

## ORIGINAL ARTICLE

# Genç yetişkinlerde karada ve su içinde yapılan plyometrik egzersizlerin kas kuvveti ve proprioepsiyon üzerine etkisinin incelenmesi

Buket BÜYÜKTURAN<sup>1</sup>, Caner KARARTI<sup>2</sup>, Senem ŞAŞ<sup>1</sup>, Öznur BÜYÜKTURAN<sup>1</sup>

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, genç yetişkinlerde karada ve su içinde yapılan plyometrik egzersizlerin kas kuvvetine ve proprioseptif duyuya etkisini incelemektir.

**Yöntem:** Çalışmaya yaşları 18-25 yıl olan toplamda 30 genç yetişkin dahil edildi. Çalışmaya katılan birey sayısı her gruba eşit olacak şekilde, iki gruba ayrıldı. Bireylere, haftada 3 gün 8 hafta olmak üzere kara veya su içi plyometrik egzersizler uygulandı. Bireylerin değerlendirmeleri kara veya su içi plyometrik egzersizlerin uygulamasından önce ve sonra yapıldı. Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylerin demografik bilgileri kaydedildi. Ayrıca kas kuvveti, proprioseptif duyu ve dikey sıçrama yüksekliği değerlendirildi. Her iki grubun sonuçları karşılaştırıldı.

**Bulgular:** Her iki grupta da egzersiz sonrası elde edilen sonuçlar egzersiz öncesi verilerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı değişimler tespit edildi ( $p<0,05$ ). Grupların sonuç ölçümlerinin etki genişlikleri incelendiğinde su içi plyometrik egzersiz grubunun proprioseptif ölçüm ve dikey sıçrama testinde kara plyometrik egzersiz grubuna göre daha etkili olduğu belirlendi ( $p<0,05$ ). Ayrıca kara plyometrik egzersiz grubunun ise fleksiyon ve ekstansiyon zirve tork değerlerinde su içi plyometrik egzersiz grubuna göre daha iyi sonuçlara sahip olduğu tespit edildi ( $p<0,05$ ).

**Sonuç:** Bu çalışmanın sonucu, proprioseptif duyu ve dikey sıçrama testinde su içi plyometrik egzersizlerin kara plyometrik egzersizlerine göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, kara plyometrik egzersizlerin ise ekstansiyon ve fleksiyon kas kuvvetinde su içi plyometrik egzersizlerine göre daha üstün olduğunu belirlenmiştir. Herhangi bir rehabilitasyon programını başlatırken ve geliştirirken amacına uygun olarak su içi veya kara plyometrik egzersizleri alternatif olarak seçilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kas kuvveti, Plyometrik egzersiz, Proprioepsiyon

## Investigation of the effect of plyometric exercises on land and in water on muscle strength and proprioception in young adults

**Purpose:** The aim of this study was to investigate the effects of plyometric exercises on land and in water on muscle strength and proprioceptive sensation in young adults.

**Methods:** A total of 30 young adults aged 18-25 years were included in the study. The number of individuals participating in the study was divided into two groups equal to each group. Individuals were applied plyometric exercises on land or in water 3 days a week for 8 weeks. The evaluations of individuals were made before and after the application on land and in water plyometric exercises. Demographic data of individuals who agreed to participate in study were recorded. Muscle strength, proprioceptive sensation and vertical jump were also evaluated. The results of both groups were compared.

**Results:** Statistically significant changes were detected in both groups, when the changes obtained after exercise were compared with the pre-exercise data in both groups ( $p<0.05$ ). When the effect size of the results measurements of the groups were examined, the plyometric exercise in water group was more effective in proprioceptive measurement and vertical jump test than the plyometric exercise on land group ( $p<0.05$ ). In addition, the plyometric exercise on land group had better results in flexion and extension peak torque values compared to the plyometric exercise in water group ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** As a result of this study, it was determined that the plyometric exercises in water, proprioceptive sensory and vertical tests were effective than the plyometric exercises on land. In addition, the plyometric exercises on land were effective than plyometric exercises in water in terms of flexion and extension muscle strength in asymptomatic individuals. When starting and developing any rehabilitation program, plyometric exercises in water or on land can be chosen as an alternative.

**Keywords:** Muscle strength, Plyometric exercise, Proprioception



1: Kırşehir Ahi Evran University, School of Physical Therapy and Rehabilitation, Kırşehir, Turkey

2: Erciyes University, Faculty of Medicine, Department of Rheumatology, Kayseri, Turkey

Corresponding Author: Buket Büyükturan: fztkaya04@hotmail.com

ORCID IDs (order of authors): 0000-0001-5898-1698; 0000-0002-4655-0986; 0000-0002-5616-5723; 0000-0002-1163-9972

Received: October 3, 2019. Accepted: July 25, 2020.

**P**lyometrik egzersiz, germe-kısalma döngüsünü içeren bir öngerim veya karşı hareketi kullanan hızlı ve güçlü bir hareket olarak tanımlanır.<sup>1</sup> Germe-kısalma döngüsü 3 fazdan oluşmaktadır. Bunlar egzentrik, amortizör ve konsantirik fazlardır. Amortizör faz egzentrik ve konsantirik faz arasındaki zamandır. Ayaklar yere temas ettiğinde oluşan bu zaman maksimum kuvvet üretimi için en önemli aşamadır.<sup>1</sup> Amortizör faz kısa tutulması gerekir. Eğer kısa bir zaman olmazsa eksantrik faz sırasında depolanan enerji ısı olarak dağılacak ve germe refleksin bir sonraki konsantrik faz sırasındaki kas aktivitesini arttırmasına izin vermeyecektir.<sup>1</sup>

Araştırmalar, karada yapılan plyometrik egzersizlerin, patlayıcı güç, kuvvet, dikey sıçrama yüksekliği gibi birçok performans değişkeninin iyileştirilmesinde olumlu etkilerini göstermişlerdir.<sup>2-4</sup> Plyometrik egzersizlerin performansla ilgili birçok fayda sağladığı kanıtlanmış olmasına rağmen, tekrarlayan ve yüksek zemin etkisi olan kuvvetlerin bir sonucu olarak kas ağrısı ve tendinit gibi kronik yaralanmalara da neden olduğu belirtilmektedir.<sup>5-9</sup> Son yıllarda yapılan araştırmalar, su içi plyometrik egzersizlerin etkinliğini incelemiştir.<sup>5,6,9</sup> Daha spesifik olarak, su içinde yapılan egzersizlerin, eklem ve kaslardaki yüksek yoğunluklu ve kompresyon kuvvetleri azaltarak alt ekstremitte kas sistemine daha az stres uyguladığı ve kronik yaralanma riskini azalttığını belirtmişlerdir.<sup>6,9</sup> Su içinde plyometrik egzersizler, vücuda iletilen kuvvet miktarını azaltırken, eşzamanlı olarak hareket direncini arttırmaktadır. Bu nedenle, zemin çarpma kuvvetlerini azaltmakta, aynı zamanda fizyolojik gelişmelere yol açacak güçlü bir uyaran oluşturmaktadır.<sup>9</sup>

Miller vd. altı haftalık bir su içi plyometrik egzersiz programını, çeşitli su derinliklerinde yapmışlar ve sonuç olarak ortalama kuvvet, güç ve dikey sıçrama yüksekliğinde bir gelişme olmadığını belirtmişlerdir.<sup>7,8</sup> Miller vd. katılımcıların bu konuda eğitimsiz oldukları ve plyometrik eğitime aşına olmadıkları için uygulanan düşük eğitim volümünden dolayı muhtemelen gelişme olmadığını öne sürmüşlerdir.<sup>7,8</sup> Colado vd. tarafından yapılan çalışmada, hem karada hem de sudaki çömelleme sıçramalarını karşılaştırmışlar ve su içi plyometrik egzersiz grubunda zemin çarpma

kuvvetinin daha düşük, yüksek eş merkezli kuvvetlerin ise daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca su içi plyometrik egzersizlerin, zemin çarpma kuvvetini arttırmadan dikey sıçrama yüksekliğini arttırmak için daha avantajlı olabileceğini vurgulamışlardır.<sup>6</sup> Miller vd. ve Robinson vd. su içi plyometrik egzersizlerin güç, tork, hız ve azalmış kas ağrıları gibi performans değişkenlerinde eşdeğer bulgular bulmuşlardır.<sup>10,11</sup> Robinson vd. su içi plyometrik egzersizleri uygulayan bireylerin, performans değişkenlerinde artış olduğu ve ileride yoğun plyometrik egzersiz seanslarına katıldıktan sonra da kas ağrılarının azaldığını belirtmişlerdir.<sup>11</sup>

Su içi plyometrik egzersizleri potansiyel olarak performans değişkenlerini arttırabilmekte<sup>3,4</sup> ve zemin etki kuvvetini azaltarak yaralanmaları önleyebilmektedir.<sup>11</sup> Daha önce yapılan çalışmalarda eşit bulgular<sup>10,11</sup> verdiğinden, su içi plyometrik egzersizleri daha ayrıntılı olarak incelemek gerekir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı; genç yetişkinlerde karada yapılan plyometrik egzersizlerin ve su içinde yapılan plyometrik egzersizlerin kas kuvvetine, dikey sıçrama yüksekliğine ve proprioseptif duyuya etkisini karşılaştırmaktır.

## YÖNTEM

### Bireyler

Çalışmaya yaşları 18-25 yıl olan 30 erkek birey dahil edildi. Çalışmaya katılan birey sayısı her gruba eşit olacak şekilde iki gruba ayrıldı. Çalışmaya dahil etme kriterleri; çalışmaya gönüllü olarak katılmak ve 18-25 yaş arasında olmaktır. Herhangi bir kardiyovasküler hastalığı, kas-iskelet sistemi hastalığı, egzersize engel bir sağlık problemi, klor alerjisi, suya girmeye engel herhangi bir hastalığı, su fobisi, deri alerjisi olan bireyler çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca çalışmaya katılan bireyler sedanter bireylerden oluşmaktadır. Çalışma öncesinde Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan (Karar no: 2018-01/16) gerekli izinler alındı. Çalışma, aydınlatılmış onam formunu okuyup, onaylayan bireyler üzerinde gerçekleştirildi. Çalışma Helsinki Deklerasyonu Prensipleri'ne

uygun olarak yapıldı.

#### **Randomizasyon**

Bu çalışma randomize kontrollü, tek kör bir çalışma olarak tasarlandı. Çalışmaya katılan bireyler randomize olarak; kara plyometrik egzersiz grubu ve su içi plyometrik egzersiz grubu olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Randomizasyonda çalışmaya katılmayı kabul eden bireylerden, hangi grupta olduğunu gösteren kapalı zarflardan birini seçerek grubunu belirlemesi istendi ve bireyler zarfta yazan gruba yerleştirildi. Değerlendirmeleri yapan araştırmacıya, bireyin hangi grupta yer aldığı ve verilen egzersizlerin içeriği hakkında bilgi verilmedi. Değerlendirmeler egzersiz öncesi ve sonrasında aynı araştırmacı tarafından yapıldı.

**Örneklem Büyüklüğü:** Kobak vd. su içi ve kara plyometrik egzersizlerin çeşitli performans parametrelerine olan etkilerini karşılaştırmak amaçlı yaptıkları çalışmalarında su içi plyometrik egzersizleri öncesi ve sonrası değerlendirilen bireylerin, dikey sıçrama testinden elde edilen verilere dayanarak çalışmanın 0,54 etki genişliğine sahip olduğu bulundu.<sup>1</sup> Bu çalışmanın güç analizi G\*Power versiyon 3.1.9.2 programı (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Germany) kullanılarak yapıldı.<sup>13</sup> "post-hoc" güç analiz hesaplaması 0,05 istatistiksel anlamlılık düzeyinde ve 0,54 etki genişliğinde 30 bireyin dahil edilmesiyle çalışmanın gücünün 0,90 olduğu belirlenmiştir.

#### **Değerlendirmeler**

Bireylere, haftada 3 gün 8 hafta olmak üzere kara veya su içi plyometrik egzersizler uygulandı. Bireylerin değerlendirmeleri kara veya su içi plyometrik egzersizlerin uygulamasından önce ve sonra yapıldı. Çalışmaya katılmayı kabul eden bireylere aşağıdaki değerlendirmeler yapıldı.

**Demografik bilgiler:** Tüm bireylerin yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kütle indeksleri (VKİ) kaydedildi.

**Dikey sıçrama testi:** Duvara asılı platform önünde bireyin çift ayakla mümkün olduğu kadar en yükseğe sıçraması istendi. Test öncesi bireyin test yapılacak platformun önünde normal kol uzunluğu belirlendi ve test sonunda sıçrama mesafesi ile kol uzunluğu arasındaki fark belirlendi. Dikey sıçrama mesafesi cm cinsinden kaydedildi. Test iki defa tekrar edilerek en iyi sonuç kaydedildi.<sup>13</sup>

**Kas kuvveti:** Çalışmaya katılan bireylerin diz ekstansör ve fleksör kaslarının izokinetik kas kuvveti, Biodex System 4-Pro (Biodex Inc., Shirley, NY, ABD) kullanılarak 60°/sn ve 180°/sn hızında değerlendirildi. Testten önce, ekipman, veri toplama ve ısınma konusunda standart bir prosedür uygulandı. Koltuk yüksekliği, kaldırma kolunun uzunluğu ve diğer ayarlar her birey için ölçümden önce ayarlandı. Koltuğa dik bir şekilde oturan her birey gövde stabilizasyon bantları, uyluk bandı ve torasik kayış ile koltuğa sabitlendi. Bireyden ölçüm esnasında elleriyle koltuğun yan taraflarında bulunan kollardan tutması istendi. Hareket aralığı fleksiyon için 90° ile ekstansiyon için 0° arasında ayarlandı. Adaptasyon döneminden üç dakika sonra kas kuvveti testi yapıldı.<sup>14</sup> Üç dakikalık bir dinlenme süresinden sonra, maksimum diz ekstansiyonu-fleksiyon konsantrik tekrarları, birer dakikalık dinlenme aralıklarıyla her biri 60°/sn açısal hızda 5 tekrar, 2. set: 180°/sn açısal hızda 10 tekrar şeklinde gerçekleştirildi.<sup>15</sup> Bireylerin her test için maksimum çaba göstermeleri teşvik edildi. Sonuçlar, diz fleksiyonu ve ekstansiyon kas kuvveti için izokinetik tepe (peak) tork kaydedildi.

**Proprioseptif ölçüm:** Proprioseptif ölçüm, Biodex System 4-Pro (Biodex Inc., Shirley, NY, ABD) cihazı kullanılarak değerlendirildi. Çalışmaya katılan bireylerin izokinetik kas testine benzer bir şekilde koltuğa oturması istendi. Ayak bileğinin proksimal malleollerini dinamometrenin kollarıyla bağlandı. Femurun lateral epikondil düzeyinde, dinamometrenin dönme eksenini dizin dönme eksenine hizalandı.<sup>16</sup> Dinamometre 0°de eğildiğinde ve 90° sabit olarak yönlendirildiğinde, koltuk arkılığı 70 ila 85° eğimli ve koltuk yönü 90° de tespit edildi. Günlük ağırlık kaldırma aktiviteleri sırasında dizin çalışma açısı 30° olduğu için, katılımcıların diz propriosepsiyonu 30° hedef açıyla test edildi.<sup>16</sup> Aktif testler pasif testlerden daha işlevsel olduğundan proprioseptif duyu izokinetik sistemin aktif modunda test edildi.<sup>17</sup> Testten önce prosedür her katılımcıya açıklandı. Daha sonra bireylere oturma pozisyonu, diz fleksiyonu ve ekstansiyonu, ezberleme açısı, dinlenme periyotları ve durdurma düğmesine ne zaman basılması gibi testin diğer detayları hakkında bilgi verildi. Bireylere dinamometrenin kolu bireyin daha fazla hareket etmesini

engelleyene kadar (hedef açısı), bacaklarını başlangıç konumundan uzatmaları talimatı verildi. Dinamometre bireyin bacağına hedef açıda 10 sn boyunca tuttu. Ardından, bireyden bacağına uzatması, bundan önce dizini başlangıç pozisyonuna geri döndürmesi ve hedef pozisyona ulaştığını hissettiğinde dur düğmesine basması istendi. Testler üç kez tekrarlandı ve hedef ölçüm pozisyonu ile deneğin algılanan açısı arasındaki üç ölçümün ortalama fark hatası kaydedildi.<sup>15,16</sup> Bu çalışmada, bu üç puanın ortalaması her birey için hata puanı olarak kullanıldı. Katılımcılar testleri sessiz bir laboratuvar ortamında gözleri kapalı olarak tamamladılar.

#### **Egzersiz protokolü**

Haftada üç gün gruplara 10 dk ısınma 20 dk plyometrik egzersizler ve 10 dk soğuma egzersizleri uygulandı. Gruplar plyometrik egzersizleri Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulunda gerçekleştirdi. Karada yapılan plyometrik egzersizler su içinde yapılan plyometriklerle aynı olacak şekilde planlandı. Uygulanan plyometrik egzersizler; yanlara sıçrama, ileri-geri sıçrama, tek bacak göğse diz çekme, çift bacak göğse diz çekme, squat sıçrama, split squat sıçrama egzersizlerinden oluşmaktadır.<sup>1,8</sup> Su içi plyometrik egzersizleri aynı yerde ancak kapalı bir alanda, genişliği 457 cm, su seviyesi 140 cm ve su sıcaklığı ortalama 28°C olan havuzda gerçekleştirildi. Su içi plyometrik egzersiz grubuna suya girmeden önce egzersizler gösterilip bir defa yaptırıldı. Ardından 5'erli gruplar halinde havuza girip 3 dk suya alışma hareketlerinin (suda yürüme, suda oturma, tek ayak dengede durma) ardından plyometrik egzersizler uygulandı.<sup>17</sup> Egzersiz programı iki fazdan oluşmaktadır. Bu fazlarda aynı egzersizler uygulanmış olup tekrar sayısı artırılarak ilerlendi. İlk fazda (0-4 hafta), egzersizler 2x10 tekrar, ikinci fazda (4-8 hafta), 2 dk 3x10 uygulandı.

#### **İstatistiksel analiz**

Çalışmanın istatistiksel analizleri "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS) Versiyon 21.0 (SPSS inc. Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler ortalama  $\pm$  standard sapma veya frekans olarak kaydedilmiştir. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığına Shapiro-Wilk Testine göre karar verilmiş ve verilerin parametrik olduğu tespit edilmiştir. İki grubun

demografik özelliklerinin karşılaştırılmasında t-testi kullanılmıştır. Egzersiz öncesi ve sonrası bağımlı değişkenlerdeki değişiklikler zaman içi (egzersiz öncesi ve sonrası) ve grup içi (kara ve su içi grubu) etkileşim etkilerini değerlendirmek için tekrarlanan ölçümler ANOVA kullanılarak analiz edilmiştir. Egzersiz öncesi ve sonrası değerler arasındaki farkı incelemek için ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca verilerin etki genişliği egzersiz öncesi ve sonrası değerlerin egzersiz öncesi standart sapmaya bölünmesiyle hesaplanmıştır. (0,2: küçük, 0,5: orta, 0,8: büyük). Çalışmanın istatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak alınmıştır.<sup>18</sup>

## **BULGULAR**

Kara ve su içi plyometrik egzersiz gruplarındaki bireylerin yaş ve VKİ bilgileri Tablo 1' de gösterilmiştir ( $p > 0,05$ ).

Gruplar egzersiz öncesi elde edilen sonuç ölçüm verileri açısından birbirine benzer olduğu bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Egzersiz sonrası yapılan istatistiksel analizlerde de egzersiz öncesine benzer şekilde sonuç ölçümleri açısından gruplar arasında istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). Grupların etkileşimi (overall group interaction) ANOVA testi ile incelendiğinde çalışma sonuç ölçümleri açısından herhangi bir istatistiksel anlamlılık tespit edilmemiştir ( $p > 0,05$ ) (Tablo 2).

Her iki grupta da egzersiz sonrası elde edilen değişiklikler egzersiz öncesi verilerle karşılaştırıldığında gruplarda istatistiksel olarak anlamlı değişimler tespit edilmiştir. Grupların sonuç ölçümlerinin etki genişlikleri incelendiğinde su içi plyometrik egzersiz grubunun proprioseptif ölçüm ve dikey sıçrama testinde, kara plyometrik grubunun ise fleksiyon tepe tork ve ekstansiyon tepe tork değerlerinde diğer gruptan daha üstün olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3) ( $p < 0,05$ ).

## **TARTIŞMA**

Randomize, kontrollü ve tek kör olarak tasarlanan bu çalışmaya, kara grubunda 15, su içi grubunda 15 kişi dahil edildi. Çalışmanın sonunda hem kara grubunda hem de su içi grubunda kas kuvvetinin, proprioseptif

Tablo 1. Kara ve su içi plyometrik egzersiz gruplarındaki bireylerin demografik bilgileri.

	Kara plyometrik (N=15) X±SD	Su içi plyometrik (N=15) X±SD
Yaş (yıl)	22,46±1,31	22,85±1,35
Boy (m)	1,77±6,3	1,78±7,14
Vücut ağırlığı	76,5±8,5	76,64±8,6
Beden kütle indeksi (kg/m <sup>2</sup> )	24,25±2,33	25,18±1,29

Tablo 2. Grupların tedavi öncesi ve tedavi sonrası sonuçlarının karşılaştırılması.

		Kara plyometrik		Su içi plyometrik			
		Tedavi öncesi	Tedavi sonrası	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası		
		X±SD	X±SD	X±SD	X±SD		
Fleksiyon tepe tork (Nm)	60°	44,4±23,9	46,2±24,5	**	49,9±22,7	51,3±22,0	**
	180°	37,7±18,9	38,7±19,1	**	40,1±18,7	41,4±17,7	**
Ekstansiyon tepe tork (Nm)	60°	72,8±23,9	76,2±28,1	**	82,9±21,7	84,9±18,4	**
	180°	61,8±20,1	64,2±18,9	**	70,3±18,3	71,4±17,1	**
Agonist/antagonist oran (%)	60°	52,9±13,1	53,3±12,8	**	57,1±10,1	59,8±11,8	**
	180°	63,8±10,6	64,6±10,1	**	69,5±9,9	69,7±8,8	**
Propriosepsiyon 60°		6,7±5,6	8,7±6,2	**	6,7±5,6	9,1±6,1	**
Dikey sıçrama		28,71±8,22	31,96±9,40	**	26,35±7,22	30,35±10,06	**

\*\* p&lt;0,05.

Tablo 3. Tedavi öncesi ve sonrası sonuçların grup içi karşılaştırılması.

		Kara plyometrik X±SD	Su içi plyometrik X±SD	
Fleksiyon tepe tork (Nm)	60°	2,13±3,6	2,81±0,24	*
	180°	1,65±2,16	0,9±1,05	*
Ekstansiyon tepe tork (Nm)	60°	4,02±7,11	3,17±1,89	**
	180°	3,01±1,12	1,45±1,72	**
Agonist/antagonist oran (%)	60°	2,33±1,01	2,92±1,9	*
	180°	1,25±0,27	1,21±0,08	*
Propriosepsiyon 60°		2,31±1,82	3,04±1,92	**
Dikey sıçrama		3,63±1,48	4,51±3,17	**

\* p&gt;0,05. \*\* p&lt;0,05.

duyunun, dikey sıçramanın geliştiği görüldü. Plyometrik egzersizlerin kas kuvvetinin gelişiminde her iki grupta benzer etkiye sahip olduğu, proprioseptif duyu ve dikey sıçrama testinde su içi grubuna katılan bireylerde daha fazla gelişme olduğu, ekstansiyon ve fleksiyon

kas kuvvetinde ise kara grubundaki bireylerde daha fazla artış olduğu belirlendi.

Bu çalışmada her iki grupta da kas kuvvetinde artış görüldü. Fakat karada yapılan plyometrik egzersizlerde ekstansiyon ve fleksiyon kas kuvvetinde daha fazla gelişme



sağlandığı gelişme sağlandığı görüldü. Martel vd. bayan voleybol oyuncularında su içi plyometrik egzersizlerinin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, bir gruba geleneksel voleybol eğitimi ile su içi plyometrik egzersizleri, bir gruba da geleneksel voleybol eğitimi ile beraber fleksibilite egzersizleri uygulamışlardır. 6 haftalık uyguladıkları egzersizler sonucunda, tork değerlerini ölçtükleri çalışmalarında geleneksel voleybol eğitimi ile beraber su içi plyometrik eğitim verdikleri grupta, diğer gruba göre izokinetik ölçümlerde hem fleksiyon hem de ekstansiyon (60°/sn ve 180°/sn) değerlerinde anlamlı bir artış bulmuşlardır.<sup>19</sup> Kobak vd. üniversite öğrencilerinden oluşan çalışma grubuna su içi ve kara plyometrik egzersizlerin quadriceps ve hamstring kas kuvvetine, dengeye ve dikey sıçrama testlerine olan etkilerini karşılaştırmışlardır. 8 haftalık bir plyometrik egzersiz programı sonucunda kara plyometrik egzersiz grubunda quadriceps 60°/sn izokinetik kas kuvvetinde ve hamstring 120°/sn izokinetik kas kuvvetinde anlamlı artış sağlandığını, su içi plyometrik egzersizlerinde ise dengede, dikey sıçramada, quadriceps 60 ve 120°/sn izokinetik kas kuvvetinde ve hamstring 120°/sn izokinetik kas kuvvetinde anlamlı artış olduğunu belirtmişlerdir.<sup>1</sup> Miller vd. alt ekstremitelerinde herhangi bir kas iskelet sistemi yaralanması olmayan gönüllü bireylerde, kara ve su içi plyometrik egzersizleri karşılaştırdıkları çalışmalarında su içi plyometrik egzersizlerin izokinetik kas kuvveti artışında kara plyometrik egzersizlere göre daha fazla artış sağladığını belirtmişlerdir.<sup>20</sup> Robinson vd. üniversite öğrencilerinde yaptıkları çalışmalarında 8 haftalık kara ve su içi plyometrik egzersizleri uygulamışlardır. Çalışmalarında izokinetik kuvvet testi kullanmışlar ve kara ve su içi plyometrik egzersiz gruplarında hem kuvvet hem de tork değerlerinde birbirine göre üstünlükleri olmadığını belirtmişlerdir.<sup>11</sup> Bizim çalışmamızda kas kuvvetinde her iki grupta gelişme sağlanmış olup, kara plyometrik egzersiz grubunda, su içi egzersizlerine göre fleksiyon ve ekstansiyon kas kuvvetinde daha fazla gelişme sağlandığı tespit edilmiştir. Çalışmanın izokinetik sonucuna göre su içi plyometrik egzersizlerin azalan zemin etkisi ile kas kuvvetini arttırmak için geçerli bir eğitim olabileceği belirlenmiştir. Kara ve su içi

plyometrik eğitimi karşılaştıran araştırmacılar, egzersizin iniş aşamasında ve faaliyetin amortizör aşamasının zaman aralığında uygulanan kuvvet miktarında farklılıklar olabileceğini belirtmektedirler. Suyun kaldırma kuvveti nedeniyle, iniş kuvveti azalır, böylece daha hızlı bir sönüm aşaması sağlanır. Su içi plyometrik egzersizlerde, egzersizin inme sırasında uygulanan kuvvet miktarını azaltarak, kasın eksantrik kasılmasından konsantrik kasılmaya daha hızlı olan geçişini rahatlatılmaktadır. Bu nedenle, su içi plyometrik egzersizlerinde daha düşük bir yük ile çalışmaktadır ancak daha hızlı bir geçiş süresine (daha kısa amortizör aşamasını) sahiptir, buna karşın kara plyometrik egzersizlerinde daha ağır bir yüke sahiptir ve daha uzun bir amortizör aşamasını sağlar. Hızın özelliğine göre, daha düşük bir yük ve daha hızlı amortizör eğitiminin, daha yüksek hızlarda güçte artış üretmesi beklenmektedir.<sup>21</sup> Bu konsept, su içi plyometrik egzersizlerin neden kas kuvvetini arttırdığını açıklamaya yardımcı olabilir ve su içi plyometrik egzersizlerin kuvvet performansını artırmada yararlı olabileceği fikrini destekleyebilir.<sup>20</sup>

Bu çalışmada her iki grupta da proprioseptif duyuda artış sağlanmış olup, su içi plyometrik egzersiz grubunda bu artışın daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Literatür araştırıldığında plyometrik egzersizlerin proprioseptif duyuya etkisini araştıran randomize kontrollü çalışma bulunmamaktadır. Fakat literatürde yapılan çalışmalarda araştırmacılar periyodik olarak kuvvetlendirme egzersizleriyle kullanılan plyometrik egzersizlerin, dikey sıçrama performansında, hızlanmada, bacak kuvvetinde ve kas gücünde artış sağladığı gibi vücut farkındalığı ve proprioseptif duyuya da katkı sağlayabildiğini belirtmişlerdir.<sup>22-25</sup> Asadi, plyometrik egzersizlerin uygulanmasıyla periferik ve merkezi sinir adaptasyonları ve nöromusküler faktörlerde iyileşme sağlandığını, bunun da eklem pozisyon duyusunda ve eklem hareketinin farkındalığında gelişmeye neden olduğunu açıklamıştır.<sup>26</sup> Periferik uyarımlar, plyometrik egzersizlerin muhtemelen artiküler mekanoreseptörlerin hareketin son aralığına yakın tekrarlayan uyarılmasından kaynaklanması nedeniyle oluşabilir.<sup>27</sup>

Plyometrik eğitimden kaynaklanan merkezi adaptasyon da propriyosepsiyonu iyileştirebilir.<sup>28</sup> Bizim çalışmamızda hem kara hem de su içi plyometrik egzersiz gruplarında proprioseptif duyuda artış sağlanmıştır. Bu açıdan literatürü desteklemektedir. Çalışmamızda ayrıca su içi plyometrik egzersiz grubunda proprioseptif duyuda daha fazla artış sağlanmıştır. Su içinde yapılan egzersiz ile oluşan türbülans propriyosepsiyon ve denge reaksiyonlarını uyarmaktadır.<sup>29,30</sup> Bu sebeple proprioseptif duyuda daha fazla artış görülmüş olabilir.

Çalışmamızda hem kara grubunda hem de su içi plyometrik egzersiz grubunda dikey sıçrama yüksekliğinde gelişme görüldü. Dikey sıçrama yüksekliğinde su içi plyometrik egzersiz grubuna katılan bireylerde daha fazla artış olduğu belirlendi Pancar vd. hentbol oyuncularıyla yaptıkları çalışmada bir gruba plyometrik egzersizler vermişler, diğer grup ise normal antremanına devam etmişlerdir. Sekiz hafta, haftada 3 gün yaptıkları çalışma sonucunda plyometrik egzersizler verdikleri hentbol oyuncularında dikey sıçrama, durarak uzun atlama, 30 sn mekik testi, 30 sn sınav testlerinde diğer gruba göre anlamlı artış bulduklarını belirtmişlerdir.<sup>31</sup> Kobak vd. kara ve su içi plyometrik egzersizlerin performans parametrelerine etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında su içi plyometrik egzersiz grubunda dikey sıçrama performansında kara plyometrik egzersiz grubuna göre daha fazla artış sağlandığını göstermişlerdir.<sup>1</sup> Martel vd. voleybol oyuncularında su içi ve kara plyometrik egzersizlerin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, su içi plyometrik egzersizleri verdikleri katılımcılarda dikey sıçrama performansında daha fazla artış olduğunu tespit etmişlerdir.<sup>19</sup> Robinson vd. yaptığı çalışmada, hem kara hem su grubunun dikey sıçrama, izokinetik tork ve sprint parametrelerinde belirgin artış belirlemiş ancak su grubunun daha az kas ağrısına maruz kaldığını göstermiştir.<sup>11</sup> Çalışmamızda su içi plyometrik egzersiz grubunda dikey sıçrama performansında literatürle uyumlu olarak kara grubuna göre daha fazla artış sağlandığı belirlendi. Su içi plyometrik egzersizler suyun verdiği direnç sayesinde kara plyometrik egzersizlerine göre dikey sıçrama performansında daha fazla gelişme sağlayabilir.<sup>6</sup> Bu direnç ise egzersizi

uygularken ki hızı ve kuvvet miktarına göre değişkenlik gösterir.<sup>31,32</sup>

### Limitasyonlar

Bu çalışmanın limitasyonu çalışmaya katılan bireylerin erkek popülasyonundan oluşmasıdır.

### Sonuç

Bu çalışmanın sonucu olarak proprioseptif duyu ve dikey sıçrama testinde su içi plyometrik egzersizlerin kara plyometrik egzersizlerine göre daha etkili olduğu, kara plyometrik egzersizlerin ise ekstansiyon kas kuvvetinde su içi plyometrik egzersizlerine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Herhangi bir rehabilitasyon programını başlatırken ve geliştirirken amacına uygun olarak su içi veya kara plyometrik egzersizleri seçilebilir. Bu çalışmadan yola çıkarak proprioseptif duyu ve dikey sıçrama performansında artış için su içi plyometrik egzersizler tercih edilebilir. İzokinetik kas kuvvetinde artış için ise kara plyometrik egzersizleri tercih edilebilir.

**Teşekkür:** Yok

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı:** **BB:** Fikir geliştirmesi, çalışma dizaynı, veri toplama/ işleme, yazma, kritik gözden geçirme; **CK:** Veri toplama/ işleme, literatür araştırması; **SS:** Olguların sağlanması; **ÖB:** Çalışma dizaynı, veri analizi/yorumlama, yazma, kritik gözden geçirme.

**Çıkar Çatışması:** Yok.

**Finans:** Yok.

**Etik Onay:** Bu araştırma protokolü Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (sayı: 2018-01/16, tarih: 26/12/2017) tarafından onaylandı.

## KAYNAKLAR

1. Kobak MS, Rebold MJ, Desalvo R, et al. A comparison of aquatic- vs. land-based plyometrics on various performance variables. *Int J Exerc Sci* 2015;8:134-144.
2. Hewett T, Ford K, Myer G. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med* 2006;34:490-498.

3. Miller MG, Herniman JJ, Ricard MD, et al. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *J Sports Sci Med* 2006;5:459-467.
4. Miller M, Ploeg AH, Holcomb WR, et al. The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power, and torque. *Int J Aquatic Res Ed* 2010;4:39-48.
5. Tsang KKW, DiPasquale AA. Improving the Q:H strength ratio in women using plyometric exercises. *J Strength Cond Res* 2011;25:2740-2745.
6. Colado J, Garcia-Massso X, Gonzalez L, et al. Two-leg squat jumps in water: an effective alternative to dry land jumps. *Int J Sports Med* 2010;2:118-122.
7. Miller MG, Cheatham CC, Porter AR, et al. Chest- and waist-deep aquatic plyometric training and average force, power, and vertical jump performance. *Int J Aquatic Res Ed* 2007;1:145-155.
8. Miller MG, Berry DC, Gliders R, et al. Recommendations for implementing an aquatic plyometric program. *J Strength Cond Res* 2001;23:28-25.
9. Triplett TN, Colado JC, Benavent J, et al. Concentric and impact forces of singleleg jumps in an aquatic environment versus on land. *Med Sci Sport Exerc* 2009;41:1790-1796.
10. Miller M, Ploeg AH, Holcomb WR, et al. The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power, and torque. *Int J Aquatic Res Ed* 2010;4:39-48.
11. Robinson LE, Devor ST, Merrick MA, et al. The effects of land versus aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. *J Strength Cond Res* 2004;18:84-91.
12. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39:175-191.
13. Luebbers PE, Potteiger JA, Hulver MW, et al. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *J Strength Cond Res*. 2003;17:704-709.
14. Parcell AC, Sawyer RD, Tricoli VA, et al. Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1018-1022.
15. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: Quadriceps ratios in Intercollegiate Athletes. *J Athl Train* 2001;36:378-383.
16. Ghasemi GA, Zolaktaf V, Ibrahim K, et al. Evaluation of joint position sense after ACL reconstruction with hamstring tendon auto graft. *Am J Sport Med* 2013;1:52-55.
17. Yücel H. Su İçi Rehabilitasyon. İstanbul Tıp Kitabevi, 2015: 90,91.
18. de Vet HC, Terwee CB, Bouter LM. Current challenges in clinimetrics. *J Clin Epidemiol* 2003;56:1137-1141.
19. Ribeiro F, Oliveira J. Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Arch Gerontol Geriatr* 2010;51:64-67.
20. Martel GF, Harmer ML, Logan JM, et al. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1814-1819.
21. Miller MG, Berry DC, Bullard S, et al. Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *J Sport Rehabil* 2002;11:268-283.
22. Behm DG, Sale DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 1993;15:374-388.
23. Harrison AJ, Gaffney S. Motor development and gender effects on stretching-shortening cycle performance. *J Sci Med Sport* 2001;4:406-415.
24. Myer GD, Ford KR, Brent JL, et al. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *J Strength Cond Res* 2006;20:345-353.
25. Hewett TE, Stroupe, AL, Nance TA, et al. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *American J of Sport Medicine* 1996;24:765-773.
26. Holcomb WR, Lander JE, Rutland RM, et al. A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jumps. *J Strength Cond Res* 1996;10:83-88.
27. Asadi A. Effects of in-season plyometric training on sprint and balance performance in basketball players. *Sport Sci* 2013;1:24-27.
28. Grigg P. Peripheral neural mechanisms in proprioception. *J Sport Reh* 1994;9,1-17.
29. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, et al. Effects of plyometric training on muscle activation strategies and performance in female athletes. *J Athle Train* 2004;39:24-31.
30. Vargas LG. Introduction to Aquatic Therapy. In: Vargas LG, editor. *Aquatic Therapy Interventions and Applications*. Washington, Idyll Arbor, Inc.; 2004:3-38.
31. Pancar Z, Biçer M, Özdal M. 12 – 14 yaş kadın hentbolculara uygulanan 8 haftalık pliometrik antrenmanların seçilmiş bazı kuvvet parametrelerine etkisi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi* 2018;9:18-24.
32. Hewett T, Ford K, Myer G. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med* 2006;3:490-498.