

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON QUADRICEPS AND DORSAL FLEXION MUSCLE STRENGTH IN HANDBALL PLAYERS

*Sedat ÖZCAN**

Sezer TAŞTAN

Ankara Demir Spor Kulübü Antrenörü, Ankara, Türkiye
Orcid: 0000-0002-8944-9036

Hentbolcularda Pliometrik Antrenmanların Quadriceps ve Dorsal Fleksiyon Kas Kuvveti Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Öz

Bu çalışma, 15–20 yaş aralığındaki hentbolcularda uygulanan pliometrik antrenmanların quadriceps ve dorsalfleksiyon kas gruplarının kuvveti üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmaya, Ankara ilinde bulunan 15-20 yaş aralığında toplam 20 sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmaya katılan, antrenman grubu (n=10) ve kontrol grubu (n=10) olmak üzere rastgele örnekleme iki gruba ayrıldı. Antrenman grubuna 6 hafta boyunca haftada 3 gün Pliometrik antrenman programı uygulanmıştır. Kontrol grubu ise normal antrenmanlarına devam etmiştir. Quadriceps kas kuvveti izokinetik dinamometre, dorsalfleksiyon kas kuvveti ise el dinamometresi kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada, grup içi analizleri için Paired t testi analizi, iki grup arasındaki farklılıkları tespit etmek için ise Independent t testi kullanılmıştır. Antrenman grubundaki sporcuların quadriceps ($p<0.05$) ve dorsal fleksiyon ($p<0.01$) kas kuvveti, kontrol grubuna oranla istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Pliometrik antrenmanların, hentbolcularda alt ekstremité kas kuvvetini artırmada etkili olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Pliometrik antrenman, kas kuvveti, hentbol.

Investigation of The Effects of Plyometric Training on Quadriceps and Dorsal Flexion Muscle Strength in Handball Players

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effects of plyometric training on the strength of the quadriceps and dorsiflexion muscle groups in handball players aged between 15 and 20 years. A total of 20 volunteer athletes aged 15-20 from Ankara participated in the study. The participants were randomly divided into two groups: the training group (n=10) and the control group (n=10). The training group underwent a plyometric training program for 6 weeks, 3 days a week, while the control group continued their regular training. Quadriceps muscle strength was measured using an isokinetic dynamometer, and dorsiflexion muscle strength was measured using a hand dynamometer. In the study, paired t-test analysis was used for within-group comparisons, and an independent t-test was used to determine differences between the two groups. A statistically significant difference was found in the quadriceps ($p<0.05$) and dorsiflexion ($p<0.01$) muscle strength of the athletes in the training group compared to the control group. Plyometric training is considered to be effective in increasing lower extremity muscle strength in handball players.

Keywords: Plyometric training, muscle strength, handball.

GİRİŞ

Hentbol dünyada popülerliği gittikçe artan takım sporlarından biridir¹. Hentbol aynı zamanda olimpik bir spor dalıdır². Hentbolun sürekliliği için sporcularda patlayıcı kuvvet, çeviklik ve dayanıklılık gibi fiziksel özelliklerinin olması gerekmektedir³. Hentbolda alt ekstremita kas grubunun istenilen seviyede gelişmiş olması, sporcunun müsabaka esnasında hızlanma, yavaşlama, sıçrama ve yön değiştirme gibi temel eylemleri etkin bir biçimde sahaya yansıtabilmelerine katkı sağlamaktadır⁴. Müsabaka esnasında oyuncu değişiminin sürekli olması, sporcuların saha dışında toparlanmasını sağlar ve bu durum, oyunun hız ve yoğunluğunu artırmaktadır⁵. Bu durum da kas kuvvetini önemli hale getirmektedir. Yapılan bir çalışmada, kuvvet gelişiminin spor açısından önemi vurgulanmıştır. Bundan dolayı kas kuvvetini arttırmaya yönelik yapılan antrenmanların sporcu performanslarına önemli katkılar sunmaktadır⁶. Sporcuların kas kuvvetini arttırmak için planlanan antrenman programları oldukça önemlidir. Bir sporcunun mücadele sırasında, daha iyi bir sıçrama, yavaşlama ve hızlanma gibi becerileri daha iyi yapabilmesi için alt ekstremita kas gelişimini attırmalıdır. Bunlar sporcu performansı açısından oldukça önemli bir faktördür⁷.

Kasların uzamasını ve kasılmasını hızlandırarak paylayıcı kuvvetin etkin bir şekilde gelişimine yardımcı olan pliometrik antrenman; kas gruplarının korunmasını sağlayan önemli bir antrenman yöntemidir⁸. Antrenmanın ana amacı kas liflerinin hızlı kasılmasını sağlamak ve sporcuların patlayıcı gücünü geliştirmektir⁹. Sporcular üzerine yapılan bir araştırmada, pliometrik antrenmanın kas kuvveti ve patlayıcı güç üzerinde olumlu yönde ilerlediği belirtilmiştir¹⁰.

Quadriceps kaslar, sıçrama ve hızlanma gibi becerilerde önemli bir rol oynadığı için, pliometrik egzersizlerin, quadriceps kas kuvveti üzerine etkileri sıçrama becerileri ile doğrudan ilişkilidir⁸. Uygulanan antrenman modeli sonrasında quadriceps kuvvet kasının gelişmesi, sporcunun müsabaka içerisinde hem savunma hem de hücumda etkili olmasına olanak sağlamaktadır.

Sporcunun hücum esnasında gerçekleştirmiş olduğu sıçrama sonrası yere düşerken dengesini koruması spor sağlığı açısından da oldukça önemlidir. Dorsal fleksiyon, bu dengeyi koruma ve aynı zamanda hızlanma becerilerini desteklemektedir¹¹. Ayak bileğindeki stabiliteyi sağlayarak sporcuların ani yön değiştirme ve dengelerini koruma becerilerini iyileştirmektedir. Quadriceps kasının ve dorsal fleksiyon kas kuvvetinin gelişmesi, hentbol sporcusunun performansı açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Kas kuvvetinin ve fiziksel performansın en çok gelişim gösterdiği evre, genç yetişkinlik dönemi ve ergenlik dönemidir¹². Bu dönemlerde pliometrik antrenmanların düzenli bir şekilde yapılması kas kuvveti ve patlayıcı güç üzerinde kalıcı etkiler bırakmaktadır⁹.

Genç sporcular üzerinde yapılan bir çalışmada, kas kasılma liflerinin, hızlı kasılma özelliğini geliştirmek patlayıcı kuvveti arttırmada önemli bir rol oynamaktadır¹³. Hentbolcular üzerinde gerçekleştirilen pliometrik antrenmanların quadriceps ve dorsal fleksiyon kas kuvveti üzerindeki etkilerini inceleyen çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışma bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Çalışmamızın amacı, 15-20 yaş aralığındaki hentbolcularda pliometrik antrenmanların quadriceps ve dorsal fleksiyon kas kuvveti üzerine etkisinin incelenmesidir

MATERYAL VE METOT

Katılımcılar

Çalışmaya, Ankara ilinde bulunan 15-20 yaş aralığında toplam 20 sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmaya katılan antrenman grubu (n=10) ve kontrol grubu (n=10) olmak üzere rastgele örnekleme yöntemiyle iki gruba ayrıldı. Araştırma sürecinde 6 haftalık antrenman programında: antrenman grubuna 3 gün Pliometrik antrenman programı uygulanmıştır. Kontrol grubu ise normal antrenmanlarına devam etmiştir. quadriceps kas kuvveti İzokinetik dinamometre ile belirlenirken, dorsal fleksiyon kas kuvveti el dinamometresi belirlenmiştir. Çalışma öncesinde sporcular yazılı ve sözlü olarak bilgilendirildi ve onamları alınmıştır. Çalışma protokolü Selçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylandı (Protokol numarası: 171/11.03.2025).

Tablo 1. 6 Haftalık Pliometrik Antrenman Programı ve Uygulama Parametreleri

Hafta	Egzersizler	Set x Tekrar	Dinlenme Süresi
1-2	Depth Jump	3x8	90 sn,
	Box Jump	3x10	60 sn,
	Lateral Jump	3x10 (her yön)	60 sn,
	Single-Leg Hop	3x8	90 sn
3-4	Depth Jump	3x8	90 sn,
	Box Jump	3x10	60 sn,
	Lateral Jump	3x10 (her yön)	60 sn,
	Single-Leg Hop	3x8	90 sn,
	Split Squat Jump	3x10	60 sn
5-6	Depth Jump	4x10	90 sn,
	Box Jump	4x12	60 sn,
	Lateral Jump	4x12 (her yön)	60 sn,
	Single-Leg Hop	4x12 (her bacak)	90 sn,
	Split Leap	4x10	60 sn

Quadriceps Kas Kuvveti Ölçümü

Çalışmada hentbolcuların quadriceps kas kuvvetinin değerlendirilmesinde izokinetik dinamometre (Biodex System 4, Shirley, NY, USA) kullanılmıştır. Ölçümler sırasında sporcular oturma pozisyonunda, kalça ve gövde sabitlenmiş şekilde test cihazına yerleştirilmiştir. Diz eklemi fleksiyon-ekstansiyon hareketleri için 60°/s sabit açısal hız kullanılmıştır. Her sporcu için üç tekrar yapılmış, bu tekrarlar arasından en yüksek maksimum tork (Nm) değeri performans göstergesi olarak kaydedilmiştir. Test uygulamasından önce sporculara 5–10 dakika süresince düşük şiddetli aerobik egzersiz ve ardından hedef kas gruplarına yönelik dinamik germe hareketleri içeren bir ısınma protokolü uygulanmıştır. Ölçümler öncesinde katılımcılara testin amacı, uygulanışı ve dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş; testler standart protokollere uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Dorsal Fleksiyon Kas Kuvveti Ölçümü

Hentbolcuların dorsal fleksiyon kas kuvvetleri özel bir adaptasyonla el dinamometresi kullanılarak belirlenmiştir. Ayak bileği nötral pozisyonunda sabitlenerek maksimum kuvvet ölçümü yapılmıştır. Her bir sporcu test öncesi bir kere 3 tekrar yaparak ısınmasını sağlandıktan ve test protokolü hakkında bilgilendirildikten sonra test yapılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda olduğu gibi sporculara ayak bileği nötral pozisyonunda olacak şekilde tutulması ve maksimum kuvvet uygulaması istenmiştir¹¹. Üç ölçümden sonrasında sporcuların en iyi dereceleri kaydedilmiştir. Bu Yöntem dorsifleksiyon gücünü değerlendirmek için güvenilirdir¹⁴.

İstatistiksel Analiz

Çalışmamızın istatistiksel analizi SPSS 25.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. Çalışmada, grup içi analizler için Paired t testi, iki grup arasındaki farklılıkları tespit etmek için ise Independent t testi kullanılmıştır. Sonuçlar “ $p < 0.05$ ” anlamlılık seviyesinde belirlenmiştir.

BULGULAR

Tablo 2. Hentbol Sporcularının Demografik Bilgileri

Değişken	Grup	N	Minimum	Maximum	Ort. $\pm$ SS
Yaş (yıl)	AG	10	15	20	17,5 $\pm$ 1,2
	KG	10	16	20	17,8 $\pm$ 1,1
Boy (cm)	AG	10	170	190	178,4 $\pm$ 6,3
	KG	10	169	185	176,9 $\pm$ 5,8
Vücut ağırlığı (kg)	AG	10	65	80	72,3 $\pm$ 5,7
	KG	10	64	78	70,8 $\pm$ 6,2

Tablo 2 incelendiğinde, antrenman grubunun (AG) yaş ortalaması 17,5 $\pm$ 1,2 yıl, boy ortalaması 178,4 $\pm$ 6,3 cm, vücut ağırlığı ortalaması 72,3 $\pm$ 5,7 kg; kontrol grubunun (KG) yaş ortalaması 17,8 $\pm$ 1,1 yıl, boy ortalaması 176,9 $\pm$ 5,8 cm, vücut ağırlığı ortalaması 70,8 $\pm$ 6,2 kg olarak tespit edildi. Gruplar arasında demografik özellikler açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 3. Antrenman Grubu Bacak Kuvveti Ön-Son Test Karşılaştırılması

Pliometrik	N	Ön Test	Son Test	Fark Ort. $\pm$ SS	t	p
Quadriceps Sağ	10	185,3 $\pm$ 13,1	215,8 $\pm$ 16,4	30,5 $\pm$ 4,5	5,92	0,001*
Quadriceps Sol	10	180,5 $\pm$ 12,3	210,6 $\pm$ 15,7	30,1 $\pm$ 4,2	5,89	0,001*
Dorsiflexiyon Sağ	10	26,4 $\pm$ 2,9	31,7 $\pm$ 3,6	5,3 $\pm$ 1,1	4,89	0,001*
Dorsiflexiyon Sol	10	25,8 $\pm$ 2,8	30,5 $\pm$ 3,5	4,7 $\pm$ 1,0	4,42	0,001*

6 haftalık pliometrik antrenman programı sonrasında antrenman grubunda hem sağ hem de sol quadriceps kas kuvvetinde yaklaşık 30 Nm'lik istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir ($p < 0.001$). Benzer şekilde, dorsal fleksiyon kas kuvvetinde de sağ ve sol taraflarda sırasıyla 5.3 N ve 4.7 N'lik önemli artışlar tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Bu sonuçlar, pliometrik antrenmanların hem büyük kas gruplarında hem de stabilizatör kaslarda kuvvet artışı sağladığını göstermektedir.

Tablo 4. Kontrol Grubu Bacak Kuvveti Ön-Son Test Karşılaştırılması

Pliometrik	N	Ön Test	Son Test	Fark Ort. $\pm$ SS	t	p
Quadriceps Sağ	10	180,2 $\pm$ 12,0	183,6 $\pm$ 12,5	3,4 $\pm$ 1,6	1,32	0,210
Quadriceps Sol	10	178,7 $\pm$ 11,8	182,4 $\pm$ 12,1	3,7 $\pm$ 1,5	1,45	0,178
Dorsiflexiyon Sağ	10	25,9 $\pm$ 2,8	26,6 $\pm$ 2,9	0,7 $\pm$ 0,8	0,78	0,452
Dorsiflexiyon Sol	10	25,5 $\pm$ 2,7	26,1 $\pm$ 2,8	0,6 $\pm$ 0,7	0,75	0,468

Kontrol grubunda 6 haftalık süreçte quadriceps kas kuvvetinde sağ ve sol arasında sadece 3-4 Nm'lik minimal artışlar gözlenmiş ve bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Dorsal fleksiyon kas kuvvetindeki değişimler de (0.6-0.7 N) istatistiksel açıdan önemsizdir ($p > 0.05$).

Tablo 5. Gruplar Arası Karşılaştırma

Parametre	Antrenman Grubu	Son Test Ort.±SS (Nm)	t	p
Quadriceps Sağ	Antrenman Grubu	215,8±16,4	4,89	<0.001
	Kontrol Grubu	183,6±12,5		
Quadriceps Sol	Antrenman Grubu	210,6±15,7	4,56	<0.001
	Kontrol Grubu	182,4±12,1		
Dorsifleksiyon Sağ	Antrenman Grubu	31,7±3,6	4,12	<0.001
	Kontrol Grubu	26,6±2,9		
Dorsifleksiyon Sol	Antrenman Grubu	30,5±3,5	3,78	<0.001
	Kontrol Grubu	26,1±2,8		

Gruplar arası karşılaştırmada, antrenman grubunun quadriceps ve dorsal fleksiyon kas kuvveti değerleri, kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.001$). Bu durum, pliometrik antrenmanların hentbolcuların alt ekstremita kas performansını belirgin şekilde artırdığını göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, 15–20 yaş aralığındaki hentbolcularda 6 haftalık pliometrik antrenman programının, quadriceps ve dorsal fleksiyon kas kuvveti üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bulgular, antrenman grubunda quadriceps ($p<0.001$) ve dorsal fleksiyon ($p<0.001$) kas kuvvetinde, kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, pliometrik antrenmanların alt ekstremita kas kuvvetinin geliştirilmesinde etkili bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

Pliometrik antrenmanların kas kuvveti üzerindeki olumlu etkileri literatürde kapsamlı bir biçimde ele alınmıştır. Bu antrenmanların, eksantrik ve konsantrik kas kasılmalarını optimize ederek kas-tendon ünitesinin elastik özelliklerini geliştirdiği ve bu sayede patlayıcı güç üretimini artırdığı bilinmektedir¹⁵. Hentbol gibi yüksek yoğunluklu, dinamik ve çok yönlü hareketler gerektiren bir sporda, quadriceps kasları sıçrama, hızlanma, yön değiştirme ve ani duruş gibi temel motor becerilerde merkezi bir rol üstlenmektedir. Çalışmamızda gözlemlenen quadriceps kas kuvvetindeki artış, pliometrik egzersizlerin hızlı kasılan (fast-twitch) kas liflerinin aktivasyonunu ve nöromüsküler koordinasyonu geliştirmesiyle açıklanabilir¹⁶. Quadriceps kuvvetindeki bu gelişim, sporcuların dikey sıçrama, hızlanma ve yön değiştirme gibi becerilerinde performans artışı sağlamaktadır. Ayrıca, pliometrik antrenmanların nöromüsküler adaptasyonları desteklediği ve sinir-kas koordinasyonunu güçlendirdiği düşünüldüğünde, bu gelişmelerin saha performansına da olumlu yansımaları olacağı öngörülebilir¹⁷. Bu durum, hentbolcuların hem hücum hem de savunma pozisyonlarında daha rekabetçi bir avantaj elde etmelerine katkı sağlayabilir.

Dorsal fleksiyon kas kuvvetinde de anlamlı düzeyde bir artış gözlemlenmiştir. Ayak bileği stabilitesi ve dorsal fleksiyondaki hareket kabiliyeti, sporcunun denge, yön değiştirme ve sıçrama sonrası oluşabilecek sakatlıkların önlenmesinde kritik bir role sahiptir¹⁸. Antrenman grubuna uygulanan “depth jump” ve “single-leg hop” gibi pliometrik egzersizlerin, tibialis anterior ve ayak bileği çevresindeki kas gruplarını güçlendirdiği, dolayısıyla sporcunun performansını artırdığı söylenebilir. Bu egzersizlerin kademeli ve kontrollü biçimde uygulanması, kas gelişimini sistematik

olarak desteklemiştir. Pliometrik antrenmanlar, yalnızca büyük kas gruplarını değil, aynı zamanda küçük stabilizatör kas gruplarını da geliştirerek sakatlık risklerini azaltmada önemli bir rol üstlenmektedir¹⁹. Dorsal fleksiyon kas kuvvetinin artışı, sporcunun denge becerilerini iyileştirmekte; hareketleri daha kontrollü ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmesine katkı sağlamaktadır. Bu kas grubunun gelişimi, özellikle sıçrama sonrası inişlerde kontrolü artırarak olası sakatlık risklerini minimuma indirmektedir. Ayrıca, bu durum sık rastlanan ayak burkulmalarını ve buna bağlı yaralanmaları önleyerek ayak bileği stabilitesinin korunmasına yardımcı olur. Yüksek tempolu sporlarda, dorsal fleksiyon kas kuvvetinin artışı; yorgunluk durumuna bakılmaksızın hareket kontrolünün sürdürülebilmesine olanak tanır ve böylece sporcu müsabaka boyunca performansını üst düzeyde tutabilir²⁰.

6 haftalık, haftada üç gün süren antrenman programının kas kuvveti gelişimi için yeterli olduğu düşünülmektedir. Nitekim literatürde, pliometrik antrenmanların 6–12 haftalık sürelerde anlamlı etkiler yarattığı belirtilmiştir²¹. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, özellikle genç sporcularda kısa süreli müdahalelerin bile etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, ergenlik ve genç yetişkinlik dönemlerinde kas kuvveti gelişiminin daha hızlı gerçekleştiği göz önüne alındığında, bu yaş grubunun pliometrik antrenmanlara daha duyarlı olduğu söylenebilir²². Bu durum, çalışmamıza katılan 15–20 yaş aralığındaki sporcularda gözlenen gelişmeleri açıklamada anlamlı bir zemin sunmaktadır.

Kontrol grubunda kas kuvvetinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemesi, yalnızca geleneksel hentbol antrenmanlarının quadriceps ve dorsal fleksiyon kas kuvvetini artırmakta yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu durum, pliometrik antrenmanların geleneksel programlara tamamlayıcı bir unsur olarak eklenmesinin önemini vurgulamaktadır. Nitekim, pliometrik egzersizlerin kas-tendon ünitesinin elastik özelliklerini geliştirerek güç üretimini artırdığı ve bu etkilerin geleneksel antrenmanlara kıyasla daha belirgin olduğu, önceki çalışmalarla da desteklenmektedir²³.

Çalışmanın sınırlılıkları arasında, örneklem büyüklüğünün görece küçük olması ve yalnızca 6 haftalık bir uygulama süresinin değerlendirilmesi yer almaktadır. Daha uzun süreli çalışmalar, pliometrik antrenmanların kas kuvveti ve performans üzerindeki kalıcı etkilerini daha net ortaya koyabilir. Ayrıca, bu çalışmada cinsiyet farklılıklarının kas kuvveti gelişimi üzerindeki etkileri incelenmemiştir; gelecek araştırmalarda cinsiyet temelli analizlerin yapılması, bulguların genellenebilirliğini artıracaktır. Bunun yanı sıra, pliometrik antrenmanların farklı yoğunluk ve hacim düzeylerinin karşılaştırılması, daha optimize edilmiş antrenman protokollerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak, Pliometrik uygulamalar, sadece büyük kas gruplarında değil, aynı zamanda denge ve sakatlık önleme açısından önemli küçük kas gruplarında da gelişim sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Hadjisavvas S., Efsthathiou MA., Malliou V., Giannaki CD., Stefanakis M. (2022). Risk factors for shoulder injuries in handball: systematic review. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 14(1), 204. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00588-x>.
2. García-Sánchez C., Navarro RM., Karcher C., de la Rubia A. (2023). Physical demands during official competitions in elite handball: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20(4), 3353. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043353>.
3. Hermassi S., van den Tillaar R., Khlifa R., Chelly MS., Chamari K. (2015). Comparison of in-season-specific resistance vs. a regular throwing training program on throwing velocity, anthropometry, and power performance in elite handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29 (8), 2105-2114. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000855>.
4. Granados C., Izquierdo M., Ibañez J., Bonnabau H., Gorostiaga EM. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*. 28(10), 860-867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>Hadjisavvas.
5. Muñoz A., López-Samanes Á., Domínguez R., Moreno-Pérez V., Sánchez-Oliver AJ., Del Coso J. (2020). Use of sports supplements in competitive handball players: Sex and competitive level differences. *Nutrients*. 12(11), 3357. <https://doi.org/10.3390/nu12113357>.
6. Jakšić D., Maričić S., Maksimović N., Bianco A., Sekulić D., Foretić N., Drid P. (2023). Effects of additional plyometric training on the jump performance of elite male handball players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20(3), 2475. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032475>.
7. Chelly MS., Ghenem MA., Abid K., Hermassi S., Tabka Z., Shephard RJ. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(10), 2670–2676. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e2728f>.
8. Asadi A., Arazı H., Young WB., Sáez de Villarreal E. (2016). The effects of plyometric training on change-of-direction ability: A meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 11(5), 563–573. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0694>.
9. Lloyd RS., Oliver JL., Faigenbaum AD., Howard R., De Ste Croix MBA., Williams CA., Best TM., Alvar BA., Micheli LJ., Thomas DP., Hatfield DL., Cronin JB., Myer GD. (2015). Long-term athletic development - part 1: A pathway for all youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(5), 1439-1450. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000756>.
10. Myer GD., Ford KR., Hewett TE. (2004). Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *Journal of Athletic Training*. 39(4), 352–364.
11. Fong SSM., Tsang WWN., Ng GYF. (2012). Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Research in Developmental Disabilities*. 33(1), 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.08.023>.
12. Malina RM., Bouchard C., Bar-Or O. (2004). Growth, maturation, and physical activity (2nd ed.). *Human Kinetics*. <https://doi.org/10.5040/9781492596837>.

13. Markovic G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*. 41(6), 349-355. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.035113>.
14. Spink MJ., Hulett MD., Raspovic A., Menz HB. (2013). Validity and reliability of a new ankle dorsiflexion measurement device. *Prosthetics and Orthotics International*. 37(4), 289–297. <https://doi.org/10.1177/0309364612465886>
15. Davies G., Riemann BL., Manske R. (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 10(6), 760–786.
16. Sáez de Villarreal E., Requena B., Newton RU. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 13(5), 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.005>.
17. Behm DG., Young JD., Whitten JHD., Reid JC., Quigley PJ., Low J., Li Y., Lima CD., Hodgson DD., Chaouachi A., Prieske O., Granacher U. (2017). Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. 8, 423. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00423>.
18. Hewett TE., Myer GD., Ford KR. (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*. 34(2), 299-311. <https://doi.org/10.1177/0363546505284183>.
19. Ramirez-Campillo R., Álvarez C., García-Hermoso A., Ramírez-Vélez R., Gentil P., Asadi A., Chaabene H., Moran J., Meylan C., García-de-Alcaraz A., Sanchez-Sanchez J., Nakamura FY., Granacher U., Kraemer W., Izquierdo M. (2018). Methodological characteristics and future directions for plyometric jump training research: A scoping review. *Sports Medicine*. 48(5), 1059-1081. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0870-z>.
20. Willems TM., Witvrouw E., De Cock A., De Clercq D. (2007). Gait-related risk factors for exercise-related lower-leg pain during shod running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 39(2), 330-339. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000247001.94470.21>.
21. Slimani M., Chamari K., Miarka B., Del Vecchio FB., Chéour F. (2016). Effects of plyometric training on physical fitness in team sport athletes: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*. 53, 231–247. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0026>.
22. Faigenbaum AD., Kraemer WJ., Blimkie CJR., Jeffreys I., Micheli LJ., Nitka M., Rowland TW. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(5 Suppl), S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>.
23. Markovic G., Mikulic P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*. 40(10), 859-895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>.