

Spor Bilimciler İçin Doğru Terminoloji: PAP veya PAPE

Alper ÇIKIKCI¹, Recep Fatih KAYHAN²

ÖZET

Amaç: PAP (Aktivasyon Sonrası Potansiyel) ile ilişkili mekanizmaların birden fazla olması, ölçüm tekniklerindeki farklılıklar ve fizyolojik süreçlerin değişken talepleri (örneğin, ısınma sonrası artan potansiyel gibi) literatürde terminolojik bir karmaşaya yol açmakta ve bu karmaşanın temel nedeni, PAP uygulamalarının performans artışı üzerindeki etkisinin nasıl isimlendirilmesi gerektiği konusundaki belirsizliktir. Son yıllarda, PAP yerine Aktivasyon Sonrası Performans Artışı (PAPE) kavramının kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Çalışmamızın amacı, spor bilimleri literatüründe PAP ve PAPE kavramlarının ne amaçla kullanıldığını, bu iki kavram arasındaki uygulama ve ölçüm farklılıklarını detaylı bir şekilde incelemek ve kullanım amacına göre doğru terminolojiyi tespit etmektir.

Yöntem: Çalışma, PAP ve PAPE terminolojilerinin bilimsel literatürde nasıl tanımlandığını, kullanıldığını ve ayrıştırıldığını belirlemek amacıyla yürütülmüş ve döküman analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin elde edilme sürecinde "Post-Activation Potentiation", "Post-Activation Performance Enhancement", "PAP vs. PAPE", "PAP", "PAPE" gibi anahtar kelimeler kullanılmıştır. Google Scholar, PubMed ve Sciencedirect veri tabanları aracılığıyla tarama yöntemi ile elde edilmiştir.

Bulgular: Klasik anlamda kullanılan PAP aslında sadece elektriksel olarak tetiklenen kasılmalar esnasındaki kas kuvveti/tork üretimindeki artışları ifade etmek için kullanılmaktadır. Buna karşın, PAPE ön koşullandırma içeren ve genellikle yüksek şiddetli kasılmalar/aktiviteler sonrasında maksimal kuvvet ve güç ölçümlerindeki artışları tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu bağlamda hem PAP hem de PAPE'nin performans üzerindeki etkisinin zamanlama ile ilişkili olduğu, en belirgin faydanın aktivasyondan yaklaşık 5-10 dakika sonra ortaya çıktığı öne sürülmektedir. Ancak iki kavram arasındaki terminolojik temel farkın ölçüm yöntemleri ile direkt olarak ilişkili olduğu ortaya konmuştur.

Sonuç: PAP ve PAPE, kas aktivasyonu sonrası performans artışıyla ilişkilidir ancak farklı süreçlere dayanır. PAP, kısa süreli kas kuvveti artışına odaklanırken, PAPE daha geniş kapsamlı olup atletik performansı artırmaya yöneliktir. PAP mekanik yaklaşımı içeren laboratuvar bazlı ölçümlere ihtiyaç duyarken PAPE performans yaklaşımı içeren saha testlerine ihtiyaç duyar.

Anahtar Kelimeler: PAP, PAPE, Aktivasyon Sonrası Potansiyel, Aktivasyon Sonrası Performans Artışı

ABSTRACT

Correct Terminology for Sports Scientists: PAP or PAPE

Purpose: The existence of multiple mechanisms underlying Post-Activation Potentiation (PAP), variations in measurement techniques, and the differing demands of physiological processes (e.g., increased potential following warm-up) have contributed to a terminological ambiguity in the literature. This ambiguity primarily stems from the uncertainty regarding how to accurately define the performance-enhancing effects of PAP interventions. In recent years, the term Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) has increasingly been adopted in place of PAP. The aim of the present study is to conduct a detailed examination of

¹ Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul/TÜRKİYE alpercikici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4740-0565

² Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul/TÜRKİYE fatihkayhan8@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1022-289

the usage and application of the terms PAP and PAPE within the sports science literature, to analyze the distinctions in methodology and measurement between the two concepts, and to identify the most appropriate terminology based on intended use.

Method: This study employed a document analysis approach to investigate how PAP and PAPE are defined, utilized, and differentiated in the scientific literature. During the data collection process, the following keywords were used: “Post-Activation Potentiation,” “Post-Activation Performance Enhancement,” “PAP vs. PAPE,” “PAP,” and “PAPE.” Data were retrieved through systematic searches conducted in academic databases including Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect.

Results: Traditionally, the term PAP has been used to describe the increase in muscle force/torque production observed during electrically evoked contractions. In contrast, PAPE refers to performance enhancements observed following high-intensity voluntary contractions or activities involving prior conditioning stimuli. In this context, both PAP and PAPE are temporally dependent phenomena, with peak performance improvements typically occurring approximately 5 to 10 minutes post-activation. Nevertheless, the findings of this study highlight that the fundamental terminological distinction between PAP and PAPE is primarily attributable to differences in measurement methodologies.

Conclusion: While both PAP and PAPE are associated with enhanced performance following muscular activation, they are grounded in distinct physiological and methodological frameworks. PAP is characterized by short-term improvements in force output, typically assessed through laboratory-based, mechanically oriented measurements. Conversely, PAPE encompasses a broader scope, targeting improvements in athletic performance and generally requiring field-based performance assessments. Thus, appropriate terminology should be selected in accordance with the measurement context and the nature of the activation protocol.

Keywords: PAP, PAPE, Post-Activation Potentiation, Post-Activation Performance Enhancement

GİRİŞ

Aktivasyon Sonrası Potansiyel (PAP) fenomeni literatürde ilk olarak, supramaksimal elektriksel uyarı ile tetiklenen maksimum kasılma kuvvetinin ölçülmesi şeklinde ifade edilmiştir (Hamada ve ark., 2000; McGowan ve ark., 2015; Gallardo ve ark., 2024). PAP kavramıyla ilgili ilk çalışmalar 19. yüzyılın ortalarına dayansa da PAP fenomeni ve fizyolojik temelleri, son dönemlerde giderek popüler hale gelmiş ve birçok çalışmada incelenmiştir (Zhi ve ark., 2005; Stull ve ark., 2011; Maloney ve ark., 2014).

PAP’ın altında yatan çeşitli mekanizmalar incelenmiş, ancak PAP için birincil mekanizmanın, miyozin düzenleyici hafif zincir (MDHZ) fosforilasyonunun ekspresyonunun artması olduğuna inanılmaktadır (Zhi ve ark., 2005; McGowan ve ark., 2015). Maksimal ya da submaksimal istemli kasılmalar esnasında, kalsiyumun (Ca^{2+}) konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak, iskelet kasındaki miyozin hafif zincir kinazlarının ekspresyonunun arttığı gözlemlenmiştir (Zhi ve ark., 2005; Stull ve ark., 2011). Aslında, miyozin hafif zincir kinazı, düzenleyici hafif zincirleri fosforile ederek, aktin-miyozin kompleksinin myoplazmik Ca^{2+} ’a olan duyarlılığını artırarak miyozin çapraz köprü oluşumunun artmasına ve dolayısıyla yükselmiş kontraktıl kuvvet üretimine yol açmaktadır (Sale, 2002; Tillin ve Bishop, 2009;

Prieske, 2020). Miyozin hafif zincir kinazlarının bu artan ekspresyonu, çapraz köprünün oluşma olasılığını artırır. Böylece miyozin başının hareketliliğini de arttırmış olup potansiyelize edilmiş kas liflerin kuvvet gelişim oranındaki artışı sağlar. Bütün bu sürecin sonucunda da kasın kasılabilirliği artmış olur (Zhi ve ark., 2005; Stull ve ark., 2011; McGowan ve ark., 2015; Gallardo ve ark., 2024). Özetle; aktivasyon sonrası oluşan potansiyel etkinin sonucunda kas iskelet sistemindeki fizyolojik ve metabolik bazı değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler ile açıklanan PAP kavramı, performans artışı için gerekli etkilerin temelini oluşturmakta ve bu etkiler, kas içi enerji verimliliğini iyileştirip, nöromüsküler sistem üzerinde de olumlu etkiler yaratabilmektedir.

Bu etkilerin yanı sıra kasılma kuvvetinin potansiyel büyüklüğü ile aktivite türü (maksimal istemli kasılma, sıçrama, leg press ve antrenman hacmi vb.), kasılmadan sonraki dinlenme süresi, katılımcı özellikleri (örneğin cinsiyet, yaş, antrenman durumu, kas kuvvet seviyesi), kas uzunluğu ve uygulanan elektriksel uyarı sayısı (yani, tek vs. çift uyarılar) gibi farklı faktörlerden etkilenmektedir (Hamada ve ark., 2000; Hansen ve ark., 2003; Pääsuke ve ark., 2003; Tillin ve Bishop, 2009; MacIntosh, 2010; Behrens ve ark., 2019). Daha büyük motor ünite aktivasyonu ve kasın pennasyon açısındaki değişiklikler gibi diğer faktörler de aktivasyon sonrası potansiyel durumu için incelenmiş ancak bu mekanizmaların PAP fenomenine katkısının çok az olduğu ifade edilmiştir (Sale, 2002; Tillin ve Bishop, 2009; Boulosa ve ark., 2018).

PAP kavramı, yüksek şiddetli egzersizleri içeren ısınma sonrasında, PAP'ın uyarıldığı ve dolayısıyla kas fonksiyonunu etkileyen diğer faktörlerin de (kas ısı, aktivasyon seviyesi, egzersizi öğrenme) uyarıldığı kasılmalar sonu istemli bir kuvvet veya güç artışını tanımlamak için kullanılmıştır. Ancak bu artışın direkt PAP etkisinden dolayı olduğu henüz doğrulanmamıştır. Yani, kas performansında bahsedilen bu artışın "klasik" PAP'ı destekleyen mekanizmalardan kaynaklandığı az sayıda çalışmada ifade edilmiştir. Özetle, kısa ve yüksek şiddetli fiziksel aktiviteler sonrası görülen performans artışlarının PAP'ı destekleyen mekanizmalardan mı kaynaklandığı, yoksa ısınma aktiviteleri esnasında yaygın olarak gözlemlenen diğer adaptasyonlardan mı kaynakladığı sorusu hala cevaplanamamaktadır. Sportif performans açısından değerlendirildiğinde PAP, kasılma aktivasyonunun geçmişine bağlı olarak performans özelliklerinde ani bir artış ifade etmektedir. Bu nedenle, PAP'ın müsabaka öncesinde sporculara uygulanması, geleneksel ısınma yöntemlerine göre daha faydalı olabilir (Boulosa ve ark., 2018; Blazevich ve Babault, 2019). PAP fizyolojik fenomenini araştıran çalışmalarda protokol, genellikle %60 ile %100 arasında değişen istemli

kasılma ile birlikte ön ve son testlerin (sıçrama, sprint veya fırlatma) uygulanmasından oluşmaktadır (Dobbs ve ark., 2019; Gouvêa ve ark., 2012; Seitz ve Haff, 2016; Wilson ve ark., 2013).

Maksimal istemli kuvvetin %100'ü ile yapılan çalışmalarda, performans artışı, çoğunlukla aktivite sonrasındaki 5 ile 10 dakika sonrası meydana gelmektedir (Wilson ve ark., 2013; Seitz ve Haff, 2016). Bunun aksine 3 dakikadan kısa süren dinlenme aralığının ters bir etki yaparak, performansta azalmasına sebep olduğu görülmektedir (Dobbs ve ark., 2019). Buna ek olarak, sistematik bir derlemede, orta-yüksek şiddetli (%60-85 1RM) çoklu setler halinde uygulanan kuvvet egzersizlerinin ve 7-10 dakika dinlenme sürelerinin, performans artışında PAP mekanizmalarına bağlı etkileri (örneğin sıçrama, wingate testi) tetiklemesi için kullanılması gerektiği ifade edilmiştir (Wilson ve ark., 2013). Aynı zamanda %80 şiddet ve üstü egzersizlerin, 3-7 dakika arasındaki dinlenme sürelerinin dikey sıçrama performansındaki PAP etkilerini artırmak için daha uygun olduğu ifade edilmiştir (Dobbs ve ark., 2019). İlginç bir şekilde, kasılabilir özellikler için potansiyasyonun kapsamı, kasılmadan hemen sonra %4 ile %188 arasında değişebilmekte ve zamana bağlı kademeli bir azalma göstermektedir (Vandervoort ve ark., 1983; Hamada ve ark., 2000; Pääsuke ve ark., 2003; Gago ve ark., 2014; Kümmel ve ark., 2017; Prieske ve ark., 2018; Behrens ve ark., 2019). Ancak PAP meydana gelen yorgunluğun aksine performansı artırabilir, bu nedenle PAP üzerine yapılan çalışmalar PAP'ın organizmadaki yorgunluğu ortadan kaldırabileceği, kuvvet gelişimini olumlu yönde etkileyebileceği ve hız ile güç performansını artırabileceği hipotezi üzerine odaklanmaktadır (Boullosa ve ark., 2018). PAP, kasılmanın ardından düşük frekanslı tetanik kuvvetin artması anlamına gelen bir ön koşullandırma (Prieske, 2020).

Aktivasyon Sonrası Performans Artışı (PAPE) ise bir ön koşullandırma aktivitesi veya ısınma sonrası oluşan akut atletik performans artışına sebep olan fizyolojik bir fenomen olarak ifade edilmiştir (Seitz ve ark., 2016; Healy ve Comnys, 2017; Blazeovich ve Babault, 2019; Prieske, 2020). PAPE genellikle, serbest ağırlıklar ve direnç antrenmanı yöntemleriyle uygulanmaktadır (McBride ve ark., 2005; Seitz ve ark., 2016; Maroto-Izquierdo ve ark., 2020). Bu uygulamalar literatürde sıklıkla yüksek şiddetli (yani %80-90 1-RM) direnç egzersizlerinden sonra incelenmiştir. Gerçekten de akut olarak daha fazla performans artışları elde etmek için yüksek şiddetli egzersizin gerekli olduğu ifade edilmiştir (Wilson ve ark., 2013).

PAPE, vücut ısısındaki artıştan kaynaklanan fizyolojik avantajlar sağlar. Bu avantajlar, nöromüsküler aktivasyonun artması, kardiyovasküler ve metabolik tepkilerin iyileşmesi gibi

unsurları içerir. Bu nedenle PAPE, ısınma protokollerinin temel hedeflerinden biri olan performans hazırlığını destekleyici bir mekanizma olarak görülmektedir (McGowan ve ark., 2015; Racinais ve ark., 2017; Boullousa, 2021). Ayrıca PAPE, istemli kas kasılmalarıyla ortaya çıkan bir 'ön koşullandırma' olarak ifade edilmiştir. Ön koşullandırma aktiviteleri ise, McGowan (2013) ve arkadaşlarına göre, vücut core sıcaklığındaki artışı takiben hedeflenen ve nöromusküler uyarımla oluşturulan, ısınma sürecinden sonra gerekli olan egzersiz performansında önemli artışlar sağlayan bir unsur olarak tanımlanmıştır. Bu ön koşullandırma süreci, PAPE'nin etkisini daha belirgin hale getirerek yüksek performans sonuçlarıyla ilişkilendirilmesine neden olmaktadır (Kale ve ark. 2023).

Öte yandan PAPE'nin büyüklüğü, yorgunluk ve potansiyasyon seviyelerine bağlı olduğundan, aktivasyonun büyüklüğü (egzersiz şiddeti olabilir) de bu değişkenler arasındaki ilişkiye bağlı olabilir ve dolayısıyla, potansiyasyonun etkisi yorgunluktan büyükse performans artacaktır (Sale, 2004; Tillin ve Bishop, 2009). Yukarıda bahsedilen bu durum bireysel fizyolojik özellikler, deneyim, yaş, kas lifi dağılımı (örneğin, hızlı kasılan lifler vs. yavaş kasılan lifler), maksimum kuvvet, kuvvet-güç oranı, antrenman seviyesi gibi diğer bireysel faktörlerden etkilenir (Xenofodos ve ark., 2010; Villalon-Gasch, ve ark., 2022).

Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızın amacı, spor bilimleri literatüründe PAP ve PAPE kavramlarının ne amaçla kullanıldığını, bu iki kavram arasındaki uygulama ve ölçüm farklılıklarını detaylı bir şekilde incelemek ve kullanım amacına göre doğru terminolojiyi tespit etmektir.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan döküman analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mevcut çalışma geleneksel derleme çerçevesinde düzenlenmiştir. Çalışma, PAP (Post-Activation Potentiation) ve PAPE (Post-Activation Performance Enhancement) terminolojilerinin bilimsel literatürde nasıl tanımlandığını, kullanıldığını ve ayrıştırıldığını belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Veri Toplama Süreci

Araştırmada, veri toplama süreci Google Scholar, PubMed ve ScienceDirect veri tabanlarında yapılan sistematik bir literatür taraması ile gerçekleştirilmiştir. Tarama sürecinde şu aşamalar takip edilmiştir:

Anahtar Kelime Seçimi ve Tarama Stratejisi:

- Literatür taraması için "Post-Activation Potentiation", "Post-Activation Performance Enhancement", "PAP vs. PAPE", "PAP", "PAPE" gibi anahtar kelimeler kullanılmıştır.
- Aramalar, makale başlığı, özet (abstract) ve anahtar kelime bölümlerini kapsayacak şekilde sınırlanmıştır.
- Daha önce yapılan meta-analizler, derleme makaleleri ve deneysel çalışmalar araştırmaya dahil edilmiştir.

Kapsam ve Dahil Edilme Kriterleri:

- 1980 yılı ve sonrası yayımlanmış olması
- Hakemli dergilerde yayımlanmış olması
- PAP ve PAPE kavramlarına doğrudan değinmiş olması
- Kas kuvveti, nöromüsküler aktivasyon, ısınma protokolleri ve performans ölçütleri gibi konuları ele alması

Hariç Tutma Kriterleri:

- Tam metnine erişilemeyen çalışmalar
- Yalnızca özet bilgi içeren konferans bildirileri
- PAP veya PAPE ile doğrudan ilişkisi olmayan çalışmalar

Verilerin Düzenlenmesi ve Analizi

Seçilen makaleler detaylı bir şekilde incelenmiş, PAP ve PAPE'nin tanımları, temel mekanizmaları, antrenman uygulamaları ve performans üzerindeki etkileri açısından sınıflandırılmıştır. Veriler, tematik analiz yöntemi kullanılarak, literatürdeki ortak eğilimler ve farklılıklar belirlenerek kategorilere ayrılmıştır. Toplanan veriler betimsel analiz ve içerik analizi yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir:

- Betimsel analiz: Elde edilen bilgiler, PAP ve PAPE terminolojisinin kullanımına ilişkin mevcut literatür doğrultusunda özetlenmiştir.
- İçerik analizi: Literatürde PAP ve PAPE'nin mekanizmaları, terminolojik farklılıkları ve metodolojik yaklaşımları belirlenerek temalar oluşturulmuştur.

Güvenirlilik ve Geçerlik

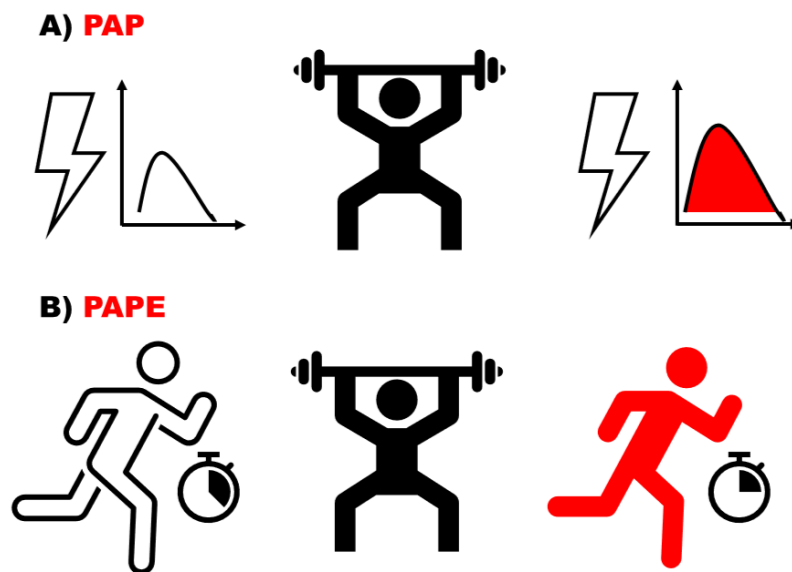
- Araştırmanın güvenilirliğini artırmak için aynı anahtar kelimeler farklı veri tabanlarında kullanılarak çapraz doğrulama yapılmıştır.
- Bağımsız bir araştırmacı tarafından literatür taraması tekrarlanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak tutarlılık sağlanmıştır.
- Bulgular, mevcut meta-analiz çalışmaları ve derleme makaleleriyle karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Etik İlkeler

- Çalışmada yalnızca erişime açık ve akademik etik kurallarına uygun yayınlar kullanılmıştır.
- Doğrudan alıntılar, ilgili çalışmalara referans verilerek sunulmuştur.
- Literatür taraması sırasında, yanlılık ve ön yargıları önlemek adına bağımsız ve nesnel bir değerlendirme yapılmıştır.

BULGULAR

PAP ve PAPE'nin (Aktivasyon Sonrası Performans Artışı) temelde farklı mekanizmalara dayandığı ve bu iki fenomenin farklı metodolojilerle tanımlandığı ifade edilmiş ancak buna karşın PAP ve PAPE'yi ayırmak için uygun metodolojiyi kullanan az sayıda çalışma vardır (Boullosa, 2021). Örneğin, Cuenca-Fernández ve ark. (2017) PAP ile PAPE arasındaki farkı açıkça belirtmek maksadıyla PAPE terimini maksimal istemli kasılmanın ardından oluşturulan potansiyel tanıtırken PAP terimini ise elektriksel uyarıların ardından oluşturulan potansiyel olarak tanıtmışlardır (Boullosa, 2021).



Şekil 1. PAP ve PAPE arasındaki şematik farklılık (Boullosa, 2021)

PAP ve PAPE genellikle birbirinin yerine kullanılmaktadır, bu durum birçok benzerliğin var olması sebebiyle bu karışıklığı anlaşılmaktadır: Örneğin, (1) kasılma kuvveti artar, (2) potansiyasyon gözlemlenmeden önce bazı gecikmeler "yorgunluk" kaynaklı olabilir ve (3) fizyolojik yanıt, tip II liflerde (veya hızlı kasılan lif oranı yüksek olan kaslarda) çok daha büyüktür.

Bununla birlikte bazı diğer özellikler ise bu iki fenomenin büyük ölçüde farklı olduğunu göstermektedir. Aşağıda bu durum üç maddede özetlenmiştir.

1. Kuvvet artışlarındaki zaman süreçleri farklıdır; PAP, saniyeler içinde ortaya çıkan erken bir etki gösterirken, PAPE'de gecikmiş bir etki (dakikalar sonra) gözlemlenir.
2. PAPE, PAP'dan farklı olarak kas sıcaklığı değişiklikleri ve kas içi sıvı hacminin artışından güçlü bir şekilde etkilenebilir.
3. Nörolojik mekanizmalar PAPE üzerinde etkili olabilir, ancak PAP üzerinde benzer bir etki göstermeyebilir (Blazevich ve Babault, 2019).

PAP üzerine yapılan araştırmaların artmasına rağmen araştırmacılar arasında hala PAP teriminin doğru anlamı ve kullanımı konusunda ortak bir fikir birliğine varılamadığı görülmektedir. Bazı araştırmacılar, PAP kavramını kasların elektriksel uyarımına dayanan geleneksel mekanik anlayış çerçevesinde değerlendirirken, bazıları ise bu kavramı genişleterek performans ölçümleri (örneğin, dikey sıçrama yüksekliği ve sprint süresi) üzerinden incelemektedir.

Kasılma özelliklerini değerlendirmek için standardize laboratuvar testleri gereklidir. Ancak fiziksel performans ölçümleri hem saha hem de laboratuvar ortamlarında daha kolay değerlendirilebilir (Holmberg, 2017; Boulosa ve ark., 2020; Villalon-Gasch, ve ark., 2022).

PAP etkilerini incelemek için kullanılan yöntemlerin heterojen bir yapıda olması nedeniyle verilerin yorumlanması hatalı olabilir. Bu durumun oluşturduğu tutarsızlıklar bilimsel verilerin doğruluğunu etkileyebilir ve bunun neticesinde çalışma bulgularının kuvvet ve kondisyon alanına aktarılmasında problemler yaşanabilir.

Yukarıda belirttiğimiz sebeplerden ötürü, PAP kavramını incelemek için iki temel metodolojik yaklaşımdan (mekanik yaklaşım, performans yaklaşımı) bahsedilmektedir. Bundan dolayı bu iki metodolojik yaklaşım arasındaki ilişkiyi analiz ederek PAP ve PAPE terimlerinin kullanımındaki kafa karışıklığının ortadan kaldırılması amaçlanmıştır (Prieske ve

ark. 2020). Buradan hareketle, iki yöntemin farklılıklarını belirterek birbirinin yerine kullanılmaması gerektiğini ifade etmek gerekebilir.

Tablo 1. PAP'ın incelenmesinde iki temel yaklaşım (Prieske (2020)'den uyarlanmıştır)

Karşılaştırma	Mekanik Yaklaşım	Performans Yaklaşımı
Araştırma Alanı	Temel araştırma	Uygulamalı araştırma, kuvvet ve kondisyon pratiği
Egzersiz/Antrenman Uygulaması	İzometrik, Dinamik	İzometrik, Dinamik
	Uyarılmış/istemli	İstemli
	Tek-/çok-eklemli	Tek-/çok-eklemli
	Yüksek şiddetli	Yüksek şiddetli
Geçerlilik	Tek kasların/kas gruplarının elektriksel uyarımı (laboratuvar bazlı testler)	Tek-/çok-eklemli egzersizler sırasında istemli kasılmalar (laboratuvar/alan testleri)
Etkiler	Artmış zirve kasılma kuvveti/torku Artmış kasılma kuvveti/torku gelişim hızı	Maksimal kuvvet, sıçrama performansı, sprint performansı, patlayıcı hareketlerde performans
Etki Derecesi	Zirve kasılma öncesi kuvveti/torkunun %4-188'i	Performans öncesi %1-13'ü
Etkinin Meydana Gelmesi	Tutarlı (tüm denekler, kaslar ve koşullar)	Tutarsız
Zaman Süreci	10 dakika boyunca hızlı azalma (en büyük etki hemen aktivasyon sonrasında)	En yüksek etkinin olduğu 7. dakikanın ardından azalma
Önerilen Terim	Post Aktivasyon Potansiyeli (PAP)	Aktivasyon Sonrası Performans Artışı (PAPE)

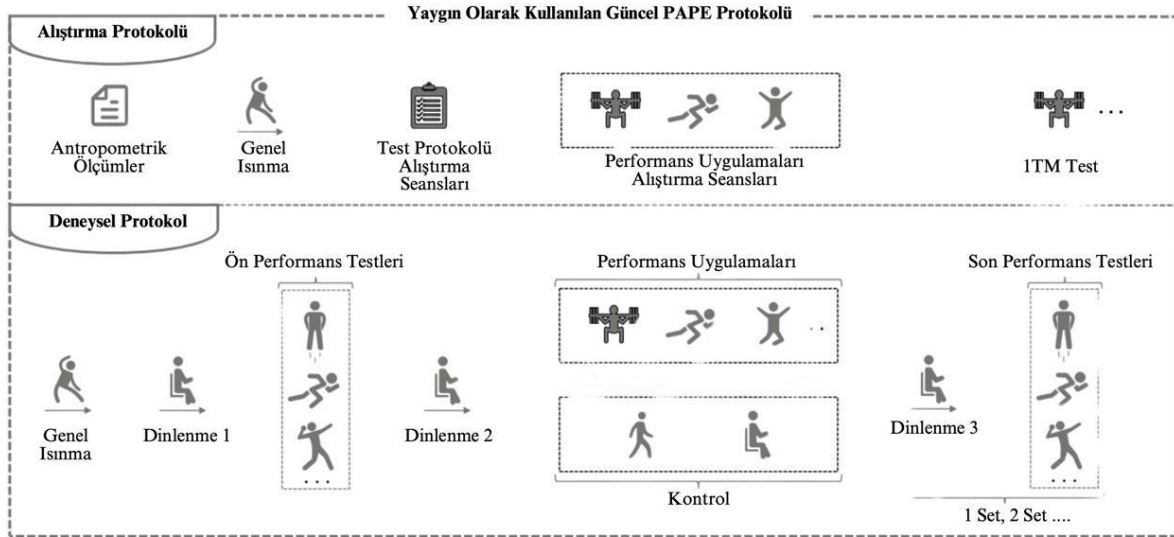
Tecrübe ve kuvvet seviyesi düşük bireylerde, birden fazla set uygulanmasının, tek set yapılan egzersizlere kıyasla daha fazla PAPE etkisi yarattığı gözlemlenmiştir (Maroto-Izquierdo ve ark., 2020). PAPE'nin kesin bir performans artışı sağlaması ve genellikle daha geç ortaya çıkması, PAP'ın altında yatan düzenleyici miyozin hafif zinciri fosforilasyonunun PAPE'yi de etkileyip etkilemediği sorusunu gündeme getirmektedir. Daha önce bahsedilen fosforilasyonun kısa ömrü nedeniyle bu oldukça olasılık dışı görünse de PAP mekanizması yine de PAPE'yi erken aşamalarında (<6 dakika) etkileyebilir. Blazeovich ve Babault'a (2019) göre, performanstaki %1-5'lik artış doğrudan nöromusküler mekanizmalarla açıklanabilirken, %5-10'luk bir artış, kas sıcaklığındaki yükselmeye en azından kısmen ilişkilendirilebilir. Ayrıca, PAPE'nin etkisini en üst seviyeye çıkaracağı zaman dilimi (aktivasyondan yaklaşık 5-10 dakika sonra) şiddetli bir egzersiz sonrası sıcaklıktaki maksimal artışının da zaman dilimiyle örtüşmektedir (González-Alonso ve ark., 2000). PAPE'nin PAP ile ilişkisini daha iyi anlamak için, PAP'ın en etkili olduğu zaman diliminde (örneğin, kasılma sonrası 3-4 dakika içinde) gözlemlenen etki oranı üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Çünkü teorik olarak PAP, PAPE'yi tetikleyebilir veya etkileyebilir (Blazeovich, 2010; Prieske ve ark., 2020).

Normalde, herhangi bir kas aktivasyonu gerçekleştirildiğinde kas potansiyasyonu ve yorgunluk bir arada bulunur (Kim ve Johnson, 2014). Ancak, uyarı sonrası durum, bu iki faktör arasındaki denge durumunu net bir şekilde etkileyecektir. Yorgunluğun vücuttan uzaklaşması durumu ve potansiyasyonun toparlanma sonrasındaki azalma oranına bağlı olarak, uyarı öncesi durumuna kıyasla daha artmış potansiyasyon etkisi, zayıflama etkisi veya hiç değişmemiş bir durum olabilir (Chiu ve ark., 2003; Gallardo ve ark., 2024) Ayrıca yapılan çalışmalar neticesinde, PAP/PAPE tepkisi ile nöromusküler yorgunluk arasındaki dengenin; antrenman deneyimi, dinlenme süresi ve egzersiz şiddeti faktörlerinden de etkilendiği görülmektedir (Gallardo ve ark., 2024).

Bahsedilen farklı hususlar neticesinde hem PAP hem de PAPE ile ilgili yapılan çalışmaların standardizasyonu için bazı temel unsurlar önerilmiştir;

1. ***En az iki durum arasında karşılaştırma***; bu, egzersiz yapmayan bir kontrol durumunu içermeli, ancak aynı zamanda, egzersiz veya antrenman programının tepki oluşturmadaki "benzersizliğini" veya bir "ısınma" aktivitesi olup olmadığını belirlemek için önemlidir.
2. ***Ölçme değerlendirme aşamasında alıştırma/uyum kısmından kaçınılmalı***
3. ***Uygulanan egzersiz veya antrenmanın ayrı günlerde rastgele bir yöntem içermesi*** gereklidir.
4. ***Tek (araştırmacı) veya çift (katılımcı + araştırmacı) körleme***, yöntemi kullanılmalıdır.
5. ***Kas sıcaklığı, günün saati, diyet ve hidrasyon***, testten önceki günlerde yapılan fiziksel aktivite ve olası ergojenik yardımcılarının kullanımı kontrol edilmelidir (MacIntosh ve ark., 2012).

PAPE fenomeninden faydalanan akut veya kronik çalışmaların kendi adına özelleşmesi doğru terminolojinin kullanılmasına imkan sağlayabilir. Xu K. ve ark. (2025) yaptıkları son meta analizde PAPE etkisini inceleyen çalışmalarında genellikle oluşturduğu deneysel protokolü, **Genel Isınma → Dinlenme-1 → -Performans Aktivitesi Ön Testi → Dinlenme-2 → Performans Aktivitesi veya Kontrol → Dinlenme-3 → Performans Aktivitesi Son Testi** (yani, doğrulama testleri) şeklinde ifade etmiştir (Xu K. ve ark., 2025).



Şekil 2. Örnek egzersiz olarak "Back Squat" seçilen genel bir PAPE deneysel protokolü, Xu K. ve ark., (2025)'dan uyarlanmıştır.

Şekil 2'de yer alan protokole göre performans aktivitesi sonrası test performanslarının koşullandırma öncesi test performanslarıyla karşılaştırılması yoluyla akut PAPE etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır (Xu K. ve ark., 2025). Performansta meydana gelebilecek değişimlerin hangi sürelerde ortaya çıkabileceğinin tespit edilebilmesi için birden fazla PA sonrası test yapılır (Xu K. ve ark., 2025).

SONUÇ ve ÖNERİLER

PAP etkisinin fizyolojik altyapısı ve istemli kas aktivasyonu yoluyla PAP kavramını açıklamaya yönelik çabalar arasındaki metodolojik farklılıklar, ikinci fenomeni tanımlamak için PAPE terimini kullanma fikrine yol açmıştır (Cuenca-Fernández ve ark., 2017; Blazeovich ve Babault, 2019; Prieske ve ark., 2020). Ancak bu kadar benzer yapıda olan bu iki kavramın tam olarak aynı koşullarda aynı çıktılardan oluşmadığından yukarıda bahsedilmiştir. Bu hususta kullanılacak doğru terminolojiyi belirlemek bu çalışmanın amacını oluşturmuştur.

Performans çıktılarının artışı doğrulamak için kullanılan yaş, cinsiyet, antrenman geçmişi, dinlenme süresi, kuvvet düzeyi gibi bağımlı değişkenlerin hali hazırda performansla ilgili olması nedeniyle, PAPE'yi PAP'tan ziyade performans iyileştirmesini ifade etmek için kullanmanın daha doğru olduğu görülmektedir (Villalon-Gasch, 2022). Bu değişkenler ise kuvvet, hız veya sıçrama gibi faktörlerle direkt olarak ilgilidir (Blazeovich, 2010; Babault, 2019). Bu durumun en temel sebebi uygulama alanında sporcuların performanslarının test edilebilir olmasıdır. Özetle performansı akut olarak ölçülebilen ve ön koşullandırmaya bağlı olan aktivitelerin tümü PAPE olarak ifade edilmelidir.

Gelecekte yapılacak olan çalışmalar, PAP'ın mekanik ve performans yaklaşımlarını daha açık şekilde tanımlayarak, özellikle bu iki yöntemin ölçüm protokollerindeki farklılıkları vurgulayabilir. Ayrıca, PAP ve PAPE arasında ayırım yapmak, PAP çalışmalarının bulgularını kuvvet ve kondisyon alanına aktarım açısından önemlidir. Örneğin, mekanik ve performansla ilgili PAP yaklaşımlarındaki tutarsızlıklar geçerliliği etkileyebilir ve bunun sonucunda meta-analizlerdeki bulgular dahi etkilenebilir (Prieske ve ark., 2020). PAP etkilerine ve mekanik doğrulamasına (örneğin, dışarıdan uyarı ile tetiklenen kas kasılmaları yoluyla) odaklanan çalışmaların sayısında artış olmazken, araştırmalarda bu mekanik yaklaşımlardan ziyade performansa yönelik bir yaklaşımlar görülmüştür (Sale, 2002). Bugüne kadar elde edilen çalışmaların, performans ölçümlerindeki akut artışların PAP'ta meydana gelen herhangi bir değişiklikten bağımsız olarak (klasik anlamdaki tanımıyla) meydana gelebileceğini göstermesi nedeniyle PAPE terimi son zamanlarda performanstaki akut artışları tanımlamak için kullanılmaktadır (Boullosa, 2021).

Sonuç olarak, spor bilimcilerin doğru terminolojiyi doğru kullanabilmesi ve bu alandaki kavram kargaşasını önlemek maksadıyla, mekanik yaklaşımın yani laboratuvar ortamında yapılan uyarılarla gerçekleştirilen çalışmaların PAP şeklinde ifade edilmesi gerekmektedir. Performans yaklaşımında ise egzersiz programı veya ön koşullandırma etkisinden sonra gerçekleştirilen ve performans testlerinin kullanıldığı akut veya kronik çalışmaları ise PAPE olarak ifade etmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Behrens, M., Husmann, F., Mau-Moeller, A., Schlegel, J., Reuter, E.-M., & Zschorlich, V. R. (2019). Neuromuscular properties of the human wrist flexors as a function of the wrist joint angle. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 593. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00181>
- Blazevich, A. J., & 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>
- Boullosa, D., Del Rosso, S., Behm, D. G., & Foster, C. (2018). Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: A review. *European Journal of Sport Science*, 18, 595–610. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1438519>

- Boullosa, D. (2021). Post-activation performance enhancement strategies in sport: A brief review for practitioners. *Human Movement*, 22(3), 101–109. <https://doi.org/10.5114/hm.2021.103280>
- Boullosa, D., Beato, M., Dello Iacono, A., Cuenca-Fernández, F., Doma, K., Schumann, M., Zagatto, A. M., Loturco, I., & Behm, D. G. (2020). A new taxonomy for postactivation potentiation in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15, 1–4. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0892>
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 671.
- Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., Macintosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R., et al. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: A pilot study. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(10), 1122–1125. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0217>
- Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of post-activation potentiation on explosive vertical jump: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33, 2009–2018. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002750>
- Fischer, J., & Paternoster, F. K. (2024). Post-activation-performance enhancement: Possible contributing factors. *Journal of Sports Science & Medicine*, 23(1), 34.
- Gago, P., Marques, M. C., Marinho, D. A., & Ekblom, M. M. (2014). Passive muscle length changes affect twitch potentiation in power athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46, 1334–1342. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000245>
- Gallardo, P., Giakas, G., Sakkas, G. K., & Tsaklis, P. V. (2024). Are surface electromyography parameters indicative of post-activation potentiation/post-activation performance enhancement, in terms of twitch potentiation and voluntary performance? A systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9, 106.
- González-Alonso, J., Quistorff, B., Krstrup, P., Bangsbo, J., & Saltin, B. (2000). Heat production in human skeletal muscle at the onset of intense dynamic exercise. *The Journal of Physiology*, 524, 603–615. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00603.x>

- Gouvêa, A. L., Fernandes, I. A., César, E. P., Silva, W. A. B., & Gomes, P. S. C. (2012). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 459–467. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.738924>
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88, 2131–2137. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2131>
- Hansen, E. A., Lee, H.-D., Barrett, K., & Herzog, W. (2003). The shape of the force–elbow angle relationship for maximal voluntary contractions and sub-maximal electrically induced contractions in human elbow flexors. *Journal of Biomechanics*, 36, 1713–1718. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(03\)00167-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(03)00167-2)
- Healy, R., & Comyns, T. M. (2017). The application of postactivation potentiation methods to improve sprint speed. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 1–9.
- Holmberg, P. M. (2017). Weightlifting to improve volleyball performance. *Strength & Conditioning Journal*, 35, 79–88. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb>
- Kale, M., Yol, Y., Tolali, A. B., & Ayaz, E. (2023). Effects of repetitive different jump pre-conditioning activities on post-activity performance enhancement. *Human Movement*, 17(2), 101–109.
- Kim, J. H., & Johnson, P. W. (2014). Fatigue development in the finger flexor muscle differs between keyboard and mouse use. *European Journal of Applied Physiology*, 114(12), 2469–2482.
- Kümmel, J., Kramer, A., Cronin, N. J., & Gruber, M. (2017). Postactivation potentiation can counteract declines in force and power that occur after stretching. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 1750–1760. <https://doi.org/10.1111/sms.12817>
- MacIntosh, B. R. (2010). Cellular and whole muscle studies of activity-dependent potentiation. In Rassier, D. E. (Ed.), *Muscle Biophysics* (pp. 315–342). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6366-6_18
- Maloney, S. J., Turner, A. N., & Fletcher, I. M. (2014). Ballistic exercise as a pre-activation stimulus: A review of the literature and practical applications. *Sports Medicine*, 44(10), 1347–1359.

- Maroto-Izquierdo, S., Bautista, I. J., & Martín Rivera, F. (2020). Post-activation performance enhancement (PAPE) after a single bout of high-intensity flywheel resistance training. *Biology of Sport*, 37(4), 343–350. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2020.96318>
- McBride, J. M., Nimphius, S., & Erickson, T. M. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 893.
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-up strategies for sport and exercise: Mechanisms and applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1523–1546.
- Pääsuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H., Toots, M., & Toots, L. (2003). Comparison of twitch contractile properties of plantar flexor muscles in 9–10-year-old girls and boys. *Pediatric Exercise Science*, 15(3), 324–332. <https://doi.org/10.1123/pes.15.3.324>
- Prieske, O., Behrens, M., Chaabene, H., Granacher, U., & Maffiuletti, N. A. (2020). Time to differentiate postactivation “potentiation” from “performance enhancement” in the strength and conditioning community. *Sports Medicine*, 50(9), 1559–1565. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01300-0>
- Prieske, O., Maffiuletti, N. A., & Granacher, U. (2018). Postactivation potentiation of the plantar flexors does not directly translate to jump performance in female elite young soccer players. *Frontiers in Physiology*, 9, 276. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00276>
- Racinais, S., Cocking, S., & Périard, J. D. (2017). Sports and environmental temperature: From warming-up to heating-up. *Temperature*, 4(3), 227–257. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1356427>
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138–143.
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Haff, G. G., Dumke, C. C. L. S., Tufano, J. J., & Blazeovich, A. J. (2016). Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(5), 491–497.
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7>

- Stull, J. T., Kamm, K. E., & Vandenkoob, R. (2011). Myosin light chain kinase and the role of myosin light chain phosphorylation in skeletal muscle. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 510(2), 120–128.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166.
- Vandervoort, A. A., Quinlan, J., & McComas, A. J. (1983). Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental Neurology*, 81(1), 141–152.
- Villalon-Gasch, L., Penichet-Tomas, A., Sebastia-Amat, S., Pueo, B., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2022). Postactivation performance enhancement (PAPE) increases vertical jump in elite female volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 462. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010462>
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859.
- Xenofondos, A., Laparidis, K., Kyranoudis, A., Bassa, E., Kotzamanidis, C., & Performance, S. (2010). Post-activation potentiation: Factors affecting it and the effect on performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 28, 32–38.
- Xu, K., Blazeovich, A. J., Boullosa, D., et al. (2025). Optimizing post-activation performance enhancement in athletic tasks: A systematic review with meta-analysis for prescription variables and research methods. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02170-6>
- Zhi, G., Ryder, J. W., Huang, J., Ding, P., Chen, Y., Zhao, Y., et al. (2005). Myosin light chain kinase and myosin phosphorylation effect frequency-dependent potentiation of skeletal muscle contraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(49), 17519–17524.