yöntemlerinin kısa vadeli anaerobik güç üzerindeki etkilerini karşılaştırmış, NMES'in sınırlı fayda sağladığını belirtmiştir. Futsal branşında anaerobik güç, sprintler ve geri dönüşler açısından kritik öneme sahip olup, çalışma bulguları toparlanma yöntemlerinin kontrol grubuna kıyasla akut katkı sağladığını fakat anlamlı farklılık yaratmadığını göstermektedir. Bu durum, maç sırasında kas glikojeninin tükenmesi ve laktik asit birikimi nedeniyle performansın kısa vadede artırılmamasına bağlanabilir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle araştırmaya yalnızca kadın sporcuların dâhil edilmesi, elde edilen bulguların farklı cinsiyet gruplarına doğrudan genellemesini kısıtlamaktadır. Toparlanma süreci yalnızca akut dönemde incelenmiş olup, uygulanan yöntemlerin uzun vadeli etkileri değerlendirilememiştir. Bunun yanında, toparlanma sürecini önemli ölçüde etkileyebilen beslenme, uyku düzeni ve hidrasyon gibi bireysel faktörler standartlaştırılamamış ya da kontrol altına alınamamıştır. Bu sınırlılıkların, elde edilen sonuçların yorumlanmasında göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışmada, futsal maç simülasyonu protokolü sonrasında uygulanan farklı toparlanma yöntemlerinin (foam roller, nöromüsküler elektrik stimülasyonu ve aralıklı pnömatik kompresyon) bazı sportif performans göstergeleri üzerinde (anaerobik güç, sürat, dikey sıçrama ve eklem hareket genişliği) kısa süreli etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, özellikle takım sporlarında, bireysel performansın düzenli olarak izlenmesinin ve sporcuların gelişiminin takip edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Antrenörlerin antrenman ve müsabaka yükünü yakından takip ederek sakatlık riskini azaltmaları ve performansı optimize etmeleri önerilmektedir. Yoğun maç dönemlerinde sporcuların toparlanmasını destekleyecek yöntemler programa dâhil edilmeli, bireysel performans takibi ile olası düşüşler erken tespit edilerek uygun toparlanma stratejileri uygulanmalıdır. Yoğun müsabaka dönemlerinde alt ekstremitelerde oluşabilecek ödemi azaltmak ve venöz dolaşımı hızlandırmak amacıyla aralıklı pnömatik kompresyon veya foam roller gibi yöntemlerden yararlanılabilir. Bunun yanı sıra, kas hasarının onarılması ve dolaşımın desteklenmesi için nöromüsküler elektriksel stimülasyon uygulamaları da etkili bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Farklı toparlanma yöntemlerinin, sporcunun ihtiyaçlarına ve dönemsel antrenman yoğunluğuna uygun şekilde çeşitlendirilerek uygulanması önerilmektedir.

Bu çalışmada yasal kısıtlamalar nedeniyle toparlanmayı yansıtan biyokimyasal parametrelerin ölçülememiş olması önemli bir sınırlılık olarak değerlendirilebilir. Gelecek çalışmalarda biyokimyasal belirteçlerin ölçülmesi, farklı toparlanma yöntemlerinin performans üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı değerlendirmeye olanak sağlayacaktır. Aktif ve pasif yöntemlerin karşılaştırılması, farklı performans parametrelerinin (ör. tekrarlı sprint, aerobik kapasite) incelenmesi ve toparlanmayı etkileyen kan parametrelerinin zamana bağlı takibi (24, 48, 72 saat) çalışmalara değerli katkılar sunacaktır. Bu bağlamda, gelecekte yapılacak çalışmaların hem yöntem çeşitliliğini artırması hem de biyokimyasal ve performans parametrelerini birlikte ele alması önerilmektedir.

### Teşekkür ve bilgi beyanı

Bu çalışma yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin yazarları arasında, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): GA (%100)

Veri Toplanması (Data Acquisition): GA (%50), YY (%50)

Veri Analizi (Data Analysis): GA (%50), YY (%50)

Makalenin Yazımı (Writing Up): GA (%50), YY (%50)

Makale Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): GA (%50), YY (%50)

## KAYNAKLAR

- Akinci, B., Zenginler Yazgan, Y., & Altınoluk T. (2020). The effectiveness of three different recovery methods on blood lactate, acute muscle performance, and delayed-onset muscle soreness: a randomized comparative study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(3), 345-354.
- Alemardoğlu, U., & Koz, T. (2011). Egzersiz sonrası toparlanma; toparlanma çeşitleri ve yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 38-46.
- Alvurdu, S., Akarçeşme, C., Altundağ, E., & Montalvo, S., (2024). Concurrent validity and reliability of iVMES portable force plate for measuring vertical jump height. *Journal of Physical Education and Sport*, 24(4), 1024-1031.
- Barbero-Alvarez, J., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Vera, J. G. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63-73.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes does it help? *Sports Medicine*, 36(9), 781-796.
- Bar-Or O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381-394. <https://doi.org/10.2165/00007256-198704060-00001>
- Beardsley, C., & Skarabot, J. (2015). Effects of self-myofascial release: a systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(4), 747-758.
- Bennett, J. G., & Stauber, W. T. (1986). Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(5), 526-530.
- Berdejo-del-Fresno, D. (2012). Fitness seasonal changes in a first division english futsal team. *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 4(2), 49-54.
- Burke, L.M., Loucks, A.B., & Broad, N. (2006). Energy and carbohydrate for training and recovery. *Journal of Sports Science*, 24(7), 675-685.
- Caetano, F. G., De Oliveira, M. J., Marche, A. L., Nakamura, F. Y., Cunha, S. A., & Moura, F.A. (2015). Characterization of the sprint and repeated-sprint sequences performed by professional futsal players, according to playing position, during official matches. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(6), 423-429.
- Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). The effects of selfmyofascial 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), 827-838.
- Colantonio, E., Assis-Neves, T. D., Winckler, C., & Fernandes-Guerra, R. L. (2020). Sport training effect in female college futsal players on aerobic and anaerobic performance. *Journal of Exercise Physiology Online*, 23(5), 46-57.
- Costa, F.E., Kons, R. L., Nakamura, F. Y., & Pupo, J. D. (2022). Acute and prolonged effects of the simulated physical demands of a futsal match on lower limb muscle power and strength, sprint performance and muscle soreness. *Isokinetics and Exercise Science*, 30(3), 211-219.
- Davies, V., Thompson, K. G., & Cooper, S. M. (2009). The effects of compression garments on recovery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1786-94.
- Duffield, R., & Portus, M. (2007). Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(7), 409-414.
- Duffield, R., Edge, J., Merrells, R., Hawke, E., Barnes, M., Simcock, D., & Gill, N. (2008). The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(4), 454-468.
- Fleckenstein, J., Wilke, J., Vogt, L., & Banzer, W. (2017). Preventive and regenerative foam rolling are equally effective in reducing fatigue-related impairments of muscle function following exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 16(4), 474-479.
- Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Franchini, E., Yuri Takito, M., Yuzo Nakamura, F., Ayumi Matsushigue, K., & Peduti, M.A. (2003). Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J Sports Med Phys Fitness*, 43, 424-31.
- Freitas, V.H., Ramos, S.P., Leicht, T., Alves, F., & Rabelo, M.G., (2017). Validation of the futsal-specific intermittent shuttle protocol for the simulation of the physical demands of futsal match-play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17, 934-947.
- Gorostiaga, E. M., Llodio, I., Ibanez, J., Granados, C., Navarro, I., Ruesta, M., Bonnabau, H., & Izquierdo, M. (2009). Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 483-491.

- Gregor, R.J., Edgerton, V.R., Perrine, J.J., Campion, D.S., & Debus, C. (1979). Torque-velocity relationship and muscle fiber composition in elite female athletes. *Journal of Applied Physiology*, 47(2), 388-392.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2001). *Tıbbi Fizyoloji*, Nobel Kitabevi.
- Hanson, E., Stetter, K., Li, R., & Thomas, A. (2013). An intermittent pneumatic compression device reduces blood lactate concentrations more effectively than passive recovery after wingate testing. *Journal of Athletic Enhancement*, 2(3), 1-4.
- Hazır, T., Mahir, Ö. F., & Açıkkada, C. (2010). Genç futbolcularda çeviklik ile vücut kompozisyonu ve anaerobik güç arasındaki ilişki. *Spor Bilimleri Dergisi*, 21(4), 146-153.
- Junker, D. H., & Stöggli, T. L. (2015) The Foam Roll as a Tool to Improve Hamstring Flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3480-3485.
- Kalichman, L., & David, C. B. (2017). Effects of self-myofascial release on myofascial pain, muscle flexibility, and strength: a narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(2), 446-451.
- Karasar, N. (2012). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Bilim Kitap Kırtasiye Yayınevi.
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*, 20, 95-102.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., ... et al. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240-245.
- Kemmler, W., Stengel, S., Köckritz, C., Mayhew, J., Wassermann, A., & Zapf, J. (2009). Effect of compression stockings on running performance in men runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 101-105.
- Krause, F., Wilke, J., Niederer, D., Vogt, L., & Banzer, W. (2017). Acute effects of foam rolling on passive tissue stiffness and fascial sliding: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 18, 114.
- Lake, D. A. (1992). Neuromuscular electrical stimulation an overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports Medicine*, 13(5), 320-336.
- MacDonald, G. Z., Penney, M. D., Mullaley, M. E., Cuconato, A. L., Drake, C. D., Behm, D. G., & Button, D. C. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 812-821.
- Malone, J. K., Coughlan, G. F., Crowe, L., Gissane, G. C., & Caulfield, B. (2012). The physiological effects of low-intensity neuromuscular electrical stimulation (NMES) on short-term recovery from supra-maximal exercise bouts in male triathletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112(7), 2421-32.
- Maly, T., Mala, L., Zahalka, F., Hank, M., & Simkova, M. (2017). Muscular strength of knee extensors and flexors and bilateral and ipsilateral ratio in elite male kickboxers. *Arch Budo*, 13, 107-116.
- Marcello, R. T., Fortini, L., & Greer, B. K. (2019). Intermittent pneumatic compression boot use elevates blood lactate during subsequent exercise. *International Journal of Exercise Science*, 12(2), 385-392.
- Meidert, A. S., & Saugel, B. (2017). Techniques for non-invasive monitoring of arterial blood pressure. *Front Med (Lausanne)*, 4, 231-37.
- Özkan, A., Köklü, Y., & Ersöz, G. (2010). Wingate anaerobic power test. *Journal of Human Sciences*, 7(1), 207-224.
- Paz, G. A., Maia, M. F., Santan, H., Silva, J. B., & Lima, V. P. (2017). Electromyographic analysis of muscles activation during sit-and-reach test adopting self-myofascial release with foam rolling versus traditional warm up. *Journal of Athletic Enhancement*, 6(1), 1-4.
- Pearcey, G. E. P., Bradbury-Squires, D. J., Kawamoto, J. E., Drinkwater, E. J., Behm, D. G., & Button, D. C. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of Athletic Training*, 50(1), 5-13.
- Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (2017). Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar H7 chest strap, and electrocardiography. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1324-1328.
- Pupo, J. D., Detanico, D., & Santos, S.G. (2014). The fatigue effect of a simulated futsal match protocol on isokinetic knee torque production. *Sports Biomechanics*, 13(4), 332-340.
- Pupo, J. D., Detanico, D., Ache-Dias, J., & Santos, S.G. (2016). The fatigue effect of a simulated futsal match protocol on sprint performance and kinematics of the lower limbs. *Journal of Sports Sciences*, 35(1), 81-88.
- Rahimi, A., Amani-Shalamzari, S., & Clemente, F.M. (2020). The effects of foam roll on perceptual and performance recovery during a futsal tournament. *Physiology & Behavior*, 223, 1-9.
- Rahnama, N., Reilly, T., & Lees, A. (2003). Muscle fatigue induced by exercise stimulating the work rate of competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 21(11), 933-942.
- Schroeder, A. N., & Best, T. M. (2015). Is self myofascial release an effective pre-exercise and recovery strategy? A literature review. *Current Sports Medicine Reports*, 14(3), 200-208.

- Schroeder, J., Lueders, L., Schmidt, M., Braumann, K. M., & Hollander, K. (2018). Foam rolling effects on soft tissue tone, elasticity and stiffness in the time course of recovery after weight training. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 35(2), 171-177.
- Skinner, B., Moss, R., & Hammond, L. (2020). A systematic review and meta-analysis of the effects of foam rolling on range of motion, recovery and markers of athletic performance. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 24(3), 105-122.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell R. (2008). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 120-125.
- Smith, J. C., Pridgeon, B., & Hall, M. C. (2018). Acute effect of foam rolling and dynamic stretching on flexibility and jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2209-2215.
- Spencer, M., Fitzsimons, M., & Dawson, B. (2006). Reliability of a repeated sprint test for field-hockey. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 181-184.
- 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.
- Tessitore, A., Meeusen, R., Pagano, R., Benvenuti, C., Tiberi, M., & Capranica, L. (2008). Effectiveness of active versus passive recovery strategies after futsal games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1402-1412.
- Wilke, C. F., Fernandes, F. A. P., Martins, F. V. C., Lacerda, A. M., Nakamura, F. Y., Wanner, S. P., & Duffield, R. (2019). Faster and slower posttraining recovery in futsal: multifactorial classification of recovery profiles. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(8), 1089-1095.