

Farklı Vücut Eğimlerinde Gerçekleştirilen Plank Egzersizlerinde Kas Aktivasyonlarının Karşılaştırılması

Erbil Murat AYDIN^{1A}, Ali Fatih SAĞLAM^{2B},

Burak GÜNDOĞAN^{1C}, Erkan DEMİRKAN^{1D}

¹ Hitit Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim

Dalı Address Correspondence to Erbil Murat AYDIN: e-mail: emurataydin@hitit.edu.tr

A: Orcid ID: 0000-0003-2825-4873 B: Orcid ID: 0000-0002-5761-7154 C: Orcid ID: 0000-0003-2516-4696 D: Orcid ID: 0000-0002-6243-8062

Özet

Bu çalışmanın amacı farklı vücut eğimlerinde gerçekleştirilen plank egzersizleri sırasında rectus abdominis ve anterior deltoid kas aktivasyonlarını karşılaştırmaktır. Çalışmaya 15 erkek birey gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmada randomize çapraz deney deseni kullanılmıştır. Katılımcılar eller üzerinde (yüksek vücut eğimi) ve dirsekler üzerinde (düşük vücut eğimi) prone plank egzersizi gerçekleştirmişlerdir. Her bir plank egzersizi 2 set ve her set 5 saniye sürecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Setler arasında 1 dakika ve egzersiz değişimlerinde 3 dakika dinlenme verilmiştir. Rectus abdominis ve anterior deltoid kas aktivasyonu ölçümleri prone plank egzersizleri sırasında gerçekleştirilmiştir. İki plank egzersizinde elde edilen kas aktivasyonlarının istatistiksel olarak karşılaştırılmasında bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda dirsekler üzerinde gerçekleştirilen plank egzersizinde daha yüksek rectus abdominis kas aktivasyonu meydana geldiği saptanmıştır ($p<0.05$). Anterior deltoid kas aktivasyonunda ise egzersizler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Prone plank egzersizinde bu çalışmada kullanılan düşük vücut eğiminde rectus abdominis kas aktivasyonunun daha fazla olduğu, anterior deltoid kas aktivasyonunun bu çalışmada kullanılan eğim değişiminden etkilenmediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Prone plank, rectus abdominis, anterior deltoid, elektromiyografi.

Comparison of Muscle Activations in Plank Exercises Performed at Different Body Inclinations

Abstract

The aim of this study is to compare the rectus abdominis and anterior deltoid muscle activations during plank exercises performed at different body inclinations. 15 male individuals voluntarily participated in the study. The randomized crossover experimental design was used in the study. Participants performed prone plank exercises on the hands (high body inclination) and on the elbows (low body inclination). Each plank exercise was performed for 2 sets and each set for 5 seconds. 1-minute rest was given between sets and 3 minutes rest was given between exercise changes. Rectus abdominis and anterior deltoid muscle activation measurements were performed during prone plank exercises. The dependent sample t-test was used to statistically compare the muscle activations obtained in the two plank exercises. As a result of the statistical analysis, it was determined that the rectus abdominis muscle activation was greater in the plank exercise performed on the elbows ($p<0.05$). There was no significant difference between exercises in anterior deltoid muscle activation ($p>0.05$). It was concluded that the rectus abdominis muscle activation was greater in the low body incline used in this study in the prone plank exercise, and the anterior deltoid muscle activation was not affected by the inclination change used in this study.

Keywords: Prone plank, rectus abdominis, anterior deltoid, electromyography.

GİRİŞ

Fiziksel uygunluk, bireylerin tüm yaşamları boyunca refahını, yaşam kalitesini ve sağlığını artırmayı amaçladığından halk sağlığı için önemlidir (Batista vd., 2020). Bu nedenle, güç ve kondisyon antrenörlerinin birincil amacı, belirli fitness hedeflerine ulaşmak için sorumlu oldukları bireylere doğru fiziksel uygunluk egzersizlerini reçete etmektir (Martuscello vd., 2013). Fiziksel uygunluğun sağlıkla ilgili bileşenleri (kas kuvveti ve dayanıklılığı, kardiyorespiratuar zindelik, esneklik ve vücut kompozisyonu) her insanın günlük yaşam aktivitesi veya egzersizi ile ilişkilidir (Ortega vd., 2008). Dengeyi geliştirmek ve hareketliliği sürdürmek için 65 yaşın altındaki sağlıklı yetişkinlerin haftada iki kez temel egzersizleri içeren bir kuvvet antrenman rutini tamamlaması tavsiye edilmektedir (Thompson, 2010). Vücudun stabilizasyonunu korumak ve arttırmak amacıyla core gövde kaslarını (karın ve bel) hedef alan oldukça fazla egzersiz vardır. Fakat hangi egzersizlerin en büyük kas aktivasyonunu ortaya çıkardığı ve böylece fonksiyonel kazanımları ve performansı ne kadar arttırabileceği hala araştırılmaktadır (Gottschall vd., 2013).

Yüzeysel elektromiyografi (sEMG) kasların elektriksel aktivitelerinin görüntülediği ve değerlendirildiği bir yöntemdir (Cerrah vd., 2010). Kaydedilen sinyal, çeşitli motor ünitelerden gelen üst üste bindirilmiş motor ünite aksiyon potansiyellerinin sonucudur (Grañiela-Flavia vd., 2009). Motor üniteler nöromüsküler sistemin fonksiyonel birimleridir (Garcia ve Vieira, 2011). Bir kasın elektrofizyolojik aktivasyonu mekanik kuvvet üretimini başlatır. Bu kas aktivitesi sEMG olarak gözlemlenebilir ve aktivasyon derecesini yansıtır. EMG seviyesi ne kadar yüksek olursa kas tarafından o kadar fazla kuvvet geliştirilir (Disselhorst-Klug vd., 2009). Bu yöntemle farklı hareketler sırasında bir kasın elektriksel aktivasyonu karşılaştırılabilir.

Core, pelvik bölgesinde ve gövdede yer alan ve omurgaya stabilize sağlayan kasları ifade eder (Tse vd., 2005). Önde abdominal kaslar, yanlarda oblikler, arkada paraspinal ve gluteal kaslar, üstte diyafram ve altta kalça kemeri kasları ile pelvik kuşaktan oluşan anatomik bir kutu olarak tanımlanır (Akuthota ve Nadler, 2004; Shinkle vd., 2012). Core bölge kaslarının kuvvet ve dayanıklılık antrenmanı, bilimsel literatür, atletik performans ve rehabilitasyon alanlarındaki önemi sürekli vurgulanan temel bir konudur (Behm vd., 2010). Atletik performans geliştirme aracı olarak en ideal core antrenmanların belirlenebilmesi için daha fazla

araştırma desteğine ihtiyaç duyulmakla beraber (Sánchez-Zuriaga vd., 2009), bu tür antrenmanın performansı artırma (Akuthota vd., 2008; Duncan, 2009; Johnson, 2002; Willardson, 2007), bel sağlığı (Akuthota vd., 2008; Bliss ve Teeple, 2005; Kline vd., 2013), yaralanmayı azaltma (Duncan, 2009; Leetun vd., 2004; Johnson, 2002; Willson vd., 2005), kollara ve bacaklara güç aktarımı (Shinkle vd., 2012) ve yaşlılarda düşme önleme becerilerinde olumlu etkileri bildirilmiştir (Granacher vd., 2013). Ek olarak, karın bölgesi egzersizleri, hatalı duruşların ve hareketsiz yaşam tarzlarının bir sonucu olan diğer kas-iskelet sistemi bozukluklarının riskinin azaltılmasına katkıda bulunabilir (Rathore vd., 2017). Çeşitli core bölge güçlendirme egzersizlerinin etkilerini ölçmeyi amaçlayan araştırmaların mevcut olmasına rağmen (Behm vd., 2010; Comfort vd., 2011; Kim ve Lee, 2021; Monfort-Pañego vd., 2009; Sánchez-Zuriaga vd., 2009; Van den Tillaar ve Saeterbakken, 2018), sporcular veya güç ve kondisyon uygulayıcıları için hangi egzersizlerin ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacağını bilmek genellikle zorlayıcıdır (Sternlicht ve Rugg, 2003). Core bölge kaslarını güçlendirmenin yaygın yöntemlerden birisi de omurga stabilizasyonudur (Baek vd., 2013; Gottschall vd., 2013). Omuraga stabilizasyon antrenmanı egzersizleri arasında yer alan mekikler ve planklar, zaman ve yer kısıtlaması olmadan core kaslarını etkili bir şekilde güçlendirir. Özellikle plank egzersizlerinin, kas güçlendirme ve rehabilitasyon amacıyla core kas dokusunun kuvvetini ve dayanıklılığını etkili bir şekilde arttırdığı bilinmektedir (D'Amico vd., 2007; Hofstetter vd., 2012; McGill, 1997).

Plank egzersizi, yerçekimine direnmek için vücut ağırlığını kullanmak üzere tasarlanmış bir duruştur; çeşitli yüzeylerde, değişken pozisyonlarda, cihazlarla yapılabilir ve birden fazla eklemi etkiler (Lee vd., 2016). Plank egzersizlerinin lumbopelvik bölgedeki pasif ve aktif stabilizatörlerin hem statik hem de dinamik hareketi sırasında uygun gövde ve kalça duruşunu, dengeyi ve kontrolü sürdürme yeteneği olarak tanımlanan core stabilitesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Reed vd., 2012). Sabit bir yüzeyde gerçekleştirilen araştırmaların yanı sıra, Bosu topu, İsviçre topu, dengeleme tahtası gibi sabit olmayan yüzeyler, sabit bir yüzeye kıyasla çekirdek kaslardaki nöromüsküler stresi arttırmak için kullanılmıştır (Hamlyn vd., 2007; Norwood, 2007; Nuzzo vd., 2008; Saeterbakken vd., 2014; Vera-Garcia vd., 2000). Stabil olmayan bir yüzey üzerinde egzersiz yapmanın propriyoseptif talepleri arttırdığı ve kasları stabil bir yüzey üzerinde egzersiz yapmaktan daha fazla zorladığı öne sürülmüştür

(Cosio-Lima vd., 2003; Norwood vd., 2007). Ancak bu konudaki sonuçlar net değildir (Hamlyn vd., 2007; Lehman vd., 2005; Nuzzo vd., 2008; Sundstrup vd., 2012; Vera-Garcia vd., 2000). Snarr ve Esco (2014) araştırmalarında geleneksel plank, dirsekler dengesiz bir yüzeyde, ayaklar dengesiz bir yüzeyde ve dirsekler askı aparatında, ayaklar askı aparatında olmak üzere 5 farklı plank varyasyonunu karşılaştırmışlar. Rectus abdominis (RA) kası için her varyasyonda kas aktivasyonu geleneksel planktan daha yüksek bulunmuştur. Ancak en yüksek RA kas aktivasyonu değerinin dirsekler askı aparatında iken gerçekleştiğini bildirmişler. Calatayud vd. (2017) askı aparatı ve sabit zeminde tek ve çift bacak sırtüstü plank egzersizi uygulamış ve RA kas aktivasyonu değerlerinde uygulamalar arasında anlamlı fark saptamamışlardır. Byrne vd. (2014) dirsekler sabit zeminde geleneksel plank, dirsekler askıda, ayaklar askıda ve hem dirsek hem de ayaklar askıda plank hareketlerinin kas aktivasyonlarını karşılaştırdıklarında ise en yüksek RA kas aktivasyonu değerlerinin dirsekler askıda ve her iki ekstremitenin askıda olduğu hareketlerde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Literatür bulgularına göre plank egzersizlerinin RA kas aktivasyonu değerlerini artırdığı görülmüş zeminler, cihazlar veya vücut pozisyonlarının aktivasyon değerlerinde farklılıklar oluşturabileceği görülmektedir.

Bu araştırmanın amacı, geleneksel dirseklerde plank ve ellerde plank egzersizleri kullanılarak farklı vücut eğimlerinde rectus abdominis ve anterior deltoid (AD) kas aktivasyonlarını karşılaştırmaktır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

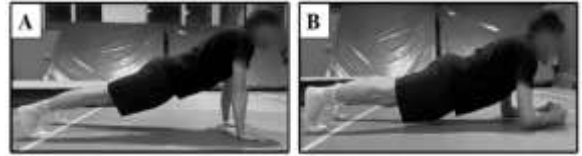
Bu çalışmada çapraz deney deseni kullanılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce çalışmada uygulanacak olan plank egzersizleri denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemeler sonrası 1 haftalık dinlenme gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ölçümler her bir katılımcı için farklı günlerde gerçekleştirilen 2 seansta yapılmıştır. 1. seansta sabah katılımcıların boy, vücut ağırlığı, vücut kompozisyonu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 2. seansta katılımcıların eller üzerinde plank (EP) ve dirsekler üzerinde plank (DP) egzersizlerini gerçekleştirirken kas aktivasyonu ölçümleri yapılmıştır. EP durumunda vücut eğimi DP'ye göre daha fazladır. Katılımcıların yarısı EP ile çalışmaya başlamış diğer yarısı ise DP ile başlamıştır. Katılımcılar egzersizlere başlamadan önce 5 dakika koşu ve daha sonra 2 dakika yürüyüş yaparak ısınma gerçekleştirmişlerdir.

Çalışma Grubu

Bu çalışmaya 15 erkek (yaş: 20.67±1.59 yıl; boy: 176.19±6.72 cm; vücut ağırlığı: 72.17±8.88 kg; vücut yağ yüzdesi: 12.97±5.42 %) gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce bütün katılımcılara çalışma ile ilgili bilgiler verilmiştir. Çalışmanın etik kurul onayı Hitit Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurul tarafından verilmiştir (Karar No: 2023-05).

Egzersiz ve Ölçümler

Plank Egzersizleri. Katılımcılar plank egzersizlerini eller üzerinde ve dirsek üzerinde gerçekleştirmişlerdir. EP sırasında eller, DP sırasında ise dirsekler omuzların hizasında yere konulmuştur. Her bir plank egzersizi 2 set ve her set 5 saniye olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Setler arasında 1 dakika ve egzersiz değişimlerinde 3 dakika dinlenme verilmiştir.



Şekil 1. Plank egzersizleri A: Eller üzerinde plank, B: Dirsekler üzerinde plank.

Kas Aktivasyonu Ölçümleri

Ölçümler Delsys Trigno 4 kanallı EMG cihazı kullanılarak yapılmıştır. Elektrotlar kaslar üzerine yapıştırılmadan önce yüzeyler traşlanmış ve alkol ile temizlenmiştir. Kas aktivasyonu ölçümleri RA (üst ve alt parçalar) ve AD kaslarından gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerden önce her bir kas için maksimum izometrik istemli kasılma (MVIC) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. MVIC ölçümleri 2 kez tekrar edilmiş ve her bir deneme 5 saniye sürmüştür. Normalizasyonda bu iki MVIC verilerinin ilk ve son 1 saniyeleri atılarak ortadaki 3 saniyenin ortalaması kullanılmıştır.

EMG Verilerinin Analizi

Ham verilerin analizinde root mean square (RMS) hesaplaması yoluyla genlik analizi kullanılmıştır. Her bir sette gerçekleştirilen 5 saniyelik plank verisinin ilk ve son 1 saniyesi atılarak kalan 3 saniye kullanılmıştır. Her bir egzersiz için 2 setin ortalaması alınmıştır. Bu ortalama değerler daha önce elde edilen MVIC verilerine normalize edilmiştir. Bütün EMG veri analizleri Delsys EMGworks Analysis yazılımı (Delsys, Boston, MA, USA) ile yapılmıştır.

Verilerin Analizi

Çalışmada bütün verilerin ortalama ve standart sapma ($\bar{x} \pm SS$) değerleri kullanılmıştır. Verilerin normal dağılım özelliklerine Shapiro-Wilk normallik

testi kullanılarak bakılmıştır. Verilerin istatistiksel analizlerinde bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Bütün istatistiksel analizler için anlamlılık seviyesi $p < 0.05$ kabul edilmiştir. Bütün analizler SPSS 25 programı kullanılarak yapılmıştır

BULGULAR

Tablo 1'de EP ve DP egzersizleri sırasında elde edilen normalize kas aktivasyonu verileri gösterilmiştir.

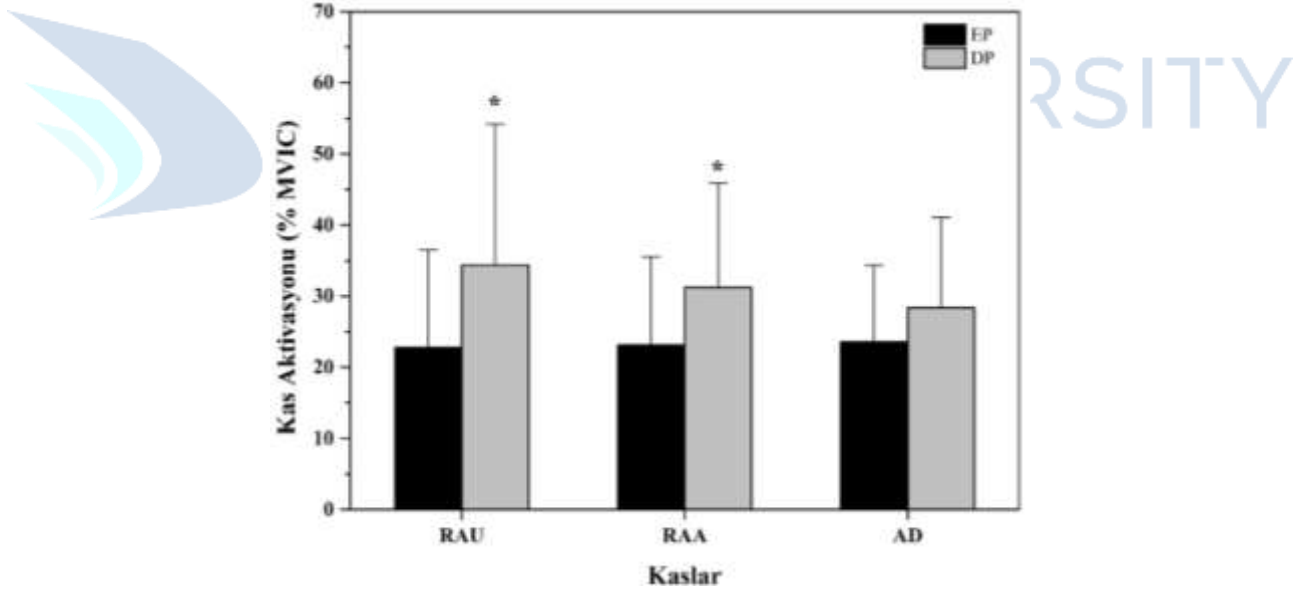
Tablo 1. Plank Egzersizleri Sırasında Elde Edilen Normalize (%MVIC) Kas Aktivasyonu Verileri

Kaslar	EP	DP	%Δ	t	p
RAU	22.75 ± 13.77	34.39 ± 19.83*	51.16	-3.109	0.008
RAA	23.08 ± 12.48	31.19 ± 14.75*	35.14	-2.534	0.024
AD	23.56 ± 10.81	28.34 ± 12.71	20.29	-1.757	0.101

RAU: Rectus abdominis üst; RAA: Rectus abdominis alt; AD: Anterior deltoid *EP ile istatistiksel olarak anlamlı fark var ($p < 0.05$)

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda dirsekler üzerinde gerçekleştirilen plank egzersizi sırasında elde edilen RA kas aktivasyonlarının eller

üzerinde gerçekleştirilen plank egzersizinden elde edilenden daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 2. Normalize kas aktivasyonlarının karşılaştırılması.

RAU: Rectus abdominis üst; RAA: Rectus abdominis alt; AD: Anterior deltoid
*EP ile istatistiksel olarak anlamlı fark var ($p < 0.05$).

Dirseklerde yapılan egzersiz sırasında meydana gelen RAU kas aktivasyonu ellerde yapılandır % 51.16, RAA kas aktivasyonu % 35.14 daha fazla bulunmuştur ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). AD kas aktivasyonu da dirseklerde yapılan egzersiz sırasında ellerde yapılandır % 20.29 fazla bulunmuştur ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).

TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı farklı vücut eğiimlerinde gerçekleştirilen plank egzersizleri sırasında rectus abdominis ve anterior deltoid kas aktivasyonlarını karşılaştırmaktır. Çalışma sonucunda dirseklerde yapılan vücut eğiimi azaltılmış plank egzersizinde RA kas aktivasyonunun arttığı bulunmuştur. AD kas

aktivasyonunun ise vücut eğimine bağlı olarak değişmediği saptanmıştır.

Literatürde farklı vücut eğimlerinde gerçekleştirilen egzersizler sırasında RA ve AD kas aktivasyonlarını inceleyen sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. Calatayud vd. (2014) farklı el yüksekliklerinde ve farklı zeminlerde şınav egzersizi sırasında bazı kasların aktivasyonlarını incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmada katılımcılar yerden 10 cm ve 65 cm yüksekliklere ellerini yerleştirerek şınav egzersizi yapmışlardır. Daha alçak el pozisyonunda yapılan şınav egzersizinde core bölge, RA ve AD kas aktivasyonunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Vücut eğiminin daha az olduğu pozisyonda core bölge, RA ve AD kas aktivasyonunun daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bizim gerçekleştirdiğimiz çalışmada da vücut eğimi arttıkça RA kas aktivasyonu azalmış ancak AD kas aktivasyonunda eğimler arasında bir fark saptanmamıştır. Bizim çalışmamızdaki yüksek eğimin Calatayud vd. (2014) yaptıkları çalışmadaki eğime göre daha düşük olması sebebi ile AD kas aktivasyonunda anlamlı değişim meydana gelmemiş olabilir. Park ve Park (2019) dirsekler ve ayaklar aynı zeminde iken ve ayakların dirseklerden daha yüksek bir zemine yerleştirildiği yani vücut eğiminin azaltıldığı durumdaki plank egzersizleri sırasında core bölge kaslarının aktivasyonlarını karşılaştırmışlardır. Yapılan bu çalışma sonucunda RA kas aktivasyonunun eğimin az olduğu egzersizde fazla olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Internal oblique kas aktivasyonu ise eğimin az olduğu egzersizde istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Yates vd. (2018) farklı açılardaki zeminler üzerinde gerçekleştirilen ellerde plank egzersizlerinde RA, external oblique ve erector spinae kas aktivasyonlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada zemin açıları olarak ellerin ayaklarla aynı yükseklikte olduğu zemin, ellerin ayaklardan daha yukarıda olduğu zemin (incline) ve ellerin ayaklardan daha aşağıda olduğu zemin (decline) kullanılmıştır. RA ve external oblique kas aktivasyonunda en yüksek

değerin decline zeminde olduğu ve normal zeminle incline zemin arasında fark olmadığı saptanmıştır.

Schoenfeld vd. (2014) modifiye edilmiş plank egzersizinin core bölge kasları aktivasyonuna etkisini incelemişlerdir. Geleneksel plank ile dirseklerin geleneksel planka göre daha ileri yerleştirildiği ve posterior-tilt hareketiyle gerçekleştirilen plank egzersizleri karşılaştırıldığında üst RA ve alt abdominal stabilizör kasların aktivasyonlarının dirseklerin geleneksel planka göre daha ileri yerleştirildiği ve posterior tilt hareketiyle dirseklerin ileri yerleştirildiği plank egzersizlerinde geleneksel plank egzersizinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Dirsekler ile ayaklar arasındaki mesafe artışının pelvik hareketten daha çok core bölge kas aktivasyonunu etkilediğini belirtmişlerdir. Üst RA, alt abdominal stabilizör ve external oblique kasları için en yüksek kas aktivasyonlarının posterior-tilt hareketiyle birlikte dirseklerin ileri yerleştirildiği plank pozisyonunda elde edildiği saptanmıştır.

Lee vd. (2017) farklı plank egzersizleri sırasında core bölge kaslarının aktivasyonlarını karşılaştırmışlardır. Geleneksel plank ile dizleri yere koyarak gerçekleştirilen modifiye plank egzersizleri karşılaştırıldığında RA kas aktivasyonunun geleneksel plankta daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu iki egzersizde vücut eğimi değişmekle birlikte alt ekstremité destek noktası da değişmektedir. Bu nedenle kas aktivasyonundaki farklılığın sadece eğim değişiminden kaynaklandığı söylenemez.

Sonuç olarak farklı vücut eğimleri elde etmek için eller üzerinde ve dirsekler üzerinde gerçekleştirilen plank egzersizlerinde vücut eğiminin daha düşük olduğu dirseklerde plank egzersizi sırasında daha yüksek RA kas aktivasyonu elde edilmiştir. AD kas aktivasyonu ise bu çalışmada kullanılan vücut eğimi değişiminden etkilenmemiştir. RA kas gelişimi için yapılabiliyorsa eller yerine dirseklerde plank egzersizlerinin yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(1), 86-92. <https://doi.org/10.1053/j.apmr.2003.12.005>
2. Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39-44. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69>
3. Baek, S. O., Ahn, S. H., Jones, R., Cho, H. K., Jung, G. S., Cho, Y. W., & Tak, H. J. (2014). Activations of deep lumbar stabilizing muscles by transcutaneous neuromuscular electrical stimulation of lumbar paraspinal regions. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 38(4), 506-513. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.4.506>
4. Batista, A., Flores, G., Carvalho, S., Sampaio, M., & Patrício, C. (2020). Association between functional physical fitness and health status of the elderly. *European Journal of Public Health*, 30(Supplement_2), ckaa040-049. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa040.049>
5. Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M., & Cowley, P. M. (2010). Canadian Society for Exercise Physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(1), 109-112. <https://doi.org/10.1139/H09-128>
6. Bliss, L. S., & Teeple, P. (2005). Core stability: the centerpiece of any training program. *Current Sports Medicine Reports*, 4, 179-183. <https://doi.org/10.1007/s11932-005-0064-y>
7. Byrne, J. M., Bishop, N. S., Caines, A. M., Crane, K. A., Feaver, A. M., & Pearcey, G. E. P. (2014). Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3049-3055. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000510>
8. Calatayud, J., Borreani, S., Colado, J. C., Martín, F., Batalha, N., & Silva, A. (2014). Muscle activation differences between stable push-ups and push-ups with an unilateral v-shaped suspension system at different heights. *Motricidade* 10(4), 84-93. [http://dx.doi.org/10.6063/motricidade.10\(4\).3395](http://dx.doi.org/10.6063/motricidade.10(4).3395)
9. Calatayud, J., Casaña, J., Martín, F., Jakobsen, M. D., Colado, J. C., Gargallo, P., Juesas, Á., Muñoz, V., & Andersen, L. L. (2017). Trunk muscle activity during different variations of the supine plank exercise. *Musculoskeletal Science and Practice*, 28, 54-58. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2017.01.011>
10. Cerrah, A. O., Ertan, H., & Soylu, A. R. (2010). Spor bilimlerinde elektromiyografi kullanımı. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 8(2), 43-49. https://doi.org/10.1501/Sporm_0000000175
11. Comfort, P., Pearson, S. J., & Mather, D. (2011). An electromyographical comparison of trunk muscle activity during isometric trunk and dynamic strengthening exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 149-154. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fb412f>
12. Cosio-Lima, L. M., Reynolds, K. L., Winter, C., Paolone, V., & Jones, M. T. (2003). Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 721-725.
13. D'Amico, J., Betlach, M., Senkarik, R., Smith, R., & Voight, M. (2007). Return to golf following left total hip arthroplasty in a golfer who is right handed. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 2(4), 251-261.
14. Disselhorst-Klug, C., Schmitz-Rode, T., & Rau, G. (2009). Surface electromyography and muscle force: Limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications. *Clinical biomechanics*, 24(3), 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.08.003>
15. Duncan, M. (2009). Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and off a reclus ball. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13(4), 364-367. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.11.008>
16. Garcia, M. C., & Vieira, T. M. M. (2011). Surface electromyography: Why, when and how to use it. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 4(1), 17-28.
17. Gottschall, J. S., Mills, J., & Hastings, B. (2013). Integration core exercises elicit greater muscle activation than isolation exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 590-596. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2cc7>
18. Granacher, U., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Roettger, K., & Gollhofer, A. (2013). Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology*, 59(2), 105-113. <https://doi.org/10.1159/000343152>
19. Graziela-Flavia, D., Flavia, R., & Emilia, G. (2009). Surface electromyography in biomechanics: applications and signal analysis aspects. *Journal of Physical Education & Sport/Citius Altius Fortius*, 25(4), 56-65.
20. Hamlyn, N., Behm, D. G., & Young, W. B. (2007). Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1108-1112.
21. Hofstetter, M. C., Mäder, U., & Wyss, T. (2012). Effects of a 7-week outdoor circuit training program on Swiss Army recruits. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3418-3425. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318245bebe>
22. Johnson, P. (2002). Training the trunk in the athlete. *Strength & Conditioning Journal*, 24(1), 52-59.
23. Kim, Y. S., & Lee, N. (2021). Comparative analysis of core muscle activation according to the use of props and the different knee angle during the modified Pilates Hundred. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 27, 529-534. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.04.005>
24. Kline, J. B., Krauss, J. R., Maher, S. F., & Qu, X. (2013). Core strength training using a combination of home exercises and a dynamic sling system for the management of low back pain in pre-professional ballet dancers: a case series. *Journal of Dance Medicine & Science*, 17(1), 24-33. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.17.1.24>
25. Lee, D., Lee, Y., Cho, H. Y., Lee, K. B., Hong, S., Pyo, S., & Lee, G. (2017). Investigation of trunk muscle activity for modified plank exercise: A preliminary study. *Isokinetics and Exercise Science*, 25(3), 209-213. <https://doi.org/10.3233/IES-171113>
26. Lee, J., Jeong, K., Lee, H., Shin, J., Choi, J., Kang, S., & Lee, B. H. (2016). Comparison of three different surface plank exercises on core muscle activity. *Physical Therapy Rehabilitation Science*, 5(1), 29-33. <http://dx.doi.org/10.14474/ptrs.2016.5.1.29>
27. Leetun, D. T., Ireland, M. L., Willson, J. D., Ballantyne, B. T., & Davis, I. M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 926-934. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128145.75199.C3>
28. Lehman, G. J., Gordon, T., Langlely, J., Pemrose, P., & Tregaskis, S. (2005). Replacing a Swiss ball for an exercise bench causes variable changes in trunk muscle activity during upper limb strength exercises. *Dynamic Medicine*, 4, 1-7. <https://doi.org/10.1186/1476-5918-4-6>
29. Martuscello, J. M., Nuzzo, J. L., Ashley, C. D., Campbell, B. I., Orriola, J. J., & Mayer, J. M. (2013). Systematic review of core muscle activity during physical fitness exercises. *The Journal*

- of Strength & Conditioning Research, 27(6), 1684-1698. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318291b8da>
30. McGill, S. M. (1997). Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 34(4), 448-458.
 31. Monfort-Pañego, M., Vera-García, F. J., Sánchez-Zuriaga, D., & Sarti-Martínez, M. Á. (2009). Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(3), 232-244. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2009.02.007>
 32. Norwood, J. T., Anderson, G. S., Gaetz, M. B., & Twist, P. W. (2007). Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 343-347.
 33. Nuzzo, J. L., McCaulley, G. O., Cormie, P., Cavill, M. J., & McBride, J. M. (2008). Trunk muscle activity during stability ball and free weight exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 95-102. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815ef8cd>
 34. Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32, 1-11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
 35. Park, D. J., & Park, S. Y. (2019). Which trunk exercise most effectively activates abdominal muscles? A comparative study of plank and isometric bilateral leg raise exercises. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 32(5), 797-802. <https://doi.org/10.3233/BMR-181122>
 36. Rathore, M., Trivedi, S., Abraham, J., & Sinha, M. B. (2017). Anatomical correlation of core muscle activation in different yogic postures. *International Journal of Yoga*, 10(2), 59-66.
 37. Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Medicine*, 42(8), 697-706.
 38. Saeterbakken, A. H., Andersen, V., Jansson, J., Kvellestad, A. C., & Fimland, M. S. (2014). Effects of BOSU ball (s) during sit-ups with body weight and added resistance on core muscle activation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3515-3522. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000565>
 39. Sánchez-Zuriaga, D., Vera-García, F. J., Moreside, J. M., & McGill, S. M. (2009). Trunk muscle activation patterns and spine kinematics when using an oscillating blade: influence of different postures and blade orientations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(6), 1055-1060. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.12.015>
 40. Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Tiriyaki-Sonmez, G., Willardson, J. M., & Fontana, F. (2014). An electromyographic comparison of a modified version of the plank with a long lever and posterior tilt versus the traditional plank exercise. *Sports Biomechanics*, 13(3), 296-306. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.942355>
 41. Shinkle, J., Nesser, T. W., Demchak, T. J., & McMannus, D. M. (2012). Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 373-380. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822600e5>
 42. Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2014). Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3298-3305. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000521>
 43. Sternlicht, E., & Rugg, S. (2003). Electromyographic analysis of abdominal muscle activity using portable abdominal exercise devices and a traditional crunch. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(3), 463-468.
 44. Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Andersen, C. H., Jay, K., & Andersen, L. L. (2012). Swiss ball abdominal crunch with added elastic resistance is an effective alternative to training machines. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(4), 372-380.
 45. Tse, M. A., McManus, A. M., & Masters, R. S. W. (2005). Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 547-552.
 46. Thompson, W. R. (Ed.). (2010). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (8th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins.
 47. Van den Tillaar, R., & Saeterbakken, A. H. (2018). Comparison of core muscle activation between a prone bridge and 6-RM back squats. *Journal of Human Kinetics*, 62(1), 43-53. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0176>
 48. Vera-García, F. J., Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80(6), 564-569. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.6.564>
 49. Willardson, J. M. (2007). Core stability training for healthy athletes: a different paradigm for fitness professionals. *Strength & Conditioning Journal*, 29(6), 42-49.
 50. Willson, J. D., Dougherty, C. P., Ireland, M. L., & Davis, I. M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 13(5), 316-325.
 51. Yates, A. V., Donlin, A. A., Beneck, G. J., & Schick, E. E. (2018). The influence of surface angle on muscle activity during Pilates based exercises. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(1), 225-231. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.10.007>