

SPRINTER VE ATLAYICILARIN HAMSTRING/QUADRICEPS KUVVET ORANLARININ DÜZELTİLMESİNDE İZOMETRİK EGZERSİZİN ETKİLERİ

MUZAFFER ÇOLAKOĞLU*, SEMİH SELAMOĞLU**,
NİHAT GÜNDÜZ*** ŞABAN ACARBAY**, SERRA ÇOLAKOĞLU****

ÖZET:

Hazırlık periyodu antrenmanlarına devam etmekte olan 11 elit, erkek sprinter ve atlayıcı atletin hamstring/quadriceps peak-torque* (H/Q Pt) ve güç (H/Q ap) oranlarını değerlendirip, bu konudaki dengesizlikleri giderilebilmek amacıyla, Cybex 11-340 izometrik dinamometre ile 60-180-300°/sn'lik açısal hızlarda testlemeler yapılmıştır. H/Q pt oranları 60°/sn için düşük olan 5 sporcu deney grubunda, normal sınırlarda olan 5 sporcu ise kontrol grubunda yer almıştır. Bir sporcunun H/Q oranı normalin altında olan sol bacağı deney grubunda yer alırken normal düzeyde olan sağ bacağı ise kontrol grubunda değerlendirilmiştir. Deney grubunda ki sporcular rutin antrenmanlarına devam ederlerken, aynı zamanda David's Rehab-Trainer sisteminde 5 hafta süren, toplam 100 seanslık ek bir izometrik egzersiz programı uygulanmıştır. Deney grubunun H/Q pt oranları 60°/sn'de, % 58.4'ten % 64.0'e yükselmiştir ($p<0.05$). Fakat, bu programın yüksek açısal hızlarda ne kuvvet ne de güç değerlerine anlamlı bir etkisi görülmemiştir. Bu arada, sadece rutin antrenmanlarına devam etmekte olan kontrol grubunun H/Q pt oranları 60°/sn'de düşmüştür. Bundan dolayı, sprinter ve atlayıcıların antrenmanlarında hamstring kuvveti gelişimine gerekli önemin verilmediği, bunun sonucunda da H/Q oranlarının gittikçe düşerek bir yaralanma faktörü haline gelebileceği sonucuna varılmıştır. (* Pik rotasyon kuvveti.)

EFFECTS OF ISOMETRIC EXERCISE ON IMPROVING HAMSTRING/ QUADRICEPS PEAK-TORQUE RATIOS OF SPRINTERS AND JUMPERS ABSTRACT:

The purpose of this study was to evaluate and try to improve the low H/Q ratios of eleven elite male sprinters and jumpers at the preparatory season. Cybex 11-340 isokinetic dynamometer was used for evaluating H/Q ratios at 60-180-300°/sec, and david's Rehab-Trainer exercise system was used for practising isometric program. Subjects with low H/Q ratios were practised isometrically for 5 weeks (2 sessions per week) while they were continuing their routine training program. Five subjects with low H/Q ratios in 60°/sec were in the experimental group and five subjects with normal ra-

*E.Ü Beden Eğitimi Bölümü ** GSİM İzmir Sporcu Sağlık Merkezi

*** CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Y.O. **** EÜ Tıp Fakültesi

tios were in the control. Additionally, left leg of one subject with low H/Q peak-torque ratio in 60°/sec was in the experimental group and right leg with normal ratio was in the control. Average H/Q peak-torque ratio of this group increased from 58.4 % to 64.0 % at 60°/sec $5p<0.05$). However, at higher velocities no significant effect of this isometric exercise program was observed. Meanwhile, subject in the control group, performing only their routine training program, had decreases in their H/Q ratios at 60°/sec. Therefore, it has been concluded that adequate emphasis is not given for hamstring strengthening in sprinters and jumpers, so that H/Q ratios tend to decrease to a limit that may cause an injury.

GİRİŞ:

H/Q (Lamstring/Quadriceps) dengesi, artiküler stabilizasyonda önemli bir rol oynar. H/Q oranı normalin dışına çıktığında eklem ve kas yaralanmaları için bir risk faktörü olabilir (6, 18, 38). Cambell ve Glenn (8), H/Q peak-torque (H/Q pt) oranının, kas fonksiyonunu değerlendirmede mutlak kuvvetten daha iyi bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Birçok raporda bu oran % 50-80 olarak bildirilmiştir. (1,6,11,18,19,28,29). Burkett (6), diz fleksörlerinin zayıflığı nedeniyle H/Q pt oranındaki düşüklüğün, hamstring strainlerinde önemli bir faktör olduğunu ve bu oranın düzeltilmesi ile, şikayetlerin ortadan kalktığını rapor etmiştir. Atletler arasında strain tipi kas yaralanmaları genellikle yoğun ve uzun süren koşular veya atlamalar esnasında, büyük eksantrik kasılmalarla frenlemeler ortaya koyan hamstring kas grubunda meydana gelir (3,4,6,17,40,41).

Bu çalışmanın amacı; süregelen antrenman programlarıdaki dengesizlik veya daha önceden geçirilmiş sakatlıklar nedeniyle H/Q oranları normal sınırlar dışında olan atletleri, genellikle izotonik olan kendi antrenman programlarına devam ederlerken, ek izometrik egzersiz programına alarak, H/Q oranlarını normal değerlere yaklaştırmada bu izometrik egzersiz programının etkilerini gözlemektir.

METOD:

Denekler: Hazırlık periyodu antrenmanlarına devam etmekte olan, 20-30 yaşlarında, 11 sağlıklı erkek sporcu gönüllü olarak çalışmada yer aldı. Sporcuların çalışmaya katılan her bir bacağı denek olarak kabul edildi. 5 sporcu deney grubunda, 5 sporcu kontrol grubunda, 1 sporcunun normal değerlerin altında olan bir bacağı deney grubunda, diğer bacağı kontrol grubunda değerlendirildi. Sporcuların tümü sprint ve atlama disiplinlerinde yarışan birinci lig atletlerinden seçildi. Hiç birisinin son 6 ay içinde hamstring veya quadriceps kaslarının kuvvetini azaltıcı bir kas yaralanması veya bağ dokusu has-

talığı geçirmediği tespit edildi. Ölçümler, microsiklus içindeki en hafif antrenmandan bir sonraki gün ve o günkü antrenman seansı öncesinde gerçekleştirildi.

Prosedür: Testlemelerin öncesinde, 8 dk treadmill koşusu ve 10 dk stretching olmak üzere standart bir ısınma uygulandı.

Kuvvet ölçümleri, Cybex 11-340 izokinetik ekstemite testleme sistemiyle, Cybex'in standart protokolüne uygun olarak 60-180-300°/sn'lik açısal hızlarda yapıldı (10). Ölçümler esnasında denekler test koltuğuna 80 derecelik bir uyluk-göde açısıyla oturuyorlardı. Maksimum istemli kasılmalar esnasında yandaki tutamaklardan tutmalarına izin veriliyordu. Dinamometrenin rotasyon aksisi, elde edilecek sonuçların etkilenmemesi için, test edilen dizin anatomik aksisi ile aynı hizadaydı (34). Uyluk, kalça ve gövde bantlarla sabitleştirildi. Bacak, dinamometrenin koluna bileğin üst kısmından sistemin özel bantlarıyla bağlandı. Denekler sözlü olarak teşvik edilerek, maksimum kasılmalar oluşturmaya çalışmaları sağlandı.

Egzersiz programı: Kontrol grubu, sadece rutin antrenmanlarını yapmaya devam ederken, deney grubu David's Rehab-Trainer izotonik-izometrik sisteminde 5 hafta boyunca, haftada 2 kez, 3'er set ve her sette 5'er tekrar olmak üzere izometrik egzersiz programı uyguladılar. Tekrarlarda yüklenme süresi 10 sn. idi.

Aynı gün endurans antrenmanı ile birlikte kuvvet antrenmanı yapmak kuv-



Resim 1: Cybex 11-340 izokinetik dinamometre'de testleme.

vet gelişimini engelleyeceğinden (44), ek izometrik egzersiz programı deneklerin endurans antrenmanı olmayan günlerine yerleştirildi. Uygulama açısı olarak, Cybex ile ön testleme sırasına tespit edilen, her denneğin en yüksek izokinetik kuvvet değerlerine ulaştığı özel diz fleksiyon açıları kullanıldı. Bu açılar 15-40°arasındaydı. Rehab-Trainer'da da uyluk-gövde açısı 80 derece idi. Bacak ağırlığının pozitif etkisi yandaki dengeleme koluyla yok edildi. Uyluk, kalça ve gövde özel bantlarla bağlanarak, sabitleştirildi. Denek maksimum yüklenme yaptığı halde, ekstansiyona kayma oluyorsa yük azaltılıyordu. Böylece, devamlı olarak maksimuma yakın yüklerle izometrik egzersiz yapılmış oldu. Set içindeki tekrarlar 10/50/10 dizaynına göre 10 sn yüklenme-50 sn dinlenme şeklinde oluşturuldu. Setler arasındaki dinlenme 3'er dakika idi. Set sıraları sağ bacak/sol bacak şeklinde düzenlendi. Tek bacağına izometrik egzersiz uygulanan denek için setler arasında 5 dk dinlenme verildi.

İstatistiki Analizler: Gruplar arası farklar unpaired testi ile, grup içi farklar ise paired t testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA:

Deney ve kontrol grubunun, 60-180-300°/sn'lik açısal hızlarda elde edilen öntest ve sontest sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.



Resim 2: David's Rehab-Trainer sisteminde izometrik egzersiz

		H pt (Nm)	Q pt (Nm)	H/Q pt ^a	H ap (Watt)	Q ap (Watt)	H/Q ap ^b	
D E N E Y G R U B U	60'/sn	Öntest	147.9 (±26.4)	252.4 (±39.2)	% 58.4 (±6.67)	108.6 (±18.6)	157.8 (±24.2)	% 68.5 (± 5.44)
		Sontest	168.5 (±26.1)	263.5 (±47.5)	% 64.0 (±8.0)	126.8 (±18.0)	174.1 (±25.4)	% 72.8 (±9.55)
		Fark	p<0.0001	p>0.05	p<0.05	p<0.01	p>0.05	p>0.05
		% gelişim	12.9 (±9.92)	3.5 (±6.67)	-	8.9 (±13.3)	8.9 (±5.78)	-
	180'/sn	Öntest	123.4 (±18.1)	174.1 (±24.73)	% 69.7 (±8.0)	223.7 (±25.4)	323.5 (±50.8)	% 69.2 (±6.09)
		Sontest	132.5 (±15.2)	180.0 (±29.2)	% 71.3 (±6.18)	245.1 (±32.2)	333.4 (±41.4)	% 73.2 (±4.8)
		Fark	p<0.05	p>0.05	p>0.05	p<0.01	p>0.05	p>0.05
		% gelişim	7.22 (±7.4)	2.4 (±10.5)	-	8.3 (±6.94)	3.3 (±4.08)	-
	300'/sn	Öntest	83.1 (±16.1)	114.6 (±21.6)	% 74.3 (±18.7)	244.6 (±39.7)	375.2 (±41.7)	% 65.1 (±10.6)
		Sontest	87.2 (±12.3)	126.5 (±17.3)	% 68.7 (±6.36)	270.0 (±24.2)	410.0 (±35.5)	% 65.78 (±8.32)
		Fark	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05
		% gelişim	4.6 (±8.9)	7.6 (±19.2)	-	11.9 (±14.5)	11.9 (±10.79)	-
K O N T R O L G R U B U	60'/sn	Öntest	162.4 (±31.4)	219.0 (±47.9)	% 74.3 (± 5.31)	121.1 (±26.6)	146.8 (±30.5)	% 81.9 (±7.08)
		Sontest	167.4 (±27.4)	232.3 (± 44.7)	% 72.3 (±6.85)	126.6 (±22.2)	156.4 (± 26.3)	% 80.8 (±6.32)
		fark	p>0.05	p<0.01	p<0.05	p>0.05	p<0.01	p>0.05
		% gelişim	3.0 (±7.5)	5.9 (±5.34)	-	4.9 (±7.01)	6.2 (±6.17)	-
	180'/sn	Öntest	129.8 (±27.2)	154.9 (±31.3)	% 83.6 (±8.98)	230.1 (±43.4)	273.9 (±54.4)	% 84.5 (±9.81)
		Sontest	137.7 (±26.3)	161.2 (±36.8)	% 85.6 (±8.83)	246.9 (±47.8)	295.8 (±59.9)	% 82.8 (±8.66)
		fark	p<0.05	p>0.05	p>0.05	p<0.01	p>0.05	p>0.05
		% gelişim	4.6 (±6.92)	2.4 (± 9.9)	-	6.4 (±4.82)	6.4 (±10.83)	-
	300'/sn	Öntest	89.6 (±15.9)	118.0 (±31.8)	% 77.9 (±13.4)	267.5 (±64.3)	354.2 (±75.3)	% 75.2 (±11.3)
		Sontest	92.3 (±17.2)	118.6 (±36.5)	% 79.9 (±18.2)	286.4 (±65.9)	370.0 (±98.9)	% 78.1 (±8.02)
		fark	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05
		% gelişim	2.2 (±10.7)	0.0 (±9.45)	-	4.7 (±17.26)	11.9 (±19.53)	-

a: Hamstring/Quadriceps peak-torque (zirve kuvvet) oranı,

b: Hamstring/Quadriceps average-power (ortalama güç) oranı,

Tablo 1: İzokinetik testleme sonuçları

Uygulanan ek izometrik egzersiz programı sonunda, 60°/sn'de de deney grubunda % 12.9'luk önemli bir diz fleksiyon kuvvet artımı tespit edildi (p>0.0001). Böylece, deney grubunda H/Q pt oranı % 58.4'den % 64.0'e ulaştı. Elit sprinter ve atlayıcılardaki bu gelişim, yaralanma sonrası vey ase-danterlerde elde edilen gelişimden daha anlamlıdır. Çünkü, elit düzeyde bir sprinter veya atlayıcının zaten yüksek olan kuvvetini geliştirmek daha zordur.

Kontrol grubunun H/Q pt oranı ise 60°/sn de % 74.3'ten % 72.3'e azalmıştır. Bu azalma, antrenman programlarındaki dengesizlikten dolayı, diz ekstansör kuvvetinin fleksörlerinkine oranla daha çok artmasından kaynak-landığı görülmektedir (bak.Tablo1). 5 haftalık rutin antrenman programından sonra, kontrol grubunun 60°/sn'de diz fleksiyon kuvveti sadece % 3 artarken, diz ekstansiyon kuvvetinde % 5.9'luk bir gelişme olmuştur.

Hem ön testte hem de son testte hız 60 °/sn'den 180°/sn'ye arttığında, her iki grupta da hem diz fleksiyon kuvveti hem de diz ekstansiyon kuvveti düşmesine rağmen ekstansiyondaki düşüş daha büyük olduğundan, iki gru-bun da H/Q pt oranları 1'e yaklaşmıştı. Bu bulgular, literatürde rastladığımız bulgulara paralellik gösteriyordu (22, 27, 28, 38). Çeşitli araştırmacıların H/Q pt oranlarına ilişkin araştırma sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2 H/Q pt oranlarıyla ilgili çalışmaların sonuçları

	GRUPLAR	TEST EDİLEN DİZ	TEST HIZI (derece/sn)						
			0	30	60	90	180	240	300
Kannus-Jarvinen (22) n=77	Akut diz distor-siyonlu hastalar	Sağlıklı diz İncinmiş diz	%43 %46		%60 %63		%70 %74		
Gilliam ve ark (18) n=115	15-17 yaş Ameri-kan Futbolu oy.	Her iki diz		%60			%77		
Rankin ve ark. (28) n=1519	Üniv. Sporcular (24 branştan)	Her iki diz			%62				%83
İşleğen ve ark (20) n=48	Prof. Fut. Oy. n=17 Amat. Fut. Oy. n=23 Sedanterler n=8	Sağ diz			%57.9		%72.8		%74.1
		Sol diz			%61.9		%74.5		%66.7
		Sağ diz			%64.8		%72.4		%68.3
		Sol diz			%63.6		%76.2		%75.0
		Sağ diz			%55.4		%57.9		%64.3
		Sol diz			%55.5		%59.0		%62.3
Alexander (1) n=22	Sprinterler	Konsantrik Eksantrik		%64 %64				%80 %66	
Burkett (6) n=30	Sprinterler	Her iki diz	%65						
Read-Bellamy (29) n=11	Elit Sprinterler	Dominant diz				%77 %73			
Goslin-Chertens (19) n=60	Sedanterler	Her iki diz		%44					
Stafford-Grane (38) n=60	Üniv. Amerikan Futbolu oyuncu.	Dominant Non-Dominant				%67 %68	%73 %75		%82 %85

180°/sn'de her iki grupta da anlamlı fleksiyon kuvveti artımı olduğu görülmektedir. Ancak her iki grup arasındaki % gelişim farkı çok azdır. H/Q pt oranı her iki grupta da hemen hemen aynı ölçüde artmıştır.

İzometrik egzersiz, kas ve eklem bütünlüğünü en az riske sokan egzersiz tipidir ve rehabilitasyon amacıyla sıklıkla kullanılır (12, 15, 17, 30, 33, 37). İzometrik kasılma esnasında maksimum kasılmanın oluşturulabildiği en uygun açıda tüm kasılma süresi boyunca kasa maksimum yüklenme yapılabilir. Sakatlanmaların önlenmesinde ve rehabilitasyonunda en uygun egzersizlerin izometrik ve izokinetik tarzda egzersizler olduğu vurgulanmıştır (5, 23).

Elektrik uyararı (EU) ile yapılan izometrik çalışmaların sonuçları ile, istemli kasılma (İK) ile gerçekleştirilen izometrik egzersiz antrenmanlarının sonuçları arasında bir fark olmadığı ortaya konmuştur (26, 35, 42). Bundan dolayı, Ariel ve arkadaşlarının (2), EU ile yaptıkları çalışmayı bu çalışmayla kıyaslanabilir. Bu çalışmalarında haftada 4 gün rutin kuvvet antrenmanlarına devam ederlerken, aynı zamanda EU ile izometrik egzersiz programı uygulayan sporcu grubunun kuvvet gelişimini, sadece aynı rutin kuvvet antrenmanı yapan sporcu grubuna göre anlamlı ölçüde yüksek bulmuşlardır. Wolf ve ark'da (45) benzeri sonuçlar elde etmişlerdir.

Ek izometrik egzersiz programımızın 300°/sn'lik açısal hızda ne kuvvet, ne de güç (ap) değerlerine anlamlı bir etkisi görülmemiştir. Literatürde de benzeri sonuçlara rastlanmaktadır. Örneğin; EU ile izometrik egzersizin ancak belli açısal hızlarda (0-180°/sn) izokinetik kuvveti geliştirdiği ortaya konmuştur (13, 15, 32, 35, 36). Düşük açısal hızlarda izokinetik çalışma sadece düşük açısal hızlarda oluşturulabilen izokinetik kuvveti, yüksek açısal hızlarda izokinetik çalışma ise sadece yüksek açısal hızlarda oluşturulabilen kuvveti spesifik olarak geliştirir (7, 14, 31, 47).

Atletik performans için, izokinetik egzersiz yoluyla geliştirilen kas kuvveti daha spesifiktir (38). İzokinetik egzersiz sistemi ile, çalışma hızını önceden belirleyerek, sportif performansın, özellikle de sprintin gerektirdiği yüksek hızlarda, tüm ROM (eklem hareket genişliği) boyunca kasa, o hız için oluşturulabilen maksimum yükü bindirerek çalışmak mümkündür (16). Sprint performansı için maksimum kuvvetin önkoşul olmadığı, sprint performansını belirleyen faktörün kuvvetten çok güç olduğu çeşitli araştırmalarda vurgulanmıştır (16, 25). Yüksek hızlarda oluşturulabilen güç düşük hızlarda oluşturulabilenden daha fazladır (24). Maksimum kuvveti geliştirmeye yönelik izotonik egzersizde hız 60°/sn'yi nadiren geçer (43). Bu yüzden, ancak düşük açısal hızlarda kuvveti spesifik olarak geliştirir. Normal yürüyüşte dizin açısal

hızı 233°/sn (46), sprintte ise 600°/sn civarındadır (1).

Çalışmaya katılan denekler, antrenman programları ve performansları birbirine yakın sprinter ve atlayıcılar olmaları rağmen kuvvet artım oranlarında görülen kişisel farklılıklar, FT/ST fibril oranının kişisel farklılığından kaynaklanıyor olabilir (21, 39). Bizim çalışmamızda deneklerin fibril tipleri belirlenmemiştir. Ancak, elit sprinter ve atlayıcı grup içinde FT/ST fibril oranları birbirine oldukça yakındır (39).

SONUÇ:

Sprinter ve atlayıcıların hazırlık periyodu antrenmanlarında, kuvvet ve güç oranı gelişimi açısından diz fleksiyonuna gerekli önemin verilmemesinin H/Q oranlarını normal değerlerin altına indirdiği görülmektedir.

Antrenörlerin, H/Q oranlarını normal değerlerdedutup, bu nedenle meydana gelebilecek sakatlanmaları önleyebilmek için, diz fleksiyon kuvvet ve gücüne gerekli önemi vermeleri gerekmektedir.

Ayrıca, diz ekleminin hareketini kısıtlayan yaralanalarda akut dönemi takiben uygulanan izometrik rehabilitasyon programlarından sonra, izokinetik olarak yüksek açışal hızlarda oluşturulabilen kuvvet ve gücü geliştirip, H/Q pt ve H/Q ap oranlarının da normatif değerlere yaklaştırılması önerilir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1- Alexander MJ L: Peak-torque values for antagonist muscle groups and concentric and eccentric contraction types for elite sprinters. Arch Ply Rehabil 71: 334-339, 1990.
- 2- Ariel G B, Saar D, Wolf S I, Penny M A: The effect of electrical stimulation with feed-back controlled resistive training on athletic performance. Med Sci Sports Exerc 16 (2): 166, 1984.
- 3- Armstrong R B: Initial events in exercise-induced muscular injury. Med Sci Sports exerc 22 (4): 429-435, 1984.
- 4- Baker B e: Current concepts in the diagnosis and treatment of musculotendinous injuries. Med Sci Sports Exerc 16 (4): 323-327, 1984.
- 5- Ballesteros J M: NSA Round-Table 16- injury prevention and rehabilitation. New Studies in athletics 7(2): 17-26, 1992.
- 6- Burkett L N: Causative factors in hamstring strains. Med Sci Sports exerc 14: 176, 1982.
- 7- Caiozzo V J, Perrine J J, Edgerton V R: Training-induced alterations of in-vivo force-velocity relationship of human muscle. J Appl Physiol 51: 750-754, 1981.
- 8- Cambel D E, Gleen W: Rehabilitation of knee flexor and extensor muscle strength in patients with menisectomies, ligamentous repairs, and chondromalacia. Physical Therapy 62: 10-15, 1982.
- 9- Currier D P, Mann R: Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. Physical Therapy 63: 915-921, 1983.
- 10- Cybex-A division of Lumex inc: Isolated joint Testing and exercise. a handbook for using Cybex II and UBXT. 1990.
- 11- Davies G J, Kirkendall D T, Leigh D H- Lui M L, Reinbold T R, Wilson P K: Isokinetic characteristics of professional football players: normative relationships between quadriceps and

- hamstring muscle groups and relative to body weight. *Med Sci Sports Exerc* 13: 76, 1981.
- 12- Duchateau j, Hainaut K: Training effects of submaximal electrostimulation in a human muscle. *Med Sci Sports exerc* 20 (1): 99-104- 1988.
- 13- eriksson e. Haagmark T, Hiesling K H, Karlsson J: Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *Int. J Sports Med* 2: 18-22, 1981.
- 14- ewing J L, Wolf D, Rogers M A, Amundson M L, Stull G A: Effects of velocity of isokinetic training on strength, power, and quadriceps muscle fibre characteristics. *eur J of Appl Physiol* 61: 169-162, 1990.
- 15- Fahey D T, Harvey M, Schroeder R V, Ferguson F: Influence of sex differences and knee joint position on electrical stimulation-modulated strength increases. *Med Sci Sports Exerc* 17(1): 144-147, 1985.
- 16- Farrar M, Tporland W: Relationship between isokinetic strength and sprint times in college men. *J. Sports Med*, 27: 368-372, 1987.
- 17- Garrett W E Jr: Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. *Med Sci Sports Exerc* 16(4): 436-443, 1990.
- 18- Gilliam T B, Sandy S P, Freedson P S, Villanacci J: Isokinetic torque levels for high school football players. *Arch Phys Med Rehab* 60: 110-114, 1979.
- 19- Goslin B R, Charteris J: Isokinetic dynamometry: normative data for clinical use in lower extremity (knee) cases. *Scand J Rehab Med* 11: 105-109, 1979.
- 20- İşleğen Ç, Erdinç T, Selamoğlu S, Acarbay Ş, Zeren B, Durusoy F: Elit ve elit olmayan sporcularda, diz ekstansiyon ve fleksiyon kas kuvvetlerinin izokinetik metod ile değerlendirilmesi. *Spor Bilimleri II'nci ulusal Kongresi Bildirileri*, ankara, Hacettepe Üniversitesi, 1992, 116-131.
- 21- Kaczowski W, Montgomery D L, Taylor A W, Klissouras V: The relationship between muscle fiber composition and maximal anaerobic power and capacity. *J Sports Med* 22: 407-413, 1982.
- 22- kannus P, Jarvinen M: Knee flexor/extensor strength ratio in follow-up of acute knee distortion injuries. *Arch Phys Med Rehab* 71: 38-42, 1990.
- 23- Kannus P, Jarvinen M: Thigh muscle function after partial tear of medial ligament compartment of knee. *Med Sci Sports Exerc* 23(1): 4-9, 1991.
- 24- Knuttgen H G: Force, work, power, and exercise. *Med Sci Sports Exerc* 10 (3): 227-229, 1978.
- 25- Lakomy H K A: An ergometer for measuring the power generated during sprinting. *The J of Physiol* 435:33P, 1984.
- 26- McMiken D F, Todd-Smith M, Thompson C: Strengthening of human quadriceps femoris muscles by cutaneous electrical stimulation. *Scand J Rehabil Med* 15: 25-28, 1983.
- 27- Rankin J M, Thompson C B: Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstring function: Normative data concerning body weight and sport. *athletic Training (Summer)*: 110-114, 1983.
- 28- Rankin J M, Thompson C B, Armstrong W: Isokinetic evaluation of men and women inter-collegiate athletes. *Med Sci Sports Exerc* 14(2): 177, 1982.
- 29- Read M T F, Bellamy M J: Comparison of hamstring/quadriceps isokinetic strength ratios and power in tennis, squash and track athletes. *Brit J Sp Med* 24(3):178-182, 1990
- 30- Renstrom P, Arms S W, Stanwyck T S, Johnson R J, Pope M H: Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. *The American J of Sports Med* 14 (1): 83-87, 1986.
- 31- Rochangar P, Morvan R, Jan J, Dasonville J, Beillot J: Isokinetic investigation of knee extensors and flexors in young French soccer players. *int J of Sports Med* 9 (6): 448-450, 1983.

- 32- Romero J A, Sanford T L, Schroeder R V, Fahey T D: The effects of electrical stimulation of normal quadriceps on strength and girth. *Med Sci Sports Exerc*, 14 (3): 194-197, 1982.
- 33- Rozier C K, Elder J D: Prevention of atrophy by isometric exercise of a casted leg. *J Sports Med*, 19: 191-194, 1979.
- 34- Scaramuzza D M, Axtell R, Thiel R: Effect of knee joint alignment on isokinetic torque production during leg extension and flexion exercise *Med Sci Sports Exerc* 22 (2): S19 (109), 1990.
- 35- Selkowitz D M: High frequency electrical stimulation in muscle strengthening. *The American J of Sports Med* 17(1):103-111, 1989.
- 36- Selkowitz D M: Improvement in isokinetic strength of the quadriceps femoris muscle after training with electro-stimulation. *Physical Therapy* 65: 186-196, 1985.
- 37- Sisk T D, Stralka S W, Deering M B, Griffin J W: Effect of electrical stimulation on quadriceps strength after reconstructive surgery of the anterior cruciate ligament. *The American J of Sports Med* 15 (3): 215-220 1987.
- 38- Stafford MG, Grana WA: Hamstring/quadriceps ratios in college football players: A high velocity evaluation. *The American J of Sports Med* 12 (3): 209-211, 1984
- 39- Thortensson A, Larson L, Tesh P, Karlsson J: Muscle strength and fiber composition in athletes and sedentary men. *Med Sci Sports exerc* 9(1): 26-30, 1977.
- 40- Watson AWS: Incidence and nature of sports injuries in Ireland-Analysis of four types of sport. *The American J of Sports Med* 21 (1): 137-142, 1993.
- 41- Watson M D, Dimartino P P: incidence of injuries in high school track athletes and its relation to performance ability. *The American J of Sports Med* 15(3): 251-254, 1987.
- 42- Wigerstad-Lossing I, Grimby G, Johnson T, Morelli B, Peterson L, Renstrom P: Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc* 20 (1): 93-98, 1988.
- 43- Wilmore H J: *Athletic training and physical fitness*. Allpn and Bacon, Boston, 1977.
- 44- Winter D A, Wells R P, Orr G N: Errors in the use of isokinetic dynamometers. *Eur J Applied Physiol* 46: 397-408, 1981.
- 45- Wolf S L, Ariel G B, Saar D, Penny M A, Railey P: The effect of muscle stimulation during resistive training on performance parameters. *The American J of Sports Med* 14(1) 18-23, 1986.
- 46- Wyatt M P, Edwards A M: Comparisons of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phy Ther* 3: 48-56, 1981.
- 47- Yates J W: Speed specific eccentric training and torque-velocity curve. *Med Sci Sports exerc* 22 (2): S 9(53), 1990.