



Kayak Branşı Sporcularında Bacak Sertliği ve Reaktif Kuvvet İndeksi Farklılıklarının İncelenmesi

Examination of Differences in Leg Stiffness
and Reactive Strength Index an Ski Athletes

Buket SEVİNDİK AKTAŐI¹

¹Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum
• buketsevindik25@gmail.com • ORCID > 0000-0001-6662-4439

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliř Tarihi/Received: 22 Eylül/September 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 11 Aralık/December 2023

Yıl/Year: 2023 | **Cilt - Volume:** 14 | **Sayı - Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 391-400

Atıf/Cite as: Aktaş Sevindik, B. "Kayak Branşı Sporcularında Bacak Sertliği ve Reaktif Kuvvet İndeksi Farklılıklarının İncelenmesi"
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 14(3), Aralık 2023: 391-400.

Etik Kurul Beyanı/Ethics Committee Approval: "Araştırma için Erzurum Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan 17.08.2023 tarihli ve 09 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır."

KAYAK BRANŞI SPORCULARINDA BACAK SERTLİĞİ VE REAKTİF KUVVET İNDEKSİ FARKLILIKLARININ İNCELENMESİ

ÖZ

Bu araştırma, elit düzeydeki kayakçılarda, bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi (RKİ) arasındaki farklılıklarının incelenmesi amacıyla yapıldı. Araştırmaya yaş ortalaması (18,55±2,86 yıl) boy ortalamaları (172,10±6,05 cm), vücut ağırlığı ortalamaları (65,73±10,79) olmak üzere 5 farklı branşta toplam 40 erkek kayak sporcusu katıldı. Bacak sertliği ölçümü için gerekli veriler Opto Jump protokolleri üzerinden alındı. Bacak sertliği Dalleau G, ve arkadaşlarının oluşturduğu bir eşitlik ile hesaplandı. Reaktif kuvvet indeksi 40 cm standart derinlik sıçrama üzerinden alındı. Değişkenler arasındaki ilişkilerin analizinde pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı uygulandı. Reaktif kuvvet ile bacak sertliği değişkenlerine incelendiğinde; alp disiplini branşında (r=0,801) yüksek, snowboard branşında (r=0,636) orta, biathlon branşında negatif yönde (r=-0,402) zayıf, kayaklı koşu branşında negatif yönde (r=-0,306) düşük, kayakla atlama branşında pozitif yönde (r=0,261) zayıf ilişki tespit edildi (p= 0,001). Diğer branşlar arasında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değişkenleri arasında anlamlı ilişki görülmemiştir. Bu araştırmanın bulguları ile biathlon, kayakla atlama ve kayaklı koşu branşı sporcularında temel güç antrenmanlarını artırarak yüksek kas katılımını üretebileceği ve yüksek katılımı sürdürmede ise patlayıcı egzersizlerin önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Bunlarla birlikte kas katılımı ile hız, ani yön değiştirme ve reaktif hız performansları arasında ilişki olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bacak Sertliği, Kayak, Pliometrik, Reaktif Kuvvet İndeksi.



EXAMINATION OF DIFFERENCES IN LEG STIFFNESS AND REACTIVE STRENGTH INDEX IN SKI ATHLETES

ABSTRACT

This research was conducted to examine the differences between leg stiffness and reactive strength index (RSI) in elite level skiers. A total of 40 male ski athletes (in 5 different branches) with an average age of (18.55±2.86 years), average height of (172.10±6.05 cm) and average body weight of (65.73±10.79) participated in the research. The data required for leg stiffness measurement were obtained via Opto Jump protocols. Leg stiffness was calculated with an equation created by Dalleau G, et al. Reactive strength index was taken from a 40 cm standard depth jump. Pearson product moment correlation coefficient was applied to analyze the relation-

ships between variables. When the variables of reactive strength and leg stiffness are examined; high relationship in alpine skiing ($r=0.801$), medium relationship in snowboarding ($r=0.636$), weak negative relationship ($r=-0.402$) in biathlon, low negative relationship in cross-country skiing ($r=-0.306$), weak positive relationship in ski jumping ($r= 0.261$) were found ($p = 0.001$). No significant relationship was observed between leg stiffness and reactive strength index variables among other branches. With the findings of this research, it is thought that biathlon, ski jumping and cross-country ski athletes can produce high muscle stiffness by increasing basic strength training, and explosive exercises are an important factor in maintaining high stiffness. In addition, it is thought that there is a relationship between muscle stiffness and speed, sudden change of direction and reactive speed performances.

Keywords: Leg Stiffness, Skiing, Plyometrics, Reactive Strength Index.



GİRİŞ

Kas sertliği alt ekstremitedeki eklemlerin bir birleşimi olarak zeminle temas esnasında kas iskelet sisteminin ortalama sertliğini ifade eder (Alexander, 1992). İnsan vücudu ve parçaları bir yay gibi modellenmiştir (Arampatzis ve Brüggemann, 1998). Performans sırasında, bacakların kas-iskelet yapıları dönüşümlü olarak elastik enerjili depolar ve geri döndürür, bu nedenle bacaklar, sporcunun vücut kütlesi tarafından yüklenen yaylar olarak tanımlanabilir ve yay-kütle modelini oluşturur (Blickhan, 1989). Bu model, insanlarda ve diğer hayvanlarda zıplama ve koşma sırasında alt ekstremitelerde elastik enerjinin depolanmasını ve geri dönüşünü açıklamak ve incelemek için yaygın olarak kullanılan bir kavram olmuştur (Brughelli ve Cronin, 2008). Yay kütle modeli kullanılırken incelenen ana mekanik parametre, yaydaki maksimum kuvvetin duruş fazının ortasındaki maksimum bacak sıkıştırmasına oranı olarak tanımlanan bacak yayının sertliğidir (Cavagna ve ark., 1977). Ayrıca, herhangi bir fiziksel yaya karşılık gelmesi de, dikey sertlik terimi, temas sırasında kütle merkezinin dikey hareketini tanımlamak için kullanılır ve kütle merkezinin en düşük noktasına, yani duruş fazının ortasına ulaştığında, maksimum kuvvetin dikey yer değiştirmesi oranı olarak tanımlanır (Cavagna ve ark., 1964). Aktivitenin yapıldığı elastik ve viskoelastik zemin yapı farklılıklarının, insan vücudundaki mekanik enerji oluşumuna etkisi değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle de spor performansı ve bacak sertliği zemin özelliğine bağlı olarak değişebilir (Dalleau ve ark., 1998). Profesyonel kayakçılarda, etkili performans gelişimi için güçlü oranda alt ekstremitte kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır. Sporcuların performansını değerlendirmek ve uygun antrenman programlarını oluşturmak için doğru ölçüm yöntemlerini kullanmak önemlidir. Kayak branşı sporcularında sergilenen kas aktivasyonları için performans ölçüm yöntemlerini kullanma ve bu yöntemler ışığında da branşlara özgü analizler yapılması gerekmektedir.

Kayak, orta dereceden yüksek dereceye kadar aerobik ve anaerobik güce ihtiyaç duyulan bir spor branşıdır (Aktaş, 2009). Kar spor branşları genellikle dayanıklılık, denge, çabukluk, koordinasyon ve patlayıcı güç gibi ortak özellikleri bulunmaktadır. Bunların temelinde ise kuvvet önemli bir rol oynamaktadır. Kuvvet, performans sporlarında başarıyı etkileyen ana faktörlerdendir. Kuvvet ve güç, spor başarısının temel belirleyicileridir, ancak bu niteliklerin ne derece önemli olduğu spor etkinliğinin türüne bağlıdır. Böylelikle hedeflenen niteliklere uygun fiziksel adaptasyonlar, antrenman yöntemleriyle geliştirilebilmektedir (Thomas ve ark., 2015).

Reaktif kuvvet, bir kasın eksantrik kasılmadan konsantrik kasılmaya hızlı bir şekilde geçme yeteneği olarak tanımlanabilir (Djevalikian, 1992). Minimal bir sürede maksimum kuvvet geliştirme becerisi birçok spor disiplini için gereklidir. Reaktif kuvvet indeksi ise genellikle derinlik sıçraması yaptırılarak zemindeki temas süresine bölünerek hesaplanmaktadır. RKİ kuvvetin bir ölçüsüdür ve kuvveti geliştirme zamanıdır. RKİ sporcuların antrenman kalitesini değerlendirmek için pratik bir yol ve alt ekstremitte zayıflığına sahip olanlar için fonksiyonel yeterliliğin tanısal testi olarak güvenilir bir bilimsel önlem olarak bulunmuştur (Ebben ve Petushek, 2010). Kayak branşları yapılış itibarıyla özellikle alp disiplini, snowboard ve kayakla atlama sık ve kısa patlayıcı aktiviteler ile karakterizedir. Start alınandan finish alınan kadar yapılan çıkıştaki paten atmalar, rampadaki sıçrama anı, slalom kapıları arasındaki saliselerle ifade edilen çabukluklar bu patlayıcı hareketler arasında yer almaktadır. Bu tür sporlarda hızlı ve güçlü kas kasılmalarına ihtiyaç duyulur ve pliometrik antrenmanlarla bu kas kasılmalarının geliştirilmesine yardımcı olunur. RKİ, derinlik sıçramaları ve pliometrik egzersizler gibi aktiviteler sırasında kas-tendon kompleksi üzerindeki stresi izleyen bir mekanizma olarak geliştirilmiştir. Bununla beraber, gerilme kısalma döngüsünün optimum kullanımı için bir miktar bacak sertliği gerekmektedir. Yeterli bir bacak sertliği, hareketin yüklemesi kısmı sırasında ortaya çıkan kas-iskelet sisteminde depolanan elastik enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. RKİ, kas-tendon biriminin hızlı bir eksantrik kasılmanın ardından güçlü bir şekilde konsantrik harekete hızlı bir şekilde değişme yeteneği açıklanır (Ebben ve Petushek, 2010). Etkili pliometrik ve sprint için temel olarak kabul edilen esneme-kısalma döngüsü işlevi, bacak sertliği ve reaktif güç indeksi (RSI) ölçümleri ile tahmin edilebilir (Lloyd ve ark., 2010). RKİ ve bacak sertliği kas performansını izlemek için en önemli iki ölçüm yöntemleridir. Sporcuların performansında antrenörler ve kondisyonerlerin bu konuda bilinçli olması ve uygun çalışma yöntemlerini uygulamaları, sporcuların uzun vadeli başarıları için önemlidir. Performans sporlarından olan kayak branşlarında da bu alanda yapılan çalışmalara katkıda bulunması da genel bilgi birikimini artırarak literatüre değer katacağı düşünülmektedir. Bu araştırmada, kayak branşı sporcularının reaktif kuvvet indeksi ile bacak sertliği arasında ilişkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmaya farklı kayak sporu branşları (alp disiplini, snowboard, kayaklı koşu, biathlon ve kayakla atlama) kapsamında 15-23 yaş grubunda (yaş ortalamaları $18,55 \pm 2,86$ yıl, boy uzunluğu ortalamaları $172,1 \pm 6,05$ cm, vücut ağırlığı ortalamaları $65,73 \pm 10,79$ kg) olan elit düzeyde yarış yapan 40 erkek sporcu (her bir branşta 8 kişi) dahil edilmiştir. Sporculara yapılacak olan testler hakkındaki zorunlu bilgilendirmeler yapıldıktan sonra gönüllü onam formları imzalatılmıştır. Araştırmanın yapılabilmesi amacıyla Erzurum Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulundan gerekli izin alınmış (17.08.2023-Karar No: 09) ve çalışma Helsinki Deklarasyonuna uygun olarak yapılmıştır. Ayrıca makalenin yönteminde “mevcut araştırma süresince, Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” çerçevesinde hareket edilmiştir.

Verilerin Toplama Araçları

Antropometrik Ölçümler ve Vücut Kompozisyonu

Sporcuların boyları ± 1 mm hassasiyetindeki (Holtain, UK) stadiometre ile ölçülmüştür. Sporcuların ağırlıkları ölçümü, Tanita marka (BC, 418 Tanita, Japan) 100 gram hassaslığındaki vücut kompozisyon analizörü ile yapılmıştır.

Bacak Sertliği

Sporculardan ısınmaları için, hafif tempo koşular, esneme egzersizleri ve küçük sıçramalar yapılması istendi. Beş dakikalık dinlenmenin ardından, 7 sıçramadan oluşan Opto jump Next* (Microgate, Bolzano, italya) Stiffness protokolü uygulandı. Sporcuların sıçramaları, eller belde mümkün olan en yüksek düzeyde ve minimum temas süresiyle gerçekleştirmeleri istendi. Bacak sertliği, aşağıda verilen Dalleau ve arkadaşlarının oluşturduğu eşitlik ile hesaplandı (Dalleau et al., 2004).

$$\text{Bacak Sertliği} = \frac{\text{Vücut Ağırlığı} \times \pi (\text{Uçuş zamanı} + \text{Temas zamanı})}{\text{Kontak zamanı}^2 \times \left(\left(\frac{\text{Uçuş zamanı} + \text{Temas zamanı}}{\pi} \right) - \left(\frac{\text{Temas zamanı}}{4} \right) \right)}$$

Reaktif Kuvvet İndeksi

Sporculardan tempo koşuları, esneme egzersizleri ve küçük sıçramalar içeren standart bir ısınma gerçekleştirmeleri istendi. Katılımcılara beş dakikalık bir dinlenmenin ardından 40 cm yükseklikteki bir kutu üstünde eller belde, dizler tam olarak ekstensiyon pozisyonunda ve vücudunu dik pozisyonda tutarak, mümkün olan en yüksek hızla çöküp dikey olarak sıçraması istendi (Healy et al., 2016). Sıçramanın herhangi aşamasında ellerin belden ayrılması ve sıçramanın

uçuş evresinde dizlerin çekilmesi hatalı hareket olarak değerlendirildi. Hatalı hareketlerde test tekrarlandı. RKİ ölçümleri Optojump Next® (Microgate, Bolzano, italya) cihazı ile alındı.

İstatiksel Analiz

Analizler için SPSS 26.0 paket programı kullanılmıştır. Verilerin analizinde normal dağılıma uygunluğu, Shapiro-Wilk testinden yararlanılarak verilerin tamamının normal dağılım varsayımlarını sağladığı tespit edildi. Değişkenler arasındaki ilişkilerin analizinde Pearson Korelasyon Katsayısı Korelasyon (pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı) testi uygulandı. Korelasyon testi sınıflaması; 0,00-0,25 çok zayıf, 0,26-0,49 zayıf, 0,50-0,69 orta, 0,70-0,89 yüksek, 0,90-1,00 çok yüksek ilişki olarak alınmıştır.

BULGULAR

Katılımcıların yaş, boy ve kilo parametrelerinde istatistiksel bulguları; aritmetik ortalama, standart sapma değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kayak branşı sporcularının tanımlayıcı bilgileri

	n	Biathlon	K. Koşu	A. Disiplini	Snowboard	K. Atlama	Toplam
		Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S
Yaş		17,6±2,56	19±2,13	17,37±1,18	18,87±3,04	19,87±4,35	18,55±2,86
Vücut Ağırlığı	8	61,5±6,74	72,38±7,6	68,87±12,3	70,37±10,9	55,5±6,86	65,73±10,79
Boy		167,3±5,7	175±6,84	171,75±6,4	174,12±3,75	172,25±5,36	172,1±6,05

Kayak branşı gruplarının leg stiffness ve reaktif kuvvet indeksi değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Kayaklı koşu (30,74±5,49) ve snowboard (26,33±8,30) branşlarının bacak sertliği değerleri grup ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Kayaklı koşu (1,68±0,68) ve snowboard (1,47±0,48) branşlarının da reaktif kuvvet indeksi grup ortalamasının (1,42±9,42) üzerinde tespit olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Kar sporları sporcularının leg stiffness ve rki değerleri

	n	Alp Disiplini	K. Koşu	Snowboard	K. Atlama	Biathlon	Toplam
		Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S	Ort.±S.S
Bacak Sertliği	8	24,63±6,86	30,74±5,49	26,33±8,30	20,89±1,55	22,79±6,01	25,07±6,69
RKİ		1,42±0,42	1,68±0,68	1,47±0,48	1,28±0,38	1,08±0,31	1,42±9,42

Bacak Sertliği ile reaktif kuvvet arasındaki ilişkiler Tablo 3'te gösterilmektedir. Bacak sertliğinin reaktif kuvvet ile değişkenlerine bakıldığında alp disiplini branşında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değerleri arasında ($r=0,801$; $p<0,01$) yüksek ilişki bulunmuşken, snowboard branşında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi arasında ($r= 0,636$; $p<0,05$) orta ilişki tespit edilmiştir. Diğer branşlar arasında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değişkenleri arasında anlamlı ilişki görülmemiştir ($p=>0,05$).

Tablo 3. Bacak sertliği ile reaktif kuvvet arasındaki korelasyonlar

Branş		Leg Stiffness	RSI
Biathlon	Leg Stiffness	1	-0,402
	RSI	-0,402	1
Kayaklı Koşu	Leg Stiffness	1	-0,306
	RSI	-0,306	1
Alp Disiplini	Leg Stiffness	1	,801**
	RSI	,801**	1
Snowboard	Leg Stiffness	1	,636*
	RSI	,636*	1
Kayakla Atlama	Leg Stiffness	1	0,261
	RSI	0,261	1

** $p<0,01$ * $p<0,05$

TARTIŞMA

Kayak branşı sporcularının reaktif kuvvet indeksi ve kas katılığı arasındaki ilişkinin incelenmesinin amaçlandığı bu çalışmada; kayaklı koşu ($30,74\pm 5,49$) ve snowboard ($26,33\pm 8,30$) branşlarının bacak sertliği değerleri grup ortalamasının üzerinde olduğu, reaktif kuvvet indekslerinde ise alp disiplini ($1,42\pm 0,42$), kayaklı koşu ($1,68\pm 0,68$) ve snowboard ($1,47\pm 0,48$) branşlarının da grup ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Reaktif kuvvet ile bacak sertliği arasındaki değişkenlere bakıldığında alp disiplini branşında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değerleri arasında ($r=0,801$; $p<0,01$) yüksek ilişki bulunmuşken, snowboard branşında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi arasında ($r= 0,636$; $p<0,05$) orta ilişki tespit edilmiştir. Diğer branşlar arasında bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değişkenleri arasında anlamlı ilişki görülmemiştir ($p=>0,05$). Ayrıca biathlon, kayaklı koşu branşlarında negatif yönde zayıf ve kayaklı atlama branşında ise anlamsız ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Gerilme-kısalma döngüsü olarak adlandırılan, koşma, sıçrama gibi kasların eksantrik kasılmaları konsantrik kasılmaların döngüsel olarak takip ettiği tek-

rarlı hareketlerde performansı belirleyen özelliklerden bir tanesi bacak sertliğidir (Komi, 2000 ; Bret ve ark., 2002; Morin ve ark., 2005). Bacak sertliğini etkili bir şekilde kullanabilen bir sporcunun eksantrik kasılmada daha fazla elastik potansiyel enerji depolayacağı ve konsantrik kasılmanın gerçekleştiği itme fazı sırasında daha fazla kuvvet üretebileceği belirtilmektedir (Wilson ve Flanagan, 2008). Kayak branşı sporcularının tekrarlayan kasılmalarda güç üretiminin verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için bacak sertliklerinin iyi düzeyde olması gerektiği düşünülmektedir. Alt ekstremitenin kassal sertlik özelliklerinin, atlama, kayma ve yön değiştirme gibi çoğu sporda baskın olan çeşitli atletik görevlerdeki performansı etkilediği gösterilmiştir. Bu gerilme-kısalma döngüsü aktivitelerinde elastik enerjinin etkili bir şekilde depolanması ve tekrar kullanılması için belirli bir miktarda alt ekstremitte sertliği gereklidir (Brazier ve ark., 2019). Kerdok ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yüksek bacak sertliğine sahip olan bireylerin koşu sırasında enerji kullanımının düşük olduğunu tespit etmişlerdir. (Kerdok ve ark.,2002) Kayaklı koşu (30,74±5,49) ve snowboard (26,33±8,30) branşlarının bacak sertliği değerlerinin grup ortalamasının üzerinde olduğu bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ikinci ve üçüncü lig tenis sporcularının İtalyan kısa mesafe sürat koşucuları ve elit kayakçılarla yüksek seviyede aynı kas katılığına sahip olduğu bulunmuştur (Durand ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar incelendiğinde; kayaklı koşuculara, bacak kas kuvveti kaslarının artan hızlı aktivasyonu bacak sertliği ile olumlu gelişmelere rastlanması (Mikkola ve ark., 2007) çalışmanın bu sonucunu desteklediği göstermektedir. Kayaklı koşu branşında çıkış ve varış anındaki sprintler ve tırmanmalar, yoğun patlayıcı güç içeren antrenmanlar olmasından dolayı en yüksek bacak sertliğine sahip branş olduğu düşünülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre snowboard branşının bacak sertliğinin grup ortalamasının üzerinde olması, snowboard branşında farklı kapı kombinasyonları arasında kayarken hızlı ve hassas dönüşler yapılması sporcuların bacak sertliği değerlerini olumlu etkilediği düşünülmektedir. Bacak sertliği yer ile temas halinde olan bütün ekstremitelerin ortalama sertliğini temsil eder (Demirbüken, 2010). Kayaklı atlama, biathlon ve alp disiplini sporcularının bacak sertliği grup ortalamasının altındadır. Aktivitenin yapıldığı elastik ve viskoelastik zemin yapı farklılıklarının, insan vücudundaki mekanik enerji oluşumuna etkisi değişkenlik göstermektedir (Dalleau ve ark.,1998). Bu nedenle de spor performansı ve bacak sertliği zemin özelliğine bağlı olarak değişebilir. Bu üç branşın performanslarının iyileştirilmesi için sporcuların yerde kalış süresinin kısaltılması ve havada kalış süresinin uzatılması ve kasın mümkün olan en kısa sürede maksimum kuvvete ulaşmasını hedefleyen pliometrik çalışmaların yaptırılması gerektiği düşünülmektedir.

Bacak sertliğinin yanı sıra gerilme-kısalma döngüsü aktiviteleri değerlendirilmenin bir başka yöntemi, reaktif kuvvet indeksidir (Sert, 2016 ; Lloyd ve ark., 2011; Bret ve ark., 2002). Reaktif kuvvet indeksi kas tendon kompleksinin hızlı bir eksantrik kasılmanın hemen ardından konsantrik kasılma sırasında daha fazla kuvvet

üretme yeteneği olarak bilinir. (Beattie ve ark., 2017). Çalışmamızda alp disiplini ($1,42\pm 0,42$), kayaklı koşu ($1,68\pm 0,68$) ve snowboard ($1,47\pm 0,48$) branşlarının da reaktif kuvvet indeksi ise grup ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu üç branş arasında özellikle alp ve snowboard branşlarının temel özelliklerinden birisi de yüksek kasılma hızıdır.

Bir sporcunun patlayıcılık ve hızlı güç yeteneklerini değerlendirmek için kullanılan reaktif kuvvet indeksi bir ölçüttür ve ana merkezinde pliometrik egzersizler yer almaktadır. Bu egzersizler, kaslara gerilme enerjisi depolama ve bırakma yeteneği kazandırarak reaktif kuvvetin artmasına yardımcı olur. Kayak branşları, patlayıcılık ve anaerobik güç gerektiren bir branş olduğundan sporcuların performansını artırmak için patlayıcılık ve anaerobik güç odaklı antrenmanlar oldukça önemlidir. Literatür incelendiğinde, pliometrik antrenmanın reaktif kuvvet indeksi ve bacak sertliği üzerine yapılan çalışmada hem erkek hem de kadınlarda reaktif kuvvet indeksini ve bacak sertliğini artırdığını göstermiştir (Elbe AM, 2018). Başka bir çalışmada ise pliometrik antrenmanların reaktif kuvvet indeksi üzerindeki etkisi incelenmiş, reaktif kuvvet indeksini önemli ölçüde artırdığı bulunmuştur (Kümmel J, 2016). Yapılan araştırmalar, pliometrik antrenmanların reaktif kuvvet indeksi üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada ise kayaklı atlama ve biathlon sporcularının antrenmanlarında etkisinin olduğu ancak anlamlı bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir. Fakat antrenman sıklığı ve süresinin daha fazla olduğu farklı çalışmalarda daha farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle, sporcuların performansını artırmak ve sakatlanma riskini azaltmak için antrenman programlarına bu tür egzersizleri eklemeleri önerilmektedir.

Genç tenis oyuncularında kas katılığı ile reaktif sürat, yön değiştirme hızı, sürat, sıçrama yüksekliği ve reaktif güç parametreleri arasındaki korelasyonlar arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmıştır (Sert, 2016). Çalışmamızda alp disiplini ve snowboard sporcularının bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değerleri arasında sırasıyla ($r=0,801$; $p<0,01$), ($r= 0,636$; $p<0,05$) pozitif yönde ilişki bulunmuştur. Alp disiplini ve snowboard branşlarında kapı kombinasyonları geçişleri, sık sık yön değiştirmeler içerdiği için, aşırı ayak bileği ve diz kullanımı ön planda olması bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değerlerinin yüksek çıktığı tahmin edilmektedir. Ayrıca bu iki branş yapılış itibarıyla üst düzeyde patlayıcı kuvvet içerdiğinden bacak sertliği ve reaktif kuvvet indeksi değerlerinin iyi çıktığı düşünülmektedir. Biathlon, kayaklı koşu ve kayaklı atlama sporcularının bacak sertliği ve RKİ değerlerinin düşük ya da anlamsız çıkmasını uygulatılan antrenman metotları ve branş farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda kayaklı atlama, biathlon ve alp disiplini branşlarının bacak sertliği değerleri, kayaklı atlama ve biathlon branşlarının da reaktif kuvvet indeksi grup ortalamasının altında olduğu ayrıca biathlon, kayaklı koşu ve kayaklı atlama sporcularının da bacak sertliği ve RKİ değerlerinin düşük ya da anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Temel güç antrenmanlarının kas katılımını arttırabileceğini, yüksek katılımı üretmek ve sürdürmek içinde patlayıcı egzersizlerin maksimum performansın artırılmasında önemli bir faktör olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte kas katılımı ile sürat, ani yön değiştirme ve reaktif sürat performansları arasında ilişki olduğu düşünülmektedir. Sporcularda iyi bir performansın ortaya koyulması için yerde kalış süresinin sifıra yakın olması ve havada kalış süresinin uzun olması beklenilmektedir. Sporcuların en kısa sürede maksimum kuvvete ulaşmasını hedefleyen pliometrik çalışmalar yaptırılması önerilmektedir.

Teşekkür ve Bilgi Beyanı

Araştırmanın ölçümleri için Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezine teşekkür ediyorum. Ayrıca çalışmaya katılan tüm sporcularımıza ve ölçümlere katkıda bulunan Prof. Dr. Fatih Kıyıcı ve Serhat Aktaş'a teşekkür ediyorum.

Çıkar Çatışması

Makalenin yazarının çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Aktaş, S. (2009). Elit Düzeydeki Alp Disiplini Kayakçılarında Dengenin Performans Üzerine Etkisi, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Alexander, R. M. (1992). A model of bipedal locomotion on compliant legs. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 338(1284), 189-198.
- Arampatzis, A., & Brüggemann, G.-P. (1998). A mathematical high bar-human body model for analysing and interpreting mechanical-energetic processes on the high bar. *Journal of Biomechanics*, 31(12), 1083-1092. doi: 10.1016/S0021-9290(98)00134-1
- Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., & Kenny, I. C. (2017). The relationship between maximal strength and reactive strength. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 548-553. doi: 10.1123/ijsp.2016-0216
- Blickhan, R. (1989). The spring-mass model for running and hopping. *Journal of biomechanics*, 22(11-12), 1217-1227.
- Brazier, J., Maloney, S., Bishop, C., Read, P. J., & Turner, A. N. (2019). Lower extremity stiffness: considerations for testing, performance enhancement, and injury risk. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(4), 1156-1166.
- Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A., Messonnier, L., & Lacour, J. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(3), 274.
- Brughelli, M., & Cronin, J. (2008). Influence of running velocity on vertical, leg and joint stiffness: modelling and recommendations for future research. *Sports medicine*, 38, 647-657. doi: 10.2165/00007256-200838080-00003
- Cavagna, G. A., Heglund, N. C., & Taylor, C. R. (1977). Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 233(5), R243-R261.
- Cavagna, G. A., Saibene, F. P., & Margaria, R. (1964). Mechanical work in running. *Journal of applied physiology*, 19(2), 249-256.

- Dalleau, G., Belli, A., Bourdin, M., & Lacour, J.-R. (1998). The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77, 257-263.
- Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J.-R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International journal of sports medicine*, 25(03), 170-176.
- Demirbüken, İ. (2010). *Bacak sertliğinin kadın ve erkek olgularda farklı zıplama koşullarına adaptasyonu* DEÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Djevalikian, R. (1992). The relationship between asymmetrical leg power and change of running direction.
- Durand, S., Ripamonti, M., Beaune, B., & Rahmani, A. (2010). Leg ability factors in tennis players. *International journal of sports medicine*, 882-886. doi: 10.1055/S-0030-1265202
- Ebben, W. P., & Petushek, E. J. (2010). Using the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 1983-1987. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e72466
- Elbe AM, S. J., Nielsen G, Bangsbo J. E. (2018). Effects of plyometric training on reactive strength index and leg stiffness in male and female adolescents. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(39):2361-2368.
- Healy, R., Kenny, I. C., & Harrison, A. J. (2016). Assessing reactive strength measures in jumping and hopping using the Optojump™ system. *Journal of human kinetics*, 54(1), 23-32.
- Kerdok, A. E., Biewener, A. A., McMahon, T. A., Weyand, P. G., & Herr, H. M. (2002). Energetics and mechanics of human running on surfaces of different stiffnesses. *Journal of applied physiology*.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of biomechanics*, 33(10), 1197-1206.
- Kümmel J, B. K., Latin RW. (2016). The effect of plyometric training on the reactive strength index: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(12):3377-3385.
- Lloyd, R., Hughes, J., & Williams, M. (2010). The Effects Of Growth And Maturation On Leg Stiffness And Reactive Strength Index In Youths Aged 7-18 Years. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24, 1.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2011). The influence of chronological age on periods of accelerated adaptation of stretch-shortening cycle performance in pre and postpubescent boys. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1889-1897. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e7faa8
- Mikkola, J. S., Rusko, H. K., Nummela, A. T., Paavolainen, L. M., & Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 613-620.
- Morin, J.-B., Dalleau, G., Kyröläinen, H., Jeannin, T., & Belli, A. (2005). A simple method for measuring stiffness during running. *Journal of applied biomechanics*, 21(2), 167-180.
- Sert, V. (2016). *Genç tenis oyuncularında bacak gücü ve katılığı: sürat ve çeviklik performansı ile ilişkisi* Sakarya Üniversitesi.
- Thomas, C., Jones, P. A., & Comfort, P. (2015). Reliability of the dynamic strength index in college athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 10(5), 542-545. doi: 10.1123/IJSP.2014-0255
- Wilson, J. M., & Flanagan, E. P. (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1705-1715. doi: 10.1519/JSC.0b013e31817ae4a7