

Genç Kadın Hentbolcularda Geleneksel ve Cluster Set Pliometrik Antrenman Yöntemlerinin Anaerobik Performans Üzerindeki Etkisi: PAPE ve Performans Parametreleri

The Effect of Traditional and Cluster Set Plyometric Training Methods on Anaerobic Performance in Young Female Handball Players: PAPE and Performance Parameters

^{1*}Murat KOÇ, ²Barışcan ÖZTÜRK

¹Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Kayseri, Türkiye
Orcid: 0000-0001-9103-8554

²Çukurova Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Adana, Türkiye
Orcid: 0000-0001-7001-3032

* Corresponding author / Sorumlu Yazar: Murat KOÇ, E-posta: muratkoc@erciyes.edu.tr

Araştırma Makalesi / Research Article

Gönderi Tarihi / Received : 15.04.2025

Kabul Tarihi / Accepted : 07.06.2025

Online Yayın Tarihi / Published : 30.06.2025

<https://doi.org/10.71243/dksbd.1676430>

Özet

Bu çalışma, genç kadın hentbolcularda geleneksel ve küme (cluster) set yöntemleriyle uygulanan pliometrik tuck jump egzersizlerinin, aktivasyon sonrası performans artışı (PAPE) yoluyla anaerobik performans üzerindeki etkilerini karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmaya 16–18 yaş aralığında, en az üç yıllık spor geçmişine sahip 28 lisanslı kadın hentbolcu katılmıştır. Katılımcılar çapraz tasarım modeliyle iki gruba ayrılmış ve cluster (küme) ile geleneksel set biçiminde tuck jump egzersizleri uygulanmıştır. CMJ, COD ve 30 metre sprint testleri sırasıyla 4., 6. ve 8. dakikalarda ölçülmüştür. İstatistiksel analizler GraphPad Prism programı ile iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA ile yapılmıştır. Cluster set yöntemi, geleneksel sete kıyasla CMJ, COD ve sprint testlerinde istatistiksel olarak anlamlı performans artışı sağlamıştır ($p < 0.05$). Yöntem sırası veya etkileşim etkisi ise anlamlı bulunmamıştır. Yarışma öncesi ısınma protokollerinde tuck jump gibi düşük ekipman gerektiren egzersizlerin cluster set yöntemiyle uygulanması, akut performans artışı açısından etkili bir strateji olabilir.

Anahtar Kelimeler: pape, pliometrik antrenman, cluster set, geleneksel set, hentbol

Abstract

This study compares the effects of plyometric tuck jump exercises performed using traditional and cluster set methods on anaerobic performance through post-activation performance enhancement (PAPE) in young female handball players. 28 licensed female handball players aged 16–18 with at least three years of training experience participated in the study. Participants were divided into two groups using a crossover design, and tuck jump exercises were performed in both cluster and traditional set formats. CMJ, COD, and 30-meter sprint tests were conducted at the 4th, 6th, and 8th minutes. Statistical analyses were performed using two-way repeated measures ANOVA via GraphPad Prism software. The cluster set method resulted in statistically significant improvements in CMJ, COD, and sprint performance compared to the traditional set method ($p < 0.05$). No significant effects were found for the order of methods or interaction effects. Incorporating tuck jump exercises with a cluster set approach into pre-competition warm-up routines may be an effective strategy for acute performance enhancement, mainly due to its minimal equipment requirements.

Keywords: pape, plyometric training, cluster set, traditional set, handball



Giriş

Hentbol hem anaerobik hem de aerobik enerji sistemlerini birleştiren yüksek yoğunluklu ve kısa süreli fiziksel çabalar gerektiren bir takım sporudur (Bragazzi, Rouissi, Hermassi ve Chamari, 2020). Hentbol maçlarında hızlı yön değiştirme (COD) eylemleri başta olmak üzere sprint, sıçrama gibi aktivitelerin frekansı yüksektir (Karcher ve Buchheit, 2014; Wagner, Finkenzeller, Wurth, ve von Duvillard, 2014). Hentbolcuların sıçrama, iniş ve şut teknikleri için kritik öneme sahip fiziksel ihtiyaçlarını etkili bir şekilde karşılayabilmeleri alt ve üst ekstremitelerdeki kuvvetlerini geliştirmeleri gerekir (Demirman, Bilge, Tuncer ve Eler, 2024). Bu ihtiyaçları karşılamak amacıyla farklı antrenman türleri kullanılmaktadır; bunlar arasında geleneksel direnç, pliometrik, eksantrik, kompleks, elastik bant, izometrik, izokinetik ve fonksiyonel antrenmanlar yer almaktadır (Hermassi, Chelly, Bragazzi, Shephard ve Schwesig, 2019; Loturco ve diğerleri, 2017; Orduña-Borraz, Mainer-Pardos, Marco-Contreras ve Lozano, 2023). Ayrıca bu antrenmanlardan biri olan pliometrik antrenman, patlayıcı kuvvette anında kazanımlar sağlaması nedeniyle de yoğun müsabakalardan önce ısınma için tercih edilmektedir (Loturco ve diğerleri, 2017). Pliometrik egzersizler performans artışı sonrası etkisini (PAPE) artırarak kasları daha duyarlı hale getirebilir ve ardından yapılan patlayıcı aktivitelerde performans artışı sağlayabilir (Durovic, Stojanovic, Stojiljkovic, Karaula ve Okicic, 2022; Li, Mo, Liu ve Mei, 2024). PAPE, aktivasyon sonrası potansiyasyondan (PAP) farklı olarak etkisini birkaç dakika sonra gösteren ve daha uzun süreli performans artışları sağlayan bir fizyolojik süreçtir (Gautam, Singh ve Varghese, 2024). PAPE'nin altında yatan mekanizmaların yüksek kas sıcaklığı, miyozin düzenleyici hafif zincirlerinin fosforilasyonu ve hücre içi sıvı birikimini içerdiği düşünülmektedir (Blazevich ve Babault, 2019). Bu bağlamda, ısınma rutinine entegre edilen kısa süreli ve yüksek yoğunluklu pliometrik aktiviteler hem PAP hem de PAPE mekanizmaları yoluyla sprint, sıçrama ve yön değiştirme gibi becerilerde akut performans artışı sağlayabilir.

Literatürde, PAPE etkisinin dikey sıçrama, bench press throw ve sprint gibi çeşitli atletik performans göstergelerinde anlamlı iyileşmelere yol açtığı rapor edilmiştir. Bu etkiyi ortaya çıkarmak paralel back squat, power clean, barbell hip thrust, pliometrik egzersizler, eksantrik yüklenme setleri, sled pull ve bench press gibi uygulamalar farklı spor dallarında yaygın şekilde uygulanmaktadır (Healy ve Comyns, 2017; Krzysztofik, Wilk, Stastny ve Golas, 2020; Wong ve diğerleri, 2017). Sprint, çeviklik ya da dikey sıçrama gibi alt ekstremiteler odaklı performansların öncesinde düşük riskli ve pratik olduğundan dolayı tekrarlı tuck jump egzersizlerinde ısınma içinde PAPE etkisi yaratmak amacıyla kullanılabilir. Pliometrik antrenman olarak kullanılabilen tekrarlı tuck jump'lar, patlayıcı performansı artıran nöromusküler ve fizyolojik mekanizmalar aracılığıyla etkin bir PAP'ı tetiklemesinden dolayı (Dallas, Mavridis, Kosmadaki, Tsoumani ve Dallas, 2019; Ruiz-Navarro ve diğerleri, 2023) PAPE'yide tetikleyebilir. Tuck jump gibi egzersizler tek bir setle anlamlı etki yaratmasada, birden fazla set uygulanması ile birlikte nöromusküler hazırlığı artırarak ve diğerleri, 2021; Ruiz-Navarro ve diğerleri, 2023) sonraki hareketlerde daha fazla kuvvet üretimini olumlu etkileyebilir (Barreto ve diğerleri, 2023; Margaritopoulos ve diğerleri, 2015). PAPE'nin performansı üzerindeki pozitif etkileri göz önüne alındığında, bu etkinin en verimli şekilde ortaya çıkmasını sağlayacak antrenman yöntemlerinin belirlenmesi dahada önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, geleneksel ve küme (cluster) set yöntemleri, PAPE etkisi açısından performans parametrelerinde farklı sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Literatürde, geleneksel ve cluster set yapılandırmalarını inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların birçoğu, direnç antrenmanını takiben PAP'ın etkisi incelemiştir (de Oliveira ve diğerleri, 2018; Iacono, Beatove Halperin, 2019; Iglesias-Soler ve diğerleri, 2016; Tufano ve diğerleri, 2020). Cluster set ve geleneksel set olarak uygulanan pliometrik antrenmanın PAPE etkisini inceleyen çalışmalar kısıtlıdır. Bu çalışma, genç kadın hentbol oyuncularında akut olarak uyarlanmış geleneksel ve cluster set yöntemiyle programlanmış tuck jump egzersizlerinin anaerobik performanslarda PAPE etkisini karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Çünkü geleneksel set yöntemi sürekli tekrarlarla kas

yorgunluğuna neden olurken, cluster set yöntemi kısa dinlenme aralıkları ile nöromusküler yorgunluğu minimize ederek daha yüksek performans çıktısı sağlayabilir (Öztürk ve diğerleri, 2025). Bu araştırma, PAPE etkisinin kadın hentbolcular üzerindeki sonuçlarını ortaya koyarak hem alandaki literatür eksikliğini gidermeyi hem de antrenman bilimine yeni perspektifler kazandırmayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Katılımcı Sayısının Belirlenmesi

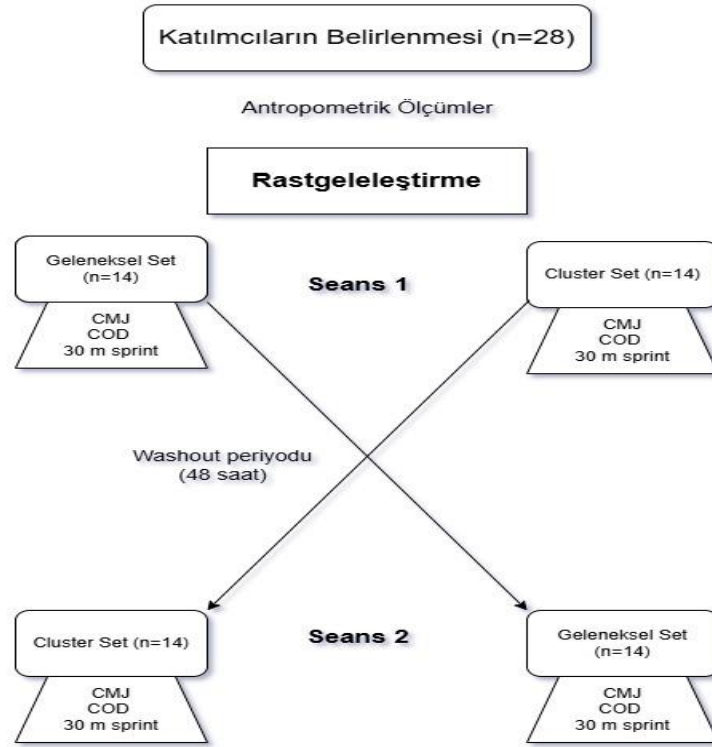
Çalışmanın örneklem büyüklüğü G*Power programı (sürüm 3.1.9.2) kullanılarak hesaplandı (effect size $f^2 = 0,25$; $\alpha = 0,05$; power = 0,80 (1- β)) (Beck, 2013; Kang, 2021). Tam analiz grubuna dayanarak, tekrarlayan ölçümlerde iki yönlü analizi için gereken katılımcı sayısı $n = 34$ olarak belirlendi. Planlanan örneklem büyüklüğü 34 kişi olmasına rağmen, gönüllülük esasına dayalı katılım koşulları ve saha uygulama kısıtları nedeniyle çalışma 28 katılımcı ile tamamlanmıştır.

Dahil etme kriterleri: En az 3 yıllık oyun deneyimi olan 16 ila 18 yaşlarındaki lisanlı kadın hentbolcular.

Dışlama kriterleri: Son bir yıl içinde tıbbi tedavi veya rehabilitasyon gerektiren yaralanma geçmişi olanlar ile fiziksel performansı etkileyen kronik rahatsızlıkları olanlar veya test edilen kas gruplarında (hamstringler, kuadrisepsler) yaralanma geçmişi olanlar çalışmadan hariç tutuldu. Ek olarak regl döneminin anaerobik performansı etkileyebileceği düşünüldüğünden regl dönemindeki (1-5 gün arası) sporcular çalışmaya dahil edilmemiştir (Cook, Kilduffve Crewther, 2018; Tasmektepligil, Agaoglu, Türkmenve Türkmen, 2010). Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Tarih: 05.04.2024; Karar No: 143-79). Çalışma, Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüş ve tüm katılımcılardan yazılı bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır.

Araştırma Tasarımı

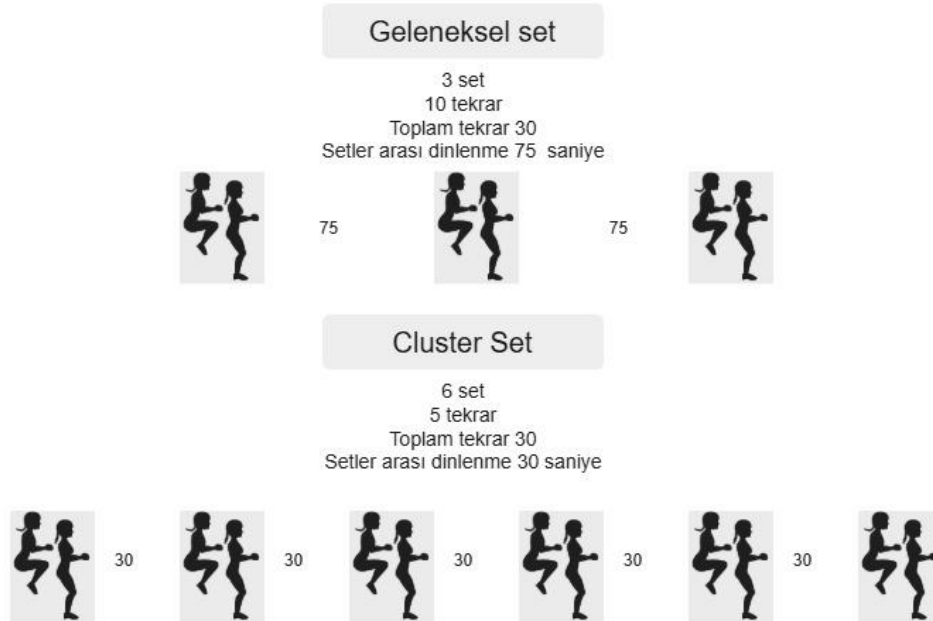
Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden biri olan deneysel model kullanılmıştır. Araştırmada çapraz tasarım (crossover design) ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma 48 saat arayla uygulanan 2 seanstan oluşmaktadır. Araştırmaya katılan sporcular rastgele Cluster-Geleneksel (CG, $n=14$) ve Geleneksel-Cluster (GC, $n=14$) olarak iki gruba ayrılmıştır. İlk seansta, CG grubuna cluster set ile tasarlanmış tuck jump egzersizi uygulanmıştır. GC grubuna ise geleneksel set ile tasarlanmış tuck jump egzersizi uygulanmıştır. Tuck jump egzersizlerinin PAPE etkisinin en iyi ortaya çıktığı zaman dilimi 4-8 dakika arasında olduğundan (Beato, Madruga-Parera, Piqueras-Sanchiz, Moreno-Perez ve Romero-Rodriguez, 2021; Gołaś, Maszczyk, Zajac, Mikołajec ve Śtaśny, 2016; Timón ve diğerleri, 2019) tuck jump egzersizleri tamamladıktan 4 dakika sonra karşı dikey sıçrama (CMJ), 6 dakika sonra hızlı yön değiştirme (COD) ve 8 dakika sonrasında 30 metre sprint testi alınmıştır. 48 saat sonra GC ile CG çaprazlama yapılmıştır ve aynı testler aynı dakikalarda alınmıştır (Şekil 1). Ek olarak çalışma sırasında katılımcıların mevcut bir yaralanması bulunmamaktadır.



Şekil 1 Araştırma Dizaynı

Isınma ve PAPE Protokolü

Sporculara 15 dakikalık genel ısınma protokolü uygulandı. Sporcular, antrenörler ve araştırmacıların gözetiminde 5 dakika koşu ve 10 dakika esneme ile genel ısınma uyguladılar. CG grubunun başlangıçta olan cluster set yöntemi, GC grubunun ise geleneksel set yöntemi uyguladığı çapraz geçiş tasarımı uygulandı. 48 saatlik bir arınma (washout) süresinden sonra CG grubu geleneksel yöntem, GC grubu ise cluster yönteme geçti. Sporcular, 4 dakikalık pasif dinlenmenin ardından dahil oldukları grupların PAPE protokollerini uyguladılar (Şekil 2).



Şekil 2 PAPE Protokolü



Veri Toplama Araçları

Vücut Ağırlığı ve Boy ölçümü

Sporcuların boyları (0,5 cm hassasiyetle) ve vücut ağırlıkları (100 g hassasiyetle) Seca stadiometresi kullanılarak ölçüldü. Katılımcıların demografik özellikleri (yaş ve spor yaşı) araştırmacılar tarafından hazırlanan anket formu ile belirlendi.

Karşı Hareket Sıçraması (CMJ)

Sporcular için CMJ testleri Witty Microgate atlama matı kullanılmıştır. Sporcular ellerini serbest tutarak atlama matının orta noktasındaki en yüksek noktaya sıçradılar ve yükseklik kaydedilmiştir (Glatthorn ve diğerleri, 2011). Bu hesaplama yöntemi, uçuş süresinin doğruluğunu etkileyebilecek olası atlama tekniği veya iniş mekanizmalarındaki farklılıkları tam olarak hesaba katmayabilir (McMahon, Jones ve Comfort, 2016).

30m Sprint Testi

30 m sprint testi, 30 m'lik bir pist (hentbol sahası) boyunca Witty Microgate fotosel sistemi kullanılarak gerçekleştirildi (Multhaupt ve diğerleri, 2024). Fotoseller başlangıç çizgisinden 30 m uzağa yerleştirildi. Her sporcu, dijital zamanlayıcıyı tetiklemek için fotosel kapısının 50 cm gerisinden başladı (Turkeri ve diğerleri, 2024).

Yön Değiştirme Testi (COD-Zigzag Testi)

COD testi Witty Microgate fotosel sistemi kullanılarak gerçekleştirildi. Bu test, 5 metre arayla, her biri arasında 100 derecelik bir açı olacak şekilde toplam 20 metrelik bir mesafede (hentbol sahası) zikzak deseninde düzenlenmiş üç slalomdan oluşmaktadır. Sporcular testi başlangıç çizgisinin 1 metre gerisinden başladılar ve slalomlarda maksimum hızda ilerlediler (Mackenzie, 2005).

İstatistiksel Analiz

Bu araştırmada istatistiksel analizi GraphPad Prism (Version 8) ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların demografik özelliklerini analiz etmek için tanımlayıcı istatistikler uygulandı ve sonuçlar aritmetik ortalama $\pm$ standart sapma ($\bar{x} \pm \text{Std.}$) olarak gösterildi. Shapiro-Wilk testi, verilerin normalliğini değerlendirmek için kullanıldı ve tüm değişkenlerin normal dağılıma uyduğunu doğruladı.

İstatistiksel analiz, eğitim yönteminin (CG ve GC), sıranın (müdahalelerin sırası) ve eğitim yöntemi ile sıra arasındaki etkileşim etkisinin ana etkilerini değerlendirmek için iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA kullanılarak gerçekleştirildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlendi.

BULGULAR

Tablo 1

Katılımcıların Demografik Özellikleri

Değişken	CG (n=14) $\bar{x} \pm \text{Std.}$	GC (n=14) $\bar{x} \pm \text{Std.}$	Toplam (n=28) $\bar{x} \pm \text{Std.}$
Yaş (yıl)	16.08 $\pm$ 0.90	16.33 $\pm$ 0.65	16.05 $\pm$ 0.82
Boy (m)	1.64 $\pm$ 0.03	1.69 $\pm$ 0.03	1.67 $\pm$ 0.05
Vücut Ağırlığı (kg)	51.25 $\pm$ 6.00	64.58 $\pm$ 3.05	56.84 $\pm$ 9.01
Vücut Kitle İndeksi (kg/m ²)	19.09 $\pm$ 2.67	22.46 $\pm$ 3.11	20.34 $\pm$ 3.13
Spor Yaşı (yıl)	4.08 $\pm$ 2.84	3.66 $\pm$ 0.65	3.91 $\pm$ 2.47

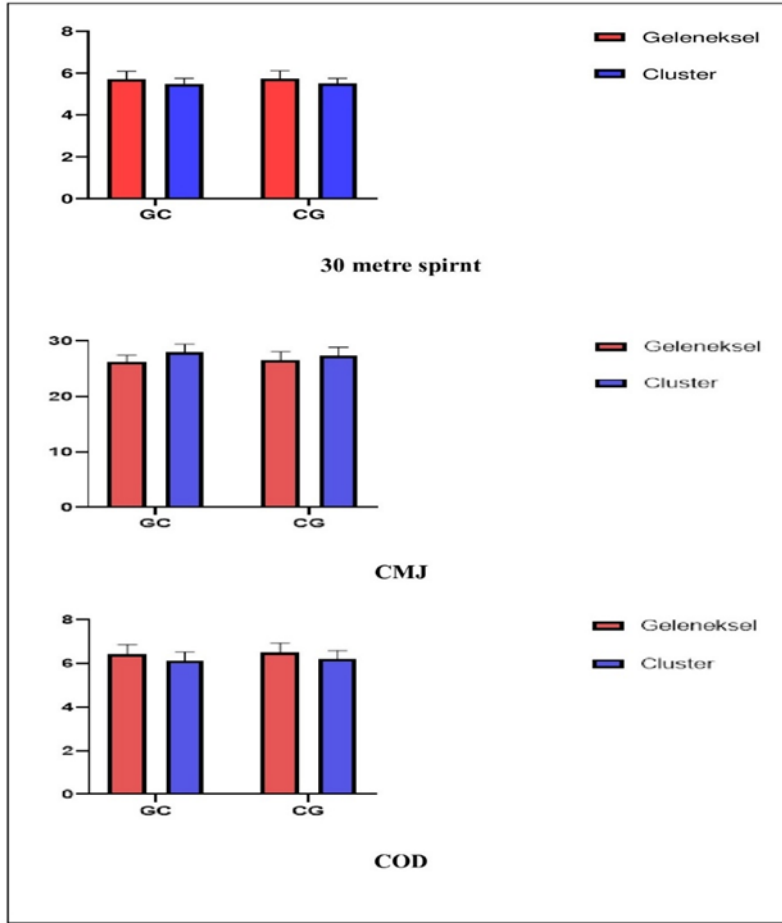
**Tablo 2***Geleneksel ve Cluster **Set** Yöntemlerinin 30 Metre Sprint, CMJ ve COD Performansına Etkisi*

Değişken		Geleneksel Yöntem	Cluster Yöntem	Yöntem		Sıra		Yöntem*Sıra	
		□±Std. [%95IC]	□±Std. [%95IC]	F	p	f	p	f	p
30-m sprint (sn)	GC	5,72±0,37 [5,94–5,50]	5,48±0,27 [5,63–5,32]	7,41	,011*	0,09	0,76	0,10	0,94
	CG	5,74±0,38 [5,96–5,52]	5,51±0,24 [5,655,37]						
CMJ (cm)	GC	26,23±1,27 [26,96–25,50]	27,96±1,48 [28,82–27,11]	21,60	<,001**	0,05	0,82	3,89	0,59
	CG	26,64±1,47 [27,49–25,79]	27,34±1,54 [28,23–26,45]						
COD (sn)	GC	6,44±0,43 [6,69–6,19]	6,14±0,39 [6,36–5,91]	14,61	<,001**	0,26	0,62	,05	0,82
	CG	6,49±0,45 [6,75–6,23]	6,23±0,37 [6,44–6,01]						

CMJ: Karşı Dikey Sıçrama, **COD:** Hızlı Yön Değiştirme, **%95CI:** %95 Güven Aralığı

** p<,001 * p<,0.05

Farklı set yönteminin (Geleneksel ve Cluster) 30 metrelik sprint performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p = 0,011$). Ancak, ne sıra etkisi ($p = 0,765$) ne de etkileşim etkisi ($p = 0,941$) istatistiksel olarak anlamlı değildir, bu da eğitim yöntemlerinin sırasının sonuçları etkilemediğini ve her yöntemin etkinliğinin diziden bağımsız olarak tutarlı kaldığını göstermektedir. CMJ testi için, farklı set yönteminin istatistiksel olarak önemli bir etkisi vardı ($p < 0,001$). Cluster yöntem geleneksel yönteme kıyasla daha yüksek bir sıçrama ile sonuçlanmıştır. Sıra etkisi ($p = 0,824$) istatistiksel olarak anlamsız olması yöntemlerin uygulandığı sıranın sonuçları etkilemediğini göstermektedir. Etkileşim etkisi ($p = 0,059$) istatistiksel olarak önemliliğe yakın olmasına rağmen anlamlı değildir. Bu da farklı yöntemlerinin etkinliğinde sıraya göre olası ancak belirsiz bir değişiklik olduğunu göstermektedir. COD) için cluster yöntem, geleneksel yönteme göre istatistiksel olarak anlamlı performans artışı olduğunu göstermektedir ($p < 0,001$). Ancak, hem sıra etkisi ($p = 0,62$) hem de etkileşim etkisi ($p = 0,82$) istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Bu da yöntemlerin sırasının COD performansı üzerinde bir etkisi olmadığını göstermektedir (Tablo 2; Şekil 3).



Şekil 3: CG ve GC Gruplarının 30 Metre Sprint, CMJ ve COD Performanslarının Karşılaştırılması

TARTIŞMA

Bu çalışmanın bulguları, geleneksel ve cluster set yöntemleriyle yapılandırılmış pliometrik antrenman protokollerinin genç kadın hentbolcularda akut olarak anaerobik performans parametreleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektedir. Araştırmanın temel amacı, tuck jump egzersizi aracılığıyla aktivasyon sonrası performans artışı (post-activation performance enhancement; PAPE) etkisini iki farklı set yapısının bağlamında analiz etmektir.

Sonuçlar, cluster set yönteminin 30 metrelik sprint, CMJ ve COD testlerinde geleneksel sete kıyasla daha olumlu performans çıktıları sağladığını göstermiştir. Özellikle CMJ ve COD testlerinde elde edilen performans artışlarının istatistiksel olarak anlamlı olması, cluster yapılandırmanın nöromusküler yorgunluğu daha etkin bir biçimde yönettiğini ve patlayıcı performansı daha iyi optimize ettiğini desteklemektedir. Bu bulgular, daha önce pliometrik antrenmanların PAP ve PAPE mekanizmaları yoluyla patlayıcı kuvveti geliştirdiğini rapor eden literatürle (Blazevich & Babault, 2019; Loturco ve diğerleri, 2017; Ruiz-Navarro ve diğerleri, 2023) örtüşmektedir.

Yarışma öncesi ısınma, nöromusküler performansı akut olarak artırmak için antrenörler ve uygulayıcılar tarafından sürekli olarak benimsenmiştir. Ayrıca, ısınma, sıcaklıkla ilgili (kaslarda ve eklemlerde direncin azalması, sinir iletim hızının ve termoregülasyon gerginliğinin artması, hemoglobin ve miyoglobinden oksijenin hızlı ayrışması ve metabolik reaksiyonların katalize edilmesi) ve sıcaklıkla ilgili olmayan (kan akışının artması, bazal oksijen tüketiminin artması ve psikolojik etkiler) mekanizmalar yoluyla performans iyileştirmeleriyle ilişkilendirilmiştir (Finlay, Bridge, Greigve Page, 2022). PAPE etkisi, özellikle yüksek yoğunluklu ve kısa süreli aktiviteler öncesinde kas içi sıcaklığın

artması, miyozin hafif zincirlerinin fosforilasyonu ve hücre içi sıvı birikimi gibi fizyolojik mekanizmalarla ilişkilidir. Cluster set yöntemiyle uygulanan kısa dinlenme aralıkları, fizyolojik avantajların sürdürülebilirliğini artırabilir. Bu da toplam performans çıktısında artışa yol açabilir (Saez de Villareal, Calleja-Gonzalez, Alcaraz, Feito-Blancove Ramirez-Campillo, 2023; Tufano ve diğerleri, 2020). Benzer biçimde, yapılan önceki çalışmalar, pliometrik antrenmanların akut etkilerinin nöromüsküler sistemin aktivasyonu yoluyla sprint, sıçrama ve çeviklik gibi parametrelerde belirgin iyileşmeler sağladığını göstermiştir (Beato, De Keijzer, ve diğerleri, 2021; Dallas ve diğerleri, 2019). Bu bağlamda, tuck jump gibi egzersizlerin cluster yapılandırmasıyla uygulanması, kas yorgunluğunu minimize ederken motor üniteleri daha etkin bir şekilde artırabilir. Bu durum, özellikle yarışma öncesi ısınma protokollerinde performansı artırıcı stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlar (Healy & Comyns, 2017; Tramontin, Borszczewski Costa, 2022). Ayrıca, antrenman hacmi ve yoğunluğunun da PAPE etkisinin ortaya çıkışında belirleyicidir. Yüksek yoğunluklu ancak kısa süreli pliometrik yüklenmelerin, fazla yorgunluğa neden olmadan performansı olumlu etkilemesi, özellikle yarışma dönemlerinde önemlidir (İnce & Dağlıoğlu, 2018). Bu nedenle, cluster yapılandırmalarının sunduğu mikro-dinlenme pencereleri, yüklenme ve toparlanma arasında daha hassas bir denge kurulmasına olanak tanımaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, tuck jump egzersizi üzerinden akut PAPE etkisinin değerlendirilmesinde cluster set yönteminin geleneksel sete kıyasla anaerobik performans parametrelerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular, cluster yapılandırmanın daha kısa dinlenme aralıklarıyla yorgunluğu sınırlayıp nöromüsküler sistemi daha etkin hazırlayarak, sprint, sıçrama ve yön değiştirme gibi performans belirleyici hareketlerde anlamlı kazanımlar sağladığını ortaya koymaktadır.

Uygulayıcılar için bu çalışma, yarışma öncesi ısınma protokollerinde tuck jump gibi düşük ekipman gereksinimi olan pliometrik egzersizlerin cluster set biçiminde yapılandırılmasının, kadın hentbolcularda performans artışına katkı sağlayabileceğinden antrenman rutinlerine dahil edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, bu bulgular yalnızca akut performans çıktıları için değil, uzun vadeli antrenman planlamalarında da dikkate alınması gereken önemli veriler sunmaktadır.

PAPE etkisinin en verimli biçimde ortaya çıkabilmesi için uygulama zamanlamasının da önemli olduğunu göstermektedir. Özellikle test öncesi 4-8 dakikalık bekleme süresi, bu etkinin optimum düzeye ulaşması için ideal bir zaman aralığı olarak tanımlanmıştır (Gioftsidou ve diğerleri, 2012). Bu zamanlamaya dikkat edilmemesi durumunda, PAPE yerine performansta geçici azalmalar da gözlemlenebilir. Bu bağlamda, antrenörlerin ve spor bilimcilerin bu zaman penceresini dikkate alarak antrenman ve ısınma dizaynlarını yapılandırmaları kritik öneme sahiptir.

Gelecekteki araştırmalar, bu etkilerin farklı yaş grupları, cinsiyetler ve performans düzeyleri üzerindeki uzun dönemli sonuçlarını inceleyerek, antrenman stratejilerinin daha bütüncül biçimde optimize edilmesine katkı sağlayabilir.

Sınırlılıklar

Finansal zorluklar nedeniyle laktat testi yapılamamış ve dolayısıyla çalışmadaki katılımcıların fizyolojik durumu değerlendirilememiştir. Ek cihaz ve testlerle katılımcıların performansları ve toparlanma süreçleri hakkında daha fazla bilgi sağlayabilirdi.

Bir diğer sınırlama ise, örneklemin nispeten küçük olmasıdır; bu durum bulguların genellenebilirliğini sınırlandırabilir. Katılımcı sayısının artırılması konusunda yaşanan zorluklar çalışmanın genel sonuçlarını etkilemiş olabilir.

Yazar Katkısı

Murat Koç, Barışcan Öztürk: Fikir/Kavram, Tasarım, Veri Toplama ve İnceleme, Veri Analizi, Makale Yazımı ve Düzenleme

Yazışma Adresi Corresponding Address:

Dr. Öğr. Üyesi Murat Koç

Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

E-posta: muratkoc@erciyes.edu.tr

Etik Kurul İzni ile İlgili Bilgiler

Kurul Adı: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu

Tarih:05.04.2024

Sayı no:143-79

Kaynaklar

- Barreto, M. V. C., Telles, J., de Castro, M. R., Mendes, T. T., Rodrigues, C. P., ve de Freitas, V. H. (2023). Temporal response of post-activation performance enhancement induced by a plyometric conditioning activity. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1209960. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1209960>
- Beato, M., De Keijzer, K. L., Leskauskas, Z., Allen, W. J., Dello Iacono, A., ve McErlain-Naylor, S. A. (2021). Effect of postactivation potentiation after medium vs. high inertia eccentric overload exercise on standing long jump, countermovement jump, and change of direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(9), 2616-2621. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003214>
- Beato, M., Madruga-Parera, M., Piqueras-Sanchiz, F., Moreno-Perez, V., ve Romero-Rodriguez, D. (2021). Acute effect of eccentric overload exercises on change of direction performance and lower-limb muscle contractile function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3327-3333. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003359>
- Beck, T. W. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2323-2337. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318278eca0>
- Blazevich, A. J., ve Babault, N. (2019). Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: Historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in Physiology*, 10, 1359. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S., ve Chamari, K. (2020). Resistance training and handball players' isokinetic, isometric and maximal strength, muscle power and throwing ball velocity: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082663>
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., ve Crewther, B. T. (2018). Basal and stress-induced salivary testosterone variation across the menstrual cycle and linkage to motivation and muscle power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(4), 1345-1353. <https://doi.org/10.1111/sms.13041>
- Dallas, G., Mavridis, A., Kosmadaki, I., Tsoumani, S., ve Dallas, K. (2019). The post activation potentiation effect of two different conditioning stimuli on drop jump parameters on young female artistic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 11(1), 103-113. <https://doi.org/10.52165/sgj.11.1.103-113>
- de Oliveira, J. J., Silva, A., Baganha, R. J., Barbosa, C. G. R., Silva, J. O., Dias, R. M., Oliveira, L. H. S., Pereira, A. A., Ribeiro, A., ve Pertille, A. (2018). Effect of different post-activation potentiation intensities on vertical jump performance in university volleyball players. *Research Journal of the American Society of Exercise Physiologists*, 21, 90-100.
- Demirman, R., Bilge, M., Tuncer, D. S., ve Eler, N. (2024). Effect of HIIT on motor performance in female handball players. *Balneo and PRM Research Journal*, 15(Vol.15, no.1), 646-646. <https://doi.org/10.12680/balneo.2024.646>
- Durovic, M., Stojanovic, N., Stojiljkovic, N., Karaula, D., ve Okicic, T. (2022). The effects of post-activation performance enhancement and different warm-up protocols on swim start performance. *Scientific Reports*, 12(1), 9038. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13003-9>

- Finlay, M. J., Bridge, C. A., Greig, M., ve Page, R. M. (2022). Upper-body post-activation performance enhancement for athletic performance: A systematic review with meta-analysis and recommendations for future research. *Sports Medicine*, 52(4), 847-871. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01598-4>
- Gautam, A., Singh, P., ve Varghese, V. (2024). Effects of postactivation potentiation enhancement on sprint and change-of-direction performance in athletes: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 39, 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.02.006>
- Gioftsidou, A., Malliou, P., Sofokleous, P., Pafis, G., Beneka, A., ve Godolias, G. (2012). The effects of balance training on balance ability in handball players. *Exercise and Quality of Life*, 4(2), 15-22.
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., ve Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 556-560. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ecb18d>
- Gołaś, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikołajec, K., ve Śtaśny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 52(1), 95-106. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0197>
- Healy, R., ve Comyns, T. M. (2017). The application of postactivation potentiation methods to improve sprint speed. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 1-9. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000276>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Bragazzi, N. L., Shephard, R. J., ve Schwesig, R. (2019). In-season weightlifting training exercise in healthy male handball players: Effects on body composition, muscle volume, maximal strength, and ball-throwing velocity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4520. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224520>
- Iacono, A. D., Beato, M., ve Halperin, I. (2019). The effects of cluster-set and traditional-set postactivation potentiation protocols on vertical jump performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(4), 464-469. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0186>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Río-Rodríguez, D., Carballeira, E., Fariñas, J., ve Fernández-Del-Olmo, M. (2016). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of Sports Sciences*, 34(15), 1473-1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- İnce, T., ve Dağlıoğlu, Ö. (2018). The effect of the plyometric training program on sportive performance parameters in young soccer players. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 20(3), 184-190. <https://doi.org/10.15314/tsed.466268>
- Kang, H. (2021). Sample size determination and power analysis using the G*Power software. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18, 17. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.17>
- Karcher, C., ve Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797-814. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Stastny, P., ve Golas, A. (2020). Post-activation performance enhancement in the bench press throw: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 11, 598628. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.598628>
- Li, L., Mo, L., Liu, Y., ve Mei, T. (2024). The impact of different velocity losses on post-activation performance enhancement (PAPE) effects in sprint athletes: A pilot randomized controlled study. *Sports*, 12(6), 157. <https://doi.org/10.3390/sports1206157>
- Loturco, I., Kobal, R., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., Faust, B., Almeida, L., ve Pereira, L. A. (2017). Mixed training methods: Effects of combining resisted sprints or plyometrics with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, 8, 1034. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01034>
- Margaritopoulos, S., Theodorou, A., Methenitis, S., Zaras, N., Donti, O., ve Tsolakis, C. (2015). The effect of plyometric exercises on repeated strength and power performance in elite karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(2), 310. <https://doi.org/10.7752/jpes.2015.02047>
- McMahon, J. J., Jones, P. A., ve Comfort, P. (2016). A correction equation for jump height measured using the just jump system. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(4), 555-557. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0194>
- Multhauptff, W., Fernandez-Pena, E., Moreno-Villanueva, A., Soler-Lopez, A., Rico-Gonzalez, M., Manuel Clemente, F., Bravo-Cucci, S., ve Pino-Ortega, J. (2024). Concurrent-validity and reliability of photocells in sport: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 92, 53-71. <https://doi.org/10.5114/jhk/174285>
- Orduña-Borraz, E., Mainer-Pardos, E., Marco-Contreras, L. A., ve Lozano, D. (2023). Enhancing performance and promoting sustainability in female handball: The impact of olympic movement training on jumping, throwing, sprinting, and change of direction. <https://doi.org/10.20944/preprints202311.1731.v1>
- Öztürk, B., Adıgüzel, N. S., Koç, M., Karaçam, A., Canlı, U., Engin, H., Orhan, B. E., Bartık, P., Sagat, P., ve Pérez, J. (2025). Cluster set vs. traditional set in plyometric training: Effect on the athletic performance of youth football players. *Applied Sciences*, 15(3), 1282. <https://doi.org/10.3390/app15031282>
- Ruiz-Navarro, J. J., Cuenca-Fernández, F., Papic, C., Gay, A., Morales-Ortiz, E., López-Contreras, G., ve Arellano, R. (2023). Does jumping conducted before the swimming start elicit underwater enhancement? *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(2), 427-436. <https://doi.org/10.1177/1747954122107827>

- Saez de Villareal, E., Calleja-Gonzalez, J., Alcaraz, P. E., Feito-Blanco, J., ve Ramirez-Campillo, R. (2023). Positive effects of plyometric vs. eccentric-overload training on performance in young male handball players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(3), 113. <https://doi.org/10.3390/jfmk803113>
- Tasmektepligil, M. Y., Agaoglu, S. A., Türkmen, L., ve Türkmen, M. (2010). The motor performance and some physical characteristics of the sportswomen and sedentary lifestyle women during menstrual cycle. *Archives of Budo*, 6(4), 195-203.
- Timón, R., Allemanno, S., Camacho-Cardenosa, M., Camacho-Cardenosa, A., Martínez-Guardado, I., ve Olcina, G. (2019). Post-activation potentiation on squat jump following two different protocols: Traditional vs. inertial flywheel. *Journal of Human Kinetics*, 69(1), 271-281. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0017>
- Tramontin, A. F., Borszcz, F. K., ve Costa, V. (2022). Functional threshold power estimated from a 20-minute time-trial test is warm-up-dependent. *International Journal of Sports Medicine*, 43(05), 411-417. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0584>
- Tufano, J. J., Omcirk, D., Malecek, J., Pisz, A., Halaj, M., ve Scott, B. R. (2020). Traditional sets versus rest-redistribution: a laboratory-controlled study of a specific cluster set configuration at fast and slow velocities. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(4), 421-430. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0584>
- Turkeri, C., Oztürk, B., Koç, M., Engin, H., Uluöz, E., Yılmaz, C. Y., Özsu, B. N., Celik, L. T., Şeker, M. E., ve Çiçek, İ. (2024). Relationship between lower extremity strength asymmetry and linear multidimensional running in female tennis players. *PeerJ*, 12, e18148. <https://doi.org/10.7717/peerj.18148>
- Mackenzie, B. (2005). *Performance evaluation tests*. Electric World plc.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Wurth, S., ve von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 13(4), 808-816.
- Wong, M. A., Dobbs, I. J., Watkins, C. M., Barillas, S. R., Lin, A., Archer, D. C., Lockie, R. G., Coburn, J. W., ve Brown, L. E. (2017). Sled towing acutely decreases acceleration sprint time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3046-3051. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002123>