



Atletik ve sedanter çocuklarda diz zirve torkunun değerlendirilmesi

Evaluation of knee peak torque in athletic and sedentary children

Martine A. DEIGHAN,¹ Alan M. NEVILL,² Nicola MAFFULLI,³ Jack C. Y. CHENG,⁴ Nigel GLEESON⁵

¹Gloucestershire Üniversitesi Spor Fakültesi, Oxstalls Lane, Gloucester, Birleşik Krallık (BK);

²Wolverhampton Üniversitesi Spor Fakültesi, Gorway Rd., Walsall, BK;

³Spor ve Egzersiz Tıbbi Merkezi, Londra Queen Mary Üniversitesi, Barts ve Londra Tıp Fakültesi, Londra, BK;

⁴Hong Kong Çin Üniversitesi, Prince of Wales Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Hong Kong, Çin;

⁵Exeter Üniversitesi Spor ve Sağlık Bilimleri Fakültesi, BK

Amaç: Çalışmada, alometrik model yaklaşımı kullanılarak, çocuklarda cinsiyet, aktivite düzeyi ve pubertal durumun diz ekstansiyon ve fleksiyonundaki zirve torku üzerindeki etkisi incelendi.

Çalışma planı: Çalışmaya Hong Kong ortaokuluna devam etmekte olan, 12-13 yaşlarında 140 öğrenci (67 erkek, 73 kız) alındı. Öğrencilerin 69'u beden eğitimi ağırlıklı, 71'i sanat ağırlıklı dersler görmekteydi. Tüm öğrencilerde baskın bacakta izokinetik konsantrik ekstansiyon ve fleksiyonda zirve torku Cybex II* dinamometre ile 1.04 rad/saniyede ölçüldü; beden kütlesi, boy ve pubertal evreleri belirlendi. Mutlak zirve torku değerleri ile, kas hareketini (ekstansiyon ve fleksiyon) grup içi faktör ve gruplararası faktör olarak ele alan, cinsiyet, grup ve pubertal evrenin de katıldığı tekrarlı ölçümlerde ANOVA testi yapıldı. Beden ölçüsüne göre ayarlı zirve torkunun etkilerini değerlendirmek için, beden kütlesi ve uzunluğun eşdeğişken olarak alındığı lineer ANCOVA ve log-lineer ANCOVA teknikleri kullanıldı.

Sonuçlar: Zirve torku değerleri erkeklerde kızlara göre, beden eğitimi grubunda sanat dersleri grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulundu. Zirve torku beden ölçüsündeki farklılıklara göre ayarlandığında, iki grupta kızlar arasında, erkeklerle göre zirve torku daha fazla farklılık gösterdi ve pubertal evrenin bu farklılıkta anlamlı bir etkisi vardı. Alometrik analizde zirve torkunun beden kütlesine göre uzunluktan daha fazla etkilendiği ve vücut ölçülerine kıyasla daha büyük oranda artış gösterdiği görüldü ($p<0.01$).

Çıkarımlar: Bulgularımız 12-13 yaşlarındaki sedanter kızlarda fiziksel aktivite girişimlerine gereksinim olduğunu göstermektedir. Zirve torku, beden ölçüleriyle orantısız olarak artış göstermektedir. Bu durum, bacak kas kütlesinde beden kütlesine göre daha fazla artış olmasından kaynaklanabilir.

Anahtar sözcükler: Adölesan; antropometri; boy; vücut ağırlığı; çocuk gelişimi; egzersiz; izometrik kontraksiyon; diz; kas gelişimi; buluş çağı; cinsiyet faktörü; tork.

Objectives: We examined the influence of sex, level of activity, and pubertal status on knee extension (Ext) and flexion (Fl) peak torque (PT) in children using an allometric modeling approach.

Methods: A total of 140 students (67 males, 73 females) aged 12/13 years were enrolled from a Hong Kong junior high school, whose curricula were based on physical education ($n=69$) or arts ($n=71$). Isokinetic concentric Ext and Fl PT of the dominant leg was assessed at 1.04 rad/sec using a Cybex II* dynamometer and body mass, stature, and pubertal stage were measured. A repeated-measures ANOVA test was performed on absolute PT data with muscle action (Ext and Fl) as a within-subject factor and between-subject factors including sex, group, and pubertal stage. To assess the effects on body size-adjusted PT, linear ANCOVA and log-linear ANCOVA techniques were used with body mass and stature taken as covariates.

Results: Peak torque was significantly greater in boys compared to girls, and in the physical education group compared to the arts group. When PT was adjusted for differences in body size, there was a greater difference in PT between girls in the two groups compared to boys, and there was a significant effect of pubertal stage. Allometric analysis showed that PT was influenced more by stature than body mass, and PT increased at a greater rate than body size (both $p<0.01$).

Conclusion: There may be a need for a physical activity intervention in sedentary 12/13 year old girls. Peak torque appears to increase disproportionately to body size. This may result from a greater increase in leg muscle mass relative to body mass.

Key words: Adolescent; anthropometry; body height; body weight; child development; exercise; isometric contraction; knee; muscle development; puberty; sex factors; torque.

Yazışma adresi / Correspondence: Nicola Maffulli, MD, Centre for Sports and Exercise Medicine, Barts and The London School of Medicine and Dentistry, Mile End Hospital, 275 Bancroft Road, London E1 4DG, England. Tel: +44 20 8223 8839 e-posta: n.maffulli@qmul.ac.uk

Başvuru tarihi / Submitted: 26.10.2008 **Kabul tarihi / Accepted:** 14.07.2009

© 2009 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği / © 2009 Turkish Association of Orthopaedics and Traumatology

Kas gücü çocuklarda fiziksel sağlığın önemli bir parçasıdır. Kasların uzun sürelerle submaksimal kuvvet üretebilmesini sağlayarak kas yorulmasını geciktirir ve sağlıklı hareketlerin yaşam boyu sürdürülmesinde de önemli bir etken olabilir.^[1] Kas gücü sağlıkla ilgili önemli bir değişkendir ve çocuklarda direnç eğitimi sonrasında kan lipit konsantrasyonunda anlamlı düşüş görülmüştür.^[2]

Beden kütlesi ve boyun çocuklarda güç ölçümlerinde belirgin bir etkisi vardır;^[3-10] ancak, beden ölçüsünün etkilerinden arındırılmış bir performans değişkeni belirlemek için, beden ölçüsünün etkisini alometrik yöntemle araştıran çalışma sayısı azdır.^[4-7,9,10] Alometrik yaklaşım, güç farklılıklarının gerçek fizyolojik nedenlerinin ortaya konmasını sağlar.^[11] Hem standart oran^[12] hem de lineer regresyon ANCOVA analizleri^[13-15] fizyolojik değişkeni beden ölçüsünden bağımsız olarak ortaya koymadıkları için eleştirilmiştir; çünkü, standart oran genellikle daha iri kişilerin aleyhine sonuç verir, lineer regresyon ise, sıfır beden boyutunda bile fiziksel yanıt olacağına işaret eden pozitif kesişmeler yaratır.

Erişkinlerde kas gücü ile beden kütlesi arasındaki ilişki, eklem torkunun mu, kas gücünün mü kaydedildiğine bağlı olarak değişebilir. Jaric^[16] alometri kullanarak erişkinlerde kütle üs değerlerini zirve torku (ZT) için 1.1, kuvvet için 0.69 olarak saptamış ve, geometrik olarak benzer nesnelere alanları $m^{2/3}$ ile orantılı olduğundan, kesitsel kas alanı (KKA) ile orantılı olan kaydedilen kuvvetin (N) $m^{2/3}$ ile de orantılı olması gerektiğini belirtmiştir, yani $b=0.67$. Öte yandan, ZT, KKA x moment kolu (ikincisi boyla orantılıdır) ile ve dolayısıyla m^1 ($m^{2/3} \cdot m^{1/3} = m$) ile de orantılıdır. Güce ilişkin sınırlı sayıda çalışmada bu şekilde torku kuvvetten ayırmıştır.^[17-19] Kas gücü gelişiminin arkasındaki fizyolojik mekanizmalar araştırılırken, hem beden kütlesi hem de boy alometrik modelde eşzamanlı eşdeğişkenler olarak incelenmelidir.^[5,20] Ayrıca, sanat ya da beden eğitimi (BE) ağırlıklı dersler gören 13-19 yaş arası gençler arasındaki güç farklılıkları üzerine yapılmış bir çalışma da yoktur. Bu çalışmada, 12-13 yaşlarında sağlıklı Çinli ergenlerde diz ekstansiyon ve fleksiyonundaki ZT değerleri açısından hem cinsiyetler arası hem de sanat ve beden eğitimi grupları arasındaki farklar, verilerin beden boyutuna göre normalize edildiği alometrik yöntemle değerlendirildi.

Hastalar ve yöntem

Hastalar

Çalışma için Hong Kong Çin Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden etik kurul onayı alındı. Aileler bilgilendirildikten sonra kendilerinden onam formu alındı. Hong Kong ortaokuluna devam etmekte olan, 12-13 yaşlarında toplam 140 öğrenci (67 erkek, 73 kız) çalışmaya alındı. Öğrenciler beden eğitimi ya da sanat ağırlıklı bir eğitim programı görüyordu (69 öğrenci beden eğitimi, 71 öğrenci sanat ağırlıklı). Her öğrenciden bir topa vurma istenerek baskın taraf belirlendi.

Çalışma planı

Çalışmada HUMAC bilgisayar sistemiyle (Computer Sports Medicine Inc., Totowa, NJ, ABD) donanmış Cybex II+ dinamometre (Cybex, Lumex, Inc. Ronkonkoma, NY, ABD) kullanıldı. Test öncesi her katılımcıya izokinetik protokol hakkında bilgi verildi. Testten hemen önce, her katılımcıya üç dakikalık diz ekstansörleri ve fleksörlerini gerici genel ısınma hareketleri yaptırıldı. Katılımcılar dinamometreye göğüs, kalça ve uyluk bölgelerinden kemerlerle bağlandı. Koltuk arkılığı, kalçalar gövdeyle 110° açı oluşturacak şekilde ayarlandı. Baskın dizin rotasyon eksenini dinamometrenin mekanik eksenine aynı hizaya getirildi ve bacak yastığı lateral malleolun hemen superior tarafından sabitlendi. Her test üç aşamadan oluşuyordu: 1.04 rad/sn hızda, iki submaksimal ve bir maksimal sürekli konsantrik ekstansiyon-fleksiyon döngülerinden oluşan deneme aşaması, bir dakikalık dinlenme ve üç döngülük asıl test aşaması. Öğrenciler test boyunca sözlü olarak teşvik edildi. Sabit hız sırasındaki ve yerçekimine göre düzeltilmiş en yüksek ZT değeri değerlendirmeye alındı.

Antropometri

Boy, kişi ayakkabısız iken, taşınabilir bir Harpenden stadyometre (Holtain, Crosswell, İngiltere) kullanılarak 0.1 cm duyarlılıkla ölçüldü. Beden kütlesi, giysi olarak sadece iç çamaşır bulunur halde, Seca dijital ölçek (Seca Ltd., Bonn, Almanya) kullanılarak 0.1 kg duyarlılıkla ölçüldü. Pubertal evre Tanner'in pubik kıllanma ölçütlerine göre belirlendi.

Veri analizi

Mutlak ZT değerleri ile, kas hareketini (ekstansiyon ve fleksiyon) grup içi faktör ve cinsiyet, grup ve pubertal evreyi gruplararası faktör olarak ele alan

Tablo 1. Olguların fiziksel özellikleri

	Erkek (n=67) (Ort.±SS)		Kız (n=73) (Ort.±SS)	
	Sanat	BE	Sanat	BE
Yaş (yıl)	12.9±0.3	12.8±0.4	12.8±0.4	12.7±0.5
Beden kütlesi (kg)	45.9±7.7	45.7±6.2	45.2±5.9	45.9±7.5
Boy (m)	1.59±0.08	1.60±0.07	1.58±0.07	1.56±0.06
Pubertal evre (dağılım)	2.5 (1-5)	2 (1-4)	3 (1-5)	3 (1-5)

BE: Beden eğitimi ağırlıklı program; Sanat: Sanat ağırlıklı program.

tekrarlı ölçümlerde ANOVA testi yapıldı. Analiz, beden kütlesi ve uzunluğun eşdeğişkenler olarak alındığı lineer ANCOVA ve log-lineer ANCOVA teknikleri ile tekrarlandı.^[11] Anlamlılık eşiği olarak $p<0.05$ kabul edildi.

Sonuçlar

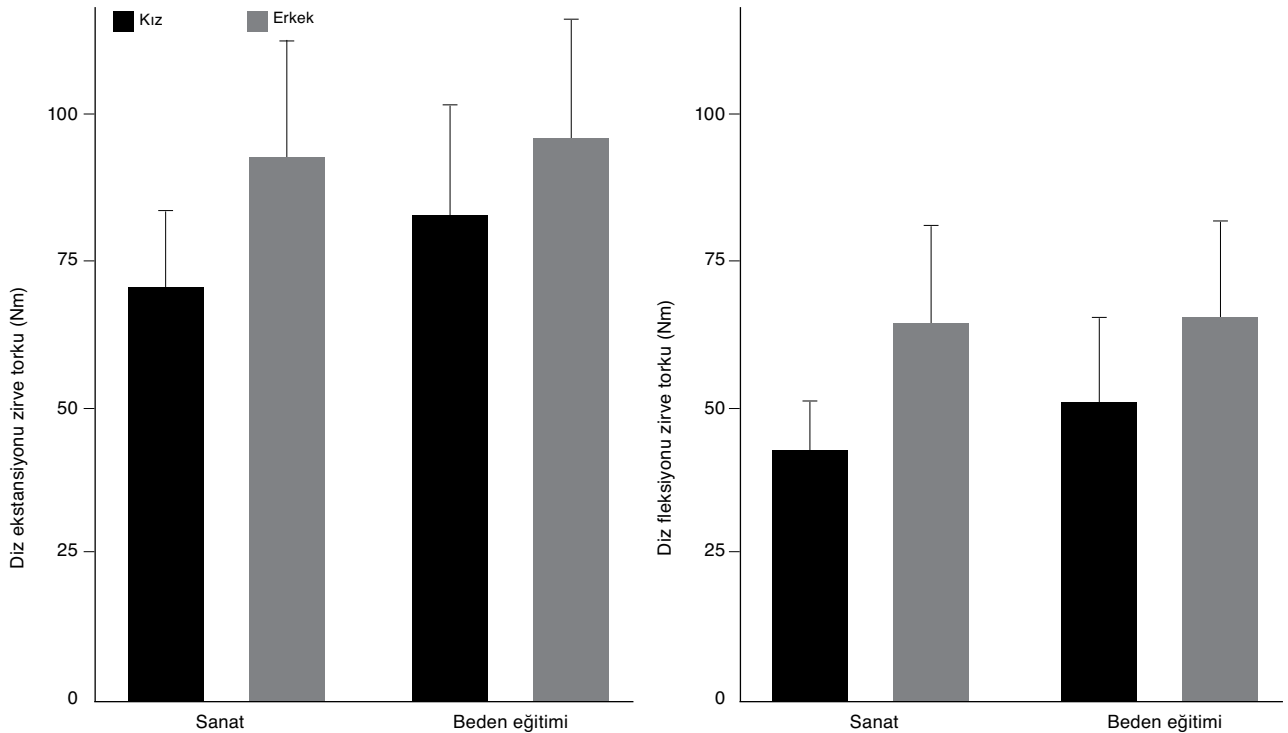
Mutlak zirve torku

Çalışmaya katılanların karakteristik özellikleri Tablo 1'de, ZT değerleri ise Şekil 1'de gösterildi. Kızlar erkeklerden daha olgundu, buna karşın erkekler kızlardan anlamlı derecede daha uzundu ($p=0.014$). Ekstansiyon ve fleksiyon ZT değerleri erkeklerde kızlardan, BE grubunda sanat grubundan ve en ileri pubertal evrede olanlarda anlamlı derecede daha yük-

sekti (tüm etkiler için $p<0.01$, güç=0.92-1.0). Ayrıca, ekstansiyon ve fleksiyon ZT'de grup*pubertal evre etkileşiminin yarattığı anlamlı bir etki de saptandı ($p<0.01$); sanat grubuyla karşılaştırıldığında, BE grubunda pubertal evre arttıkça ZT daha da artıyordu. Cinsiyet*pubertal evre etkileşimi kızlara göre erkeklerde pubertal evre arttıkça ZT'de daha çok artış olarak ortaya çıktı ($p<0.01$).

Kas hareketinin etkileri

Kas hareketinin anlamlı temel etkisi, fleksiyon ZT'ye oranla ekstansiyon ZT'nin daha yüksek olması şeklinde kendini gösterdi ($p<0.01$). Genel fleksiyon/ekstansiyon oranı %63 idi. Kas*cinsiyet ($p=0.013$), kas*grup ($p=0.018$), kas*pubertal evre ($p=0.038$) ve kas*cinsiyet*pubertal evre ($p=0.003$) etkileşim etki-



Şekil 1. Sanat ve beden eğitimi gruplarındaki erkek ve kızlarda diz ekstansiyon ve fleksiyonu zirve torku. Hata çizgileri standart sapmayı gösteriyor.

leri, kızlarda erkeklerden, sanat grubunda BE grubundan (Şekil 1) ve erken pubertal evrede olanlarda ekstansiyon ile fleksiyon ZT arasında görece daha büyük bir fark ortaya koydu.

Lineer ANCOVA kullanılarak beden kütlesi ve boya göre ayarlı zirve torku

Beden kütlesi ve boya ayarlı ortalama değerler ve tahminde standart hata (TSS) değerleri Tablo 2'de gösterildi. Boy ekstansiyon ve fleksiyon ZT için anlamlı bir eşdeğişkeni ($p<0.01$). Kütle ise ekstansiyon ZT için anlamlı bir eşdeğişken iken ($p=0.01$), fleksiyon ZT için değildi ($p=0.057$). Beden kütlesi ve boy üs değerleri ekstansiyon ZT için sırasıyla 0.93 (TSS 0.21) ve 1.22 (TSS 0.21), fleksiyon ZT için ise 0.51 (TSS 0.17) ve 0.93 (TSS 0.17) bulundu.

Cinsiyet, grup, pubertal evre ve cinsiyet*pubertal evre etkileşiminin anlamlı etkileri saptandı ($p<0.01$). Ayrıca, kızlarda erkeklerden daha fazla eğitim grubu farkını gösterir, anlamlı cinsiyet*grup etkileşimi vardı ($p=0.04$, $güç=0.54$).

Log-lineer ANCOVA kullanılarak beden ölçüsüne göre ayarlı zirve torku

Kütle ve boy ekstansiyon ZT için anlamlı ($p<0.01$), fleksiyon ZT için ise sadece boy anlamlı ($p=0.001$) eşdeğişkenlerdi (beden kütlesi için $p=0.076$). Kütle ve boy üs değerleri ekstansiyon ZT için sırasıyla 0.49 (TSS 0.12) ve 1.86 (TSS 0.41), fleksiyon ZT için ise 0.25 (TSS 0.14) ve 2.37 (TSS 0.48) idi. Be-

Tablo 2. Lineer ANCOVA analizinden elde edilen ayarlı ortalama değerler (tahminde standart hata)

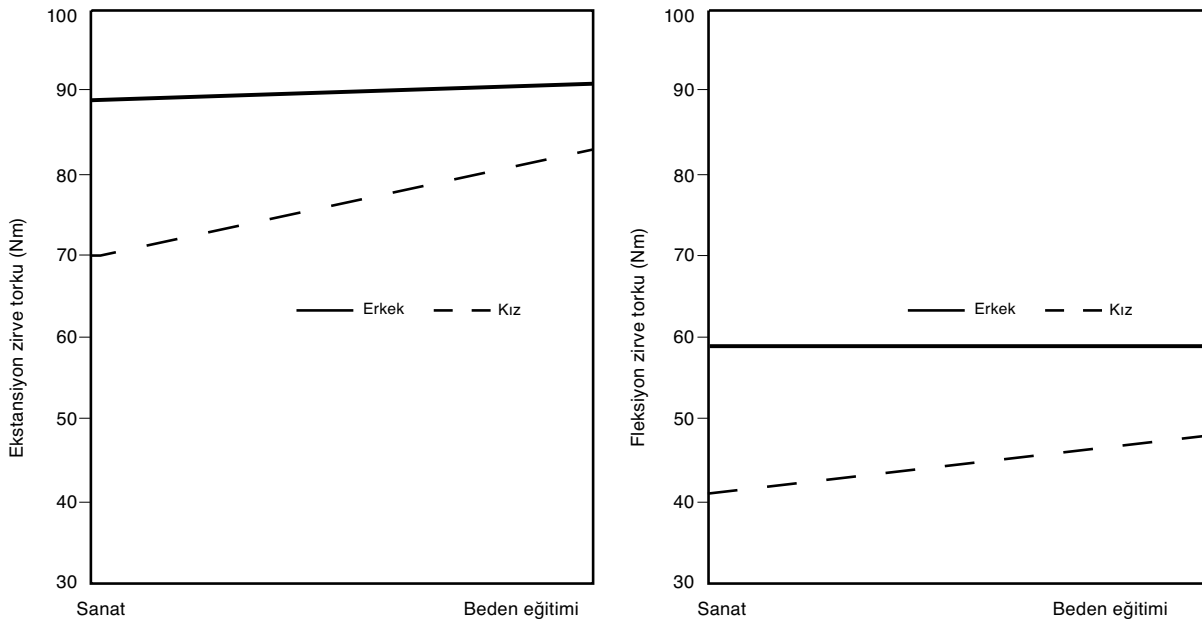
Zirve torku (Nm)	Erkek		Kız	
	Sanat	BE	Sanat	BE
Ekstansiyon	91 (2)	93 (2)	71 (2)	85 (2)
Fleksiyon	61 (2)	61 (2)	42 (2)	51 (2)

BE: Beden eğitimi ağırlıklı program; Sanat: Sanat ağırlıklı program.

den kütlesi ve boy hesaba katıldığında, cinsiyet ve grubun ($p<0.01$, $güç=1$), pubertal evrenin ($p=0.034$, $güç=0.75$) ve cinsiyet*grup etkileşiminin ($p=0.02$, $güç=0.65$) anlamlı etkileri görüldü (Şekil 2).

Tartışma

Bu çalışmanın amaçlarından biri, beden kütlesi ile boyun cinsiyetler arasındaki bacak gücü farkıyla ilişkisinin belirlenmesiydi. Beden kütlesi uygun şekilde kontrol altına alınarak ve alınmadan yapılan değerlendirmelerde, 12-13 yaş aralığında diz ekstansiyon ve fleksiyon ZT değerleri erkeklerde kızlardan daha yüksekti. Bazı çalışmalarda 13-14 yaşlarındaki çocuklarda aynı sonuç bulunurken,^[3,10] bir çalışmada cinsiyetler arasında fark bulunmamıştır.^[5] Sonuçlarımızın bu şekilde çıkmasının nedeni, erkeklerde yaklaşık 12.4 ile 13.4 yaşları arasında yükselişe geçen^[21] testosteron hormonundaki artışa^[9] bağlı olabilir. Bir başka olası neden, kızların pubertal evre açısından erkeklerden daha önde olmaları ve pubertal evre ilerledikçe, artan östrojen hormonunun kızlarda kas büyümesini engellemesidir.^[21] Pubertal evrenin anlamlı



Şekil 2. Zirve torku için cinsiyet*grup etkileşim etkisi. Log-lineer ANCOVA'dan elde edilen ayarlı ortalamalar.

temel etkisi, pubertal durumun diz ekstansiyon ve fleksiyon ZT'ye beden ölçüsünden bağımsız katkısını göstermektedir. Bunun dışında, çalışmamıza sadece 12-13 yaşlarındaki çocuklar alındı ve bu grupta geniş bir ZT değer aralığının ortaya çıkması, büyüme ve olgunlaşma çalışmalarında pubertal durumun saptanmasının önemini vurgulayıcı niteliktedir. Ancak, gözlenen cinsiyet farklarının tek başına pubertal durumdan mı, yoksa motor birim aktivasyon derecesindeki farklılardan mı kaynaklandığı bu çalışma ile belirlenemez. Ergenlik sırasında gözlenen güç artışında gelişmiş motor ateşleme hızı ve kas lifi boyutundaki değişikliklerin rol oynadığı bildirilmiştir.^[3] Diz ZT'sinin manyetik rezonans görüntüleme ile ölçülen kesitsel kas alanıyla ilişkilendirilmesi erişkinlerde^[22] ve çocuklarda^[5] cinsiyet farkını ortadan kaldırıcı bir yoldur.

Bu çalışmada ayrıca ekstansiyon ve fleksiyon ZT arasında kızlarda erkeklerden, sanat grubunda BE grubundan ve erken pubertal evredeki çocuklarda, yani daha düşük ZT'ye sahip gruplarda, daha fazla görece fark bulundu. Bu durum yaralanma riski açısından önem taşıyabilir; çünkü, aktif erişkinlerde fleksiyon/ekstansiyon ZT oranı ile lomber omurga yaralanması arasında anlamlı, orta derecede ve negatif ilişki bulunmuştur.^[23]

Çalışmamızda, beden ölçülerindeki farklar kontrol altına alındığında, BE öğrencilerinde sanat öğrencilerinden daha yüksek ZT puanı görülmesi şeklinde anlamlı grup etkisi kendini gösterdi. Bu durum esas olarak kızlarla ilgiliydi; çünkü, BE ve sanat gruplarındaki erkekler arasında ZT açısından çok az fark vardı. Bununla birlikte, cinsiyet*grup etkileşimi sadece beden ölçüsü hem lineer hem de log-lineer ANCOVA ile hesaba katıldığında anlamlı idi; bu durum, beden ölçüsü kontrol altına alındığında, erkekler ve kızlar arasındaki diz ZT farkının BE grubuna kıyasla sanat grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğunu göstermektedir. Log-lineer ayarlı ortalama ekstansiyon ve fleksiyon ZT değerleri kız sanat öğrencilerinde BE grubundaki kızların %84'ü ve %82'si kadardı. Beden eğitimi grubundaki kızların daha güçlü çıkmasının nedeni, bu kızların eğitim programlarının daha fazla fiziksel aktivite içermesi olabilir; ancak, bu durum iki eğitim grubu arasında ZT açısından fark bulunmayan erkekler için geçerli değildir. Kızların güç puanlarında eğitimle ilgili bu tür bir etki, kızlarda güç seviyesini korumak için fiziksel aktivitenin önemini vurgulamaktadır. İlginç olarak, temel etkilerin ve

cinsiyet*grup etkileşiminin gücü alometrik analizde en yüksekti; bu durum, log-lineer ANCOVA normalizasyon yönteminin değerini desteklemektedir.

Yapılan analizde beden kütlesi ve boy anlamlı eşdeğişkenler olarak bulundu. Bu bulgumuz önceki çalışmalarla uyumludur^[5,7] ve ZT'nin her ikisi için de ayarlanmasının önemini gösterir. Kütle ve boy üs değerleri ekstansiyon ZT için sırasıyla 0.93 (TSS 0.21) ve 1.22 (TSS 0.21), fleksiyon ZT için ise 0.51 (TSS 0.17) ve 0.93 (TSS 0.17) olarak bulundu; bu da diz ekstansiyon ZT'nin ve özellikle diz fleksiyon ZT'nin lineer ve uzunluk bileşenlerinin beden kütle üs değerlerinden hem sayısal olarak daha büyük hem de daha anlamlı olduğunu göstermektedir. Boy üs değerleri hem lineer hem de log-lineer analizlerde 2'den büyüktü ve Jaric'in^[17] beden ölçüsü bileşenlerinin geometrik olarak birbirine benzer olduğu varsayımına dayanarak öngördüğü lineer bileşenden ($L=m^{1/3}$) daha büyüktü (L beden ölçüsünün lineer boyutunu, m ise kütleyle ifade etmektedir). Jaric^[17] torkun, kasın kesitsel alanı ($L^2=m^{2/3}$ ile orantılı) ve kasın kaldırmaç kolunun ($L=m^{1/3}$ ile orantılı) çarpımı ile, yani $m^{2/3} \cdot m^{1/3} = m^1$ ile orantılı olması gerektiğini ileri sürmüştür. Boy üs değerinin 2'den büyük bulunması bu teoriyle uyumlu değildir ve Cybex II+ dinamometre ile ZT kaydı sırasında uzun boylu olanların sadece daha uzun kaldırmaç koluna sahip olmaktan değil, uzun olmanın getirdiği bir takım ek, bilinmeyen avantajlardan da yararlandıklarını gösterir. Ekstremitenin daha uzun olması sadece eklem yapısı nedeniyle değil, kasın uzun eksenine olan iki taraflı simetrik açı nedeniyle de mekanik bir avantaj sağlar.^[24] Şüphesiz, bu özel aygıtla ZT kaydı sırasında, uzun olmanın getirdiği bu beklenmeyen avantajla ilgili mekanizmaların aydınlatılması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Eğer kütle (m) ve boy ($L=m^{1/3}$) üs değerleri, boy üs değeri 3'e bölündükten sonra iki üs toplanarak tek bir kütle bileşenine dönüştürülürse (iki beden ölçüsü bileşeninin geometrik olarak benzer olduğu varsayımıyla), elde edilen 'bileşik' kütle üs değeri ekstansiyon ZT için 1.11, fleksiyon ZT için ise 1.04 olur. Bu durumda 1.11 üs değeri, torkun normalizasyonu için kullanılan teorik modele^[17,18] ve beden ölçüsü bileşenlerinin geometrik olarak birbirine benzer olduğu varsayımına dayanılarak öngörülen 1 değerinden büyüktür. Bu şişirilmiş üs değerleri, 11-15 yaş aralığındaki erkeklerde bacak kas kütlelerinin beden kütlelerinden daha yüksek oranda arttığını bulan ($m^{1.1}$)

Nevill'in^[25] sonuçlarıyla uyumludur. Çalışmamızda bulunan kütle ve boy üs değerleri De Ste Croix ve ark.nın^[5] sonuçlarından (kütle üs değeri 0.36, boy üs değeri 2.55, 'bileşik' kütle üs değeri 1.21) biraz düşüktür. Bu şişirilmiş üs değeri, yine çalışmamızda gözlenen ZT'nin beden kütlesiyle orantısız bir şekilde artışını desteklemektedir; bu bulgu bacak kas kütle-sinin beden ölçüsüyle orantısız bir şekilde artmasıyla açıklanabilir.^[25] Önceki çalışmalar daha çok beyaz çocuklara dayanmaktaydı. Bu çalışma ise sadece Çinli ergenlerde yapılmıştır. Farklı etnik gruplarda gözlenen vücut bileşimi, vücut oranları, büyüme ve olgunlaşma süreçlerindeki farklılıklar^[26] bu çalışma ile önceki çalışmalar arasında görülen farklılıklardan en azından bir kısmını açıklayabilir.

Sonuç olarak, çalışmamızda, beden kütlesi ile boyun eşdeğişken olarak alındığı ZT ölçümlerinin beden ölçüsündeki farklar için ölçeklenmesi ya da normalizasyonunun avantajlarını gösterdik. Çalışmamızın bulguları, log-lineer ANCOVA'nın diz ZT ile ilgili mekanizmaların anlaşılmasındaki değerini doğrular niteliktedir; öyle ki, hamstringlerdeki ZT ile boy arasında daha önce tahmin edilenden daha fazla ilişki olduğu görülmüştür. Beden ölçüsündeki farklılara göre ayarlandığında, daha ileri pubertal evredeki çocuklar daha güçlü, sanat ağırlıklı dersler alan çocukların uyluk gücü beden eğitimi ağırlıklı dersler alan çocuklara kıyasla daha zayıf bulunmuştur. Bu sonuç sanat ağırlıklı eğitim programındaki öğrencilerde, özellikle kızlarda, fiziksel aktivitenin teşvik edilmesinin önemini göstermektedir. Ayrıca, muhtemelen beden kütlesine oranla bacak kas kütlesi daha fazla arttığından, ZT beden ölçüsüyle orantısız bir şekilde artmaktadır.

Kaynaklar

1. Gaul CA. Muscular strength and endurance. In: Docherty D, editor. Measurement in pediatric exercise science. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1996. p. 225-58.
2. Weltman A, Janney C, Rians CB, Strand K, Katch FI. The effects of hydraulic-resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *Am J Dis Child* 1987; 141:777-80.
3. Blimkie CJ. Age- and sex-associated variation in strength during childhood: Anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic and physical activity correlates. In: Gisolf CV, Lamb DR, editors. Perspectives in exercise science and sports medicine. Vol. 2, Youth, exercise and sport. Indianapolis: Benchmark Press; 1989. p. 99-163.
4. De Ste Croix MB, Armstrong N, Welsman JR. Concentric isokinetic leg strength in pre-teen, teenage and adult males and females. *Biol Sport* 1999;16:75-86.
5. De Ste Croix MB, Armstrong N, Welsman JR, Sharpe P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Ann Hum Biol* 2002;29:50-62.
6. Kanehisa H, Yata H, Ikegawa S, Fukunaga T. A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscles during growth. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;72:150-6.
7. Nevill AM, Holder RL, Baxter-Jones A, Round JM, Jones DA. Modeling developmental changes in strength and aerobic power in children. *J Appl Physiol* 1998;84:963-70.
8. Parker DF, Round JM, Sacco P, Jones DA. A cross-sectional survey of upper and lower limb strength in boys and girls during childhood and adolescence. *Ann Hum Biol* 1990;17:199-211.
9. Round JM, Jones DA, Honour JW, Nevill AM. Hormonal factors in the development of differences in strength between boys and girls during adolescence: a longitudinal study. *Ann Hum Biol* 1999;26:49-62.
10. Sunnegårdh J, Bratteby LE, Nordesjö LO, Nordgren B. Isometric and isokinetic muscle strength, anthropometry and physical activity in 8 and 13 year old Swedish children. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988;58:291-7.
11. Nevill AM, Ramsbottom R, Williams C. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65:110-7.
12. Tanner JM. Fallacy of per-weight and per-surface area standards, and their relation to spurious correlation. *J Appl Physiol* 1949;2:1-15.
13. Nevill AM, Holder RL. Scaling, normalizing, and per ratio standards: an allometric modeling approach. *J Appl Physiol* 1995;79:1027-31.
14. Welsman JR, Armstrong N, Nevill AM, Winter EM, Kirby BJ. Scaling peak VO₂ for differences in body size. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:259-65.
15. Winter EM. Scaling: partitioning out differences in size. *Pediatr Exerc Sci* 1992;4:296-301.
16. Jaric S, Radosavljevic-Jaric S, Johansson H. Normalisation of muscle force and muscle torque for body size. In: Avela J, Komi P, Komulainen J, editors. Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science; 19-23 July 2000; Jyväskylä, Finland. Book of Abstracts. 2000. p. 353.
17. Jaric S. Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exerc Sport Sci Rev* 2003;31:8-12.
18. Jaric S, Radosavljevic-Jaric S, Johansson H. Muscle force and muscle torque in humans require different methods when adjusting for differences in body size. *Eur J Appl Physiol* 2002;87:304-7.
19. Weir JP, Housh TJ, Johnson GO, Housh DJ, Ebersole KT. Allometric scaling of isokinetic peak torque: the Nebraska

- Wrestling Study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 80:240-8.
20. Nevill AM. The need to scale for differences in body size and mass: an explanation of Kleiber's 0.75 mass exponent. *J Appl Physiol* 1994;77:2870-3.
 21. Jones DA, Round JM. Strength and muscle growth. In: Armstrong N, Van Mechelen W, editors. *Paediatric exercise science and medicine*. Oxford: Oxford University Press; 2000. p. 133-42.
 22. Deighan MA. The development of concentric and eccentric leg and arm strength [Doctoral Dissertation]. University of Exeter, School of Sport and Health Sciences, Exeter, 2002.
 23. Koutedakis Y, Frischknecht R, Murthy M. Knee flexion to extension peak torque ratios and low-back injuries in highly active individuals. *Int J Sports Med* 1997;18:290-5.
 24. Maughan RJ. Relationship between muscle strength and muscle cross-sectional area. Implications for training. *Sports Med* 1984;1:263-9.
 25. Nevill AM. Evidence of an increasing proportion of leg muscle mass to body mass in male adolescents and its implications for performance. *J Sports Sci* 1994;12:163-64.
 26. Sun SS, Schubert CM, Chumlea WC, Roche AF, Kulin HE, Lee PA, et al. National estimates of the timing of sexual maturation and racial differences among US children. *Pediatrics* 2002;110:911-9.