

İZOMETRİK VE İZOKİNETİK BEL KUVVET ÖLÇÜMLERİNDE CYBEX NORM DİNAMOMETRENİN GÜVENİLİRLİĞİ

Erdal HANCI*, Erdem ATALAY*, Ufuk ŞEKİR*, Bedrettin AKOVA*, Hakan GÜR*

ÖZET

Bu çalışmada Cybex Norm izokinetik dinamometrenin izometrik, konsantrik ve eksantrik bel kas kuvvet ölçüm güvenilirliğini araştırmak hedeflendi. Çalışmaya 11 sağlıklı erkek gönüllü katıldı. Bel ekstansör ve fleksör kaslarının izometrik kuvveti 30° ve 60° gövde fleksiyonunda, izokinetik konsantrik kas gücü 30°/s ve 180°/s açısal hızlarda, izokinetik eksantrik kas gücü ise 30°/s ve 90°/s açısal hızlarda ölçüldü. Ölçümcüler arası güvenilirliği saptamak için testler iki farklı kişi tarafından 1-2 gün ara ile gerçekleştirildi. Ölçümcünün güvenilirliği için ise aynı ölçümcü ikinci testi 5-7 gün sonra tekrarladı. Güvenilirlik düzeyleri “sınıf içi korrelasyon katsayıları, (ICC, r)” ile değerlendirildi. İzometrik ölçümlerin tamamında ekstansör kasların zirve tork değerleri için ölçümcü içi ve arası ICC değerleri (r=0.90-0.96) yüksek güvenilirlik gösterdi. İzokinetik konsantrik kuvvet ölçümlerinde düşük açısal hızda (30°/s) ekstansör kaslarda ölçümcü içi ve arası güvenilirlik yüksek (r=0.90-0.91) olarak saptanırken yüksek açısal hızda (180°/s) ise iyi (r=0.82-0.83) güvenilirlik bulundu. Ekstansör bel kaslarına ait izokinetik eksantrik kas kuvvet ölçümlerinde her iki test hızında (30 ve 90°/s) ölçümcü arası yüksek (r=0.95-0.96) ve ölçümcü içi iyi (r=0.83-0.88) güvenilirlik gözlemlendi. Fleksör kasların 30°de yapılan izometrik ölçümlerde ölçümcü arası yüksek (r=0.92); 180°/s’lik açısal hızda yapılan konsantrik ölçümlerde ise ölçümcü içi ve arası iyi (r=0.81-0.82) güvenilirlik saptandı. Sonuç olarak bu çalışmada sağlıklı bireylerde kullanılan dinamometrenin ve uygulanan test protokollerinin bel ekstansör kaslarının izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik kas gücü ölçümleri için güvenilir olduğu söylenebilir.

Anahtar sözcükler: Bel kasları, izometrik kuvvet, izokinetik eksantrik kuvvet, izokinetik konsantrik kuvvet, güvenilirlik

* Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı, Bursa

SUMMARY

RELIABILITY OF CYBEX NORM DYNAMOMETER FOR ISOMETRIC AND ISOKINETIC TRUNK MUSCLE STRENGTH MEASUREMENTS

The aim of this study is to investigate the reliability of Cybex Norm isokinetic dynamometer for isometric, concentric and eccentric strength measurements of the trunk flexor and extensor muscles. Eleven healthy male volunteers participated in this study. Strength measurements of the trunk muscles were performed at 30° and 60° of trunk flexion for isometric strength, at 30°/s and 180°/s angular velocities for isokinetic concentric strength, and at 30°/s and 90°/s angular velocities for isokinetic eccentric strength. To determine the inter-rater reliability, two different physicians performed the measurements with an interval of 1-2 days. To determine the intra-rater reliability, the same physician repeated the second tests following 5-7 days. Reliability was evaluated by calculating the intra-class correlation coefficient (ICC, r). The ICC's of the isometric measurements for the trunk extensor muscles revealed high level inter- and intra-rater reliability (r=0.90-0.96). Furthermore, isokinetic concentric strength measurements of the trunk extensor muscles represented high inter- and intra-rater reliability (r=0.90-0.91) for low test speed (30°/s angular velocity), and a good inter- and intra-rater reliability (r=0.82-0.83) for high test speed (180°/s angular velocity). Additionally, isokinetic eccentric strength measurements of the trunk extensor muscles exhibited high inter-rater (r=0.95-0.96) and good intra-rater (r=0.83-0.88) reliability at both test speeds (30 and 90°/s angular velocity). On the other hand, strength measurements for the trunk flexor muscles presented high inter-rater reliability (r=0.92) for isometric strength at 30° trunk flexion and good inter- and intra-rater reliability (r=0.81-0.82) for isokinetic concentric strength at 180°/s angular velocity. This study indicated that the test protocols and dynamometer used are reliable in assessing the strength of trunk extensor muscles in isometric, isokinetic concentric and isokinetic eccentric modes in healthy individuals.

Key words: *Trunk muscles, isometric strength, isokinetic eccentric strength, isokinetic concentric strength, reliability*

GİRİŞ

Kronik bel ağrısı sporcularda sık görülen bir problemdir (1,4). Kronik bel ağrısı olan hastalarda azalmış bel kas gücü ve motor kontrolde bozukluk bildirilmiştir (14). Literatürde kronik bel ağrısı olan olgularda bel ekstansör kaslarında hem izometrik, hem de konsantrik ve

eksantrik izokinetik kuvvet kaybını takiben ağrının kronikleştiği yönünde yayınlar bulunmaktadır (7,8,11,15,16).

Bel kaslarının kuvvetinin nicel olarak ölçülebilmesi tanı ve tedavide önemli rol oynamaktadır (11). Kronik bel ağrısına yönelik rehabilitasyon uygulamalarında gövde kas kuvveti dinamometre ile izokinetik veya izometrik test yöntemleri ile ölçülebilmektedir (12). Uygulanan test protokolünün güvenilirliği veya tekrarlanabilirliği yeterli olmalı, kas kuvvetindeki değişimler test cihazına, ölçüm yapan kişiye bağlı olmamalı veya test yöntem hatalarından etkilenmemelidir (9). Literatürde bel kaslarının konsantrik, eksantrik ve izometrik kas kuvveti ölçümünde kullanılan çeşitli izokinetik dinamometrelerin güvenilirliğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (3,5,6,9,10,13). Ancak, Cybex Norm (CSMI, ABD) izokinetik dinamometrenin izometrik ve eksantrik kas gücü ölçüm güvenilirliğini değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı; bel ekstansör ve fleksör kaslarının “Cybex Norm” izokinetik dinamometre cihazı ile izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik kas kuvveti ölçümlerinin güvenilirliğini saptamaktır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Denekler: Çalışmaya son bir yılda bel ağrısı şikayetleri bulunmayan, daha önce bel bölgesinde yaralanma, cerrahi veya herhangi bir sistemik hastalık öyküsü olmayan, sağlıklı 11 erkek (ortalama yaş 28.5 ± 6.2 , ortalama boy 174.1 ± 4.0 cm, ortalama vücut ağırlığı 74.3 ± 5.4 kg, ortalama vücut kitle indeksi 24.5 ± 2.0 kg/m²) gönüllü olarak katıldı.

Deneysel prosedür: Ölçümcüler arası güvenilirliği saptamak için testler iki farklı kişi tarafından 1-2 gün ara ile gerçekleştirildi. Ölçümcünün güvenilirliği için ise aynı ölçümcü ikinci testi 5-7 gün sonra tekrarladı. Uygulamalarda izometrik, konsantrik ve eksantrik test sırası kullanıldı.

Kuvvet ölçümleri: Bel ekstansör ve fleksör kaslarının izometrik kuvveti 30° ve 60° gövde fleksiyonunda, izokinetik konsantrik kas kuvveti 30°/s ve 180°/s, izokinetik eksantrik kuvveti ise 30°/s ve 90°/s'lik açısal hızlarda üçer tekrar yapılarak ölçüldü. Testler öncesinde denekler ısınma amacıyla bisiklet ergometresinde 10 dk pedal çevirdiler. Daha sonra bel ekstansör kas gruplarına yönelik üç tekrarlı 20 saniyelik germe egzersizleri yapıldı.

Çalışmada “Cybex Norm” (CSMI, Stoughton, Massachusetts, ABD) izokinetik dinamometre ile; gövde ekstansiyon-fleksiyon (TEF) modüler komponenti “Norm” ünitesine bağlanarak kuvvet ölçümleri yapıldı. Her bir denek için testlerden önce cihazın kalibrasyonu ve protokol öncesi yer çekimi düzeltmesi yapıldı. Isınmayı takiben deneklere TEF modüler komponentinde ayakta durur şekilde pozisyon verildi. TEF modüler komponentinin pozisyon bilgisi (ayak platform yüksekliği, popliteal ped yüksekliği, skapular ped yüksekliği, vb.) her denek için “Cybex Norm” yazılımında kaydedildi.

Denekler TEF modüler komponentinde pozisyonlandırıldıktan sonra eklem hareket açıklığı belirlendi. Ayakta dik duruş pozisyonu anatomik sıfır olarak kabul edildi. Başlangıç pozisyonu anatomik sıfır, sonlanım pozisyonu ise 75° gövde fleksiyonu olarak belirlendi. Her test protokolü arasında yorgunluk gelişimini önlemek amacıyla 5 dk dinlenme verildi. Kuvvet parametresi olarak zirve tork değerleri kullanıldı.

İstatistiksel analiz: İstatistiksel analiz SPSS v16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) versiyonu kullanılarak yapıldı. Değişkenleri tanımlamak için ortalama ve standart sapma değerleri alındı. Ölçümlerin güvenilirliğini değerlendirmek için sınıf içi korrelasyon katsayısı (ICC, r) hesaplandı. ICC değerleri ise şu şekilde yorumlandı: 0.90-0.99, yüksek güvenilirlik; 0.80-0.89, iyi güvenilirlik; 0.70-0.79, orta güvenilirlik; <0.69, zayıf güvenilirlik (2). Ölçümlerin stabilitesini değerlendirmek için eşleştirilmiş t-testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık olarak $p<0.05$ değeri kabul edildi.

BULGULAR

Bel ekstansör ve fleksör kaslarının izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik kuvvet ölçümlerinin ortalama zirve tork değerleri ve standart sapmaları, sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmektedir. Ekstansör kasların ölçümlerinde test dönemleri arasında anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0.05$). Fleksör kaslar için 30°’de yapılan izometrik test ölçümcü arası, 180°/s’lik açısal hızda yapılan konsantrik testler için de ölçümcü içi ve arası istatistiksel anlamlı farklılıklar gözlenmedi. Diğer parametreler için ise test dönemleri arasında anlamlı farklılık ($p<0.05$) saptandı.

Ekstansör ve fleksör kas kuvvetleri değerlerine ilişkin sınıf içi korrelasyon katsayıları (ICC, r) Tablo 3 ve Tablo 4’de sunulmaktadır. İzometrik ölçümlerin tamamında ekstansör kasların zirve tork değerleri için ölçümcü içi ve arası ICC değerleri ($r=0.90-0.96$) yüksek güvenilirlik gösterdi. İzokinetik konsantrik kuvvet ölçümlerinde düşük açısal hızda

(30°/s) ekstansör kaslar için ölçümcü içi ve arası yüksek güvenilirlik ($r=0.90-0.91$) saptanırken, yüksek açısal hızda (180°/s) iyi ($r=0.82-0.83$) düzeyde güvenilirlik elde edildi. Ekstansör bel kaslarına ait izokinetik eksantrik kas kuvvet ölçümlerinde her iki açısal hızda ölçümcü arası yüksek ($r=0.95-0.96$) ve ölçümcü içi ise iyi ($r=0.83-0.88$) düzeyde güvenilirlik gözlemlendi.

İzometrik testte (30°'de) gövde fleksör kaslarının zirve tork değerleri için ölçümcü arası yüksek ($r=0.92$) güvenilirlik saptandı. İzokinetik konsantrik kuvvet ölçümlerinde yüksek açısal hızda (180°/s) fleksör kaslarda ölçümcü içi ve arası iyi ($r=0.81-0.82$) ilişki saptandı.

Tablo 1. Bel ekstansörlerinin izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik zirve tork değerleri (Ort. ± SS olarak)

Test protokolleri	Zirve tork (Ort. ± SS), Nm		
	1. ölçümcü 1. test	1. ölçümcü 2. test	2. ölçümcü 1. test
İzometrik 30°	255.4 ± 64.0	237.8 ± 64.2	257.7 ± 80.5
İzometrik 60°	244.3 ± 76.3	250.2 ± 65.2	253.4 ± 96.0
Konsantrik 30°/s	226.6 ± 53.3	226.0 ± 57.3	244.9 ± 63.2
Konsantrik 180°/s	152.0 ± 33.9	148.6 ± 22.5	157.0 ± 33.1
Eksantrik 30°/s	295.5 ± 49.9	297.1 ± 54.8	305.8 ± 60.2
Eksantrik 90°/s	294.0 ± 59.2	299.3 ± 63.5	284.3 ± 57.3

$p>0.05$ (ölçümcü içi ve ölçümcü arası)

Tablo 2. Bel fleksörlerinin izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik tork değerleri (Ort. ± SS olarak)

Test protokolleri	Zirve tork (Ort. ± SS), Nm		
	1. ölçümcü 1. test	1. ölçümcü 2. test	2. ölçümcü 1. test
İzometrik 30°	177.2 ± 52.8	207.8 ± 57.3 ^a	192.3 ± 52.7
İzometrik 60°	213.9 ± 51.0	234.1 ± 54.1 ^a	241.9 ± 59.7 ^a
Konsantrik 30°/s	192.1 ± 32.7	218.1 ± 42.6 ^a	213.5 ± 31.7 ^a
Konsantrik 180°/s	153.4 ± 26.6	159.5 ± 28.2	167.0 ± 44.8
Eksantrik 30°/s	249.4 ± 36.6	286.1 ± 51.4 ^a	277.3 ± 43.3 ^a
Eksantrik 90°/s	232.7 ± 37.3	280.0 ± 45.3 ^b	271.6 ± 44.7 ^b

a: $p<0.05$, b: $p<0.01$ (1. ölçümcü 1. teste göre anlamlı farklılık ifade eder)

Tablo 3. Bel ekstansörlerinin izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik kuvvet ölçümleri için sınıf içi korrelasyon değerleri

Test protokolleri	Sınıf içi korrelasyon katsayıları (ICC, r)	
	Ölçümcü içi	Ölçümcüler arası
İzometrik 30°	0.96	0.92
İzometrik 60°	0.90	0.90
Konsantrik 30°/s	0.91	0.90
Konsantrik 180°/s	0.82	0.83
Eksantrik 30°/s	0.83	0.96
Eksantrik 90°/s	0.88	0.95

Tablo 4. Bel fleksörlerinin izometrik, izokinetik konsantrik ve eksantrik kuvvet ölçümleri için sınıf içi korrelasyon değerleri

Test protokolleri	Sınıf içi korrelasyon katsayıları (ICC, r)	
	Ölçümcü içi	Ölçümcüler arası
İzometrik 30°	UD	0.92
İzometrik 60°	UD	UD
Konsantrik 30°/s	UD	UD
Konsantrik 180°/s	0.81	0.82
Eksantrik 30°/s	UD	UD
Eksantrik 90°/s	UD	UD

UD: uygun değil

TARTIŞMA

Literatürde bel ekstansör ve fleksör kaslarının izokinetik konsantrik kas kuvveti ölçümünün güvenilirliği sağlıklı (3,9,10,13) ve bel ağırlı (10) bireylerde iSAM 9000 (13), Lidoback (3), Cybex Norm (9) ve Cybex 6000 (10) dinamometreler kullanılarak çeşitli açısal hızlarda (60°/s, 90°/s, 120°/s, 150°/s, 180°/s) değerlendirilmiştir. Bugüne dek yapılmış bu çalışmalarda kullanılan cihazların ve test protokollerinin güvenilir oldukları bildirilmiştir. Sunulan bu çalışmada “Cybex Norm” dinamometre ile sağlıklı bireylerde bel ekstansör ve fleksör kaslarının izokinetik konsantrik, eksantrik ve de izometrik kas kuvvet ölçümlerinin güvenilirliği değerlendirildi.

Bel ağrısı tedavisinde ana hedeflerden biri kuvvet kayıplarını belirlemektir. Kuvvet kayıplarının belirlenmesinde ve rehabilitasyon programlarının etkinliğinin değerlendirilmesinde bel ekstansör kaslarının kuvvetinin güvenilir ve doğru testler ile ölçülmesi önemlidir.

Sunulan bu çalışmada "Cybex Norm" cihazı ile bel ekstansör kaslarının izometrik testlerinde yüksek güvenilirlik saptandı. Ancak, bel fleksör kaslarının izometrik kuvvet testlerinde sadece 30°'de ölçümcü arası yüksek (ICC: 0.92) güvenilirlik bulundu.

Gruther ve ark. (6), kronik bel ağrılı hastalarda bel ekstansör ve fleksör kaslarının izokinetik konsantrik ve izometrik test ölçümleri güvenilirliğini "Biodex 2000" cihazı ile değerlendirmişler: ekstansör kasların izometrik kas kuvveti ölçümlerinin güvenilirliğini buradakine yakın şekilde zirve tork değerleri için iyi (ICC: 0.81-0.85) düzeyde belirlemişlerdir. Aynı çalışmada; hem gövde fleksör ve ekstansör kaslarının izokinetik konsantrik kuvvet ölçümlerinde, hem de fleksör kasların izometrik kas gücü ölçümlerinde test dönemleri arasında ise anlamlı farklılık olduğu bildirilmiştir. Elde edilen anlamlı farklılıkların ikinci ölçümlerin 2.5 hafta sonra yapılmasından kaynaklanabileceği savı öne sürülmüştür.

Delitto ve ark. (3) ise 61 gönüllü denekle, 60°/s, 120°/s ve 180°/s açısal hızlarda "Lidoback" dinamometre kullanarak, bel ekstansör ve fleksör kaslarının izokinetik konsantrik kuvvet ölçümleri güvenilirliğini zirve tork/vücut ağırlığı oranı ile değerlendirmişlerdir. ICC değerleri buradakine benzer şekilde ekstansör kaslar için 0.74-0.90, fleksör kaslar için ise 0.70-0.92 aralığında rapor edilmiştir. Test protokolleri düşük hızdan yüksek hıza doğru uygulandığı, protokoller arasında 3 dk gibi kısa dinlenme süreleri verildiği için yorgunluk sonucu güvenilirliğin yüksek hızlarda azaldığı düşünülmüştür.

Karataş ve ark. (9) da 15 sağlıklı bireyde 60°/s ve 90°/s açısal hızlarda, bel ekstansör ve fleksör kaslarının konsantrik zirve tork değerlerini üç kez, iki farklı kişi tarafından en az 48 saat ara ile ölçüm yaparak değerlendirdikleri çalışmada ölçümcü içi güvenilirliği fleksör kasların zirve tork değerleri için 0.89-0.95; ekstansör kasların zirve tork değerleri için ise 0.80-0.92 aralığında saptamışlardır. Ölçümcüler arası güvenilirliği ise her iki kas grubu için 0.95-0.98 şeklinde yüksek düzeyde bildirmişlerdir. Çalışmada "Cybex Norm" izokinetik dinamometre kullanılmış olmakla birlikte; testler öncesinde yerçekimi düzeltilmesi yapılmadığı, buna bağlı olarak fleksör kasların zirve tork değerlerinin

daha yüksek gözleendiği rapor edilmiştir. Her test protokolünden önce yer çekimi düzeltmesinin yapıldığı buradaki çalışmada ekstansör kaslara ait zirve tork değerleri fleksörlerden daha yüksek bulundu.

Keller ve ark. (10) bel ekstansörlerinin kuvvet ölçümlerini 5-10 gün ara ile üç kez, 60°/s, 120°/s, 150°/s açısal hızlarda, "Cybex 6000" dinamometre kullanarak, sağlıklı ve kronik bel ağrısı olan gruplarda yapmışlardır. Her iki grupta da ekstansör kasların son iki testteki zirve tork değerleri için yüksek (ICC: 0.95-0.98) güvenilirlik rapor etmişlerdir. Kronik bel ağrısı olan grupta ilk iki ölçüm arasında ise anlamlı farklılık saptamışlardır. Kronik bel ağrısı olan grupta 1. test döneminde yaralanma korkusu olduğunu, 2. test döneminde prosedürün öğrenilmesi ile daha yüksek zirve tork değerlerinin elde edildiğini ileri sürmüşlerdir.

Diğer bir çalışmada (13) gövde fleksör ve ekstansör kaslarının kuvvet ölçümleri "iSAM 9000" izokinetik dinamometre ile 60°/s açısal hızda yapılmış ve her iki kas grubunda da yüksek (ICC: 0.94-0.96) güvenilirlik bildirilmiştir. Aynı çalışmada "iSAM 9000" ve "Cybex 6000" izokinetik dinamometreleri karşılaştırılmıştır. "iSAM 9000" ile yapılan ölçümlerde daha yüksek zirve tork değerlerinin elde edildiği; bu durumun dinamometrenin stabilizasyon sisteminin iyi olmamasına bağlı olabileceği rapor edilmiştir. Sunulan çalışmada ise "Cybex Norm" cihazı ile benzer sorun gözlenmedi.

Literatürde bel ekstansör kaslarına ait izokinetik eksenrik kuvvet ölçümlerinin güvenilirliğinin incelendiği az sayıdaki araştırmadan biri olan Dvir ve ark. (5) çalışmasında, "KinCom 500H" izokinetik dinamometre kullanılmıştır. Her iki cinsten denekler oturur pozisyonda, 10° gövde fleksiyonu ve 10° gövde ekstansiyonu hareket açıklığında iken 10°/s ve 40°/s açısal hızlarda konsantrik-eksantrik modda kuvvet ölçümleri yapılmıştır. Sadece kadın deneklerde düşük açısal hızda iyi güvenilirlik rapor edilirken, diğer ölçümlerin güvenilir olmaması kullanılan cihazın yeterli stabilizasyonu sağlanmadığına bağlanmıştır. Bu çalışmada ise, düşük ve yüksek açısal hızlarda bel ekstansör kaslarının "Cybex Norm" dinamometre ile yapılan izokinetik eksenrik kuvvet ölçümlerinin zirve tork değerleri için ölçümcü içi iyi düzeyde güvenilirlik saptandı.

Sonuç olarak; bu çalışmada sağlıklı bireylerde kullanılan dinamometrenin ve uygulanan test protokollerinin bel ekstansör kaslarının izometrik, izokinetik konsantrik ve eksenrik kas gücü ölçümleri için güvenilir olduğu söylenebilir. Benzer değerlendirmelerin ileri çalışmalarda bel ağrısı olan hastalarda tekrarlanması literatüre katkı sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Bono C: Low back pain in athletes. *J Bone Joint Surg Am* **86**: 382-96, 2004.
2. Currier DP: *Elements of Research in Physical Therapy*, 3rd ed. Baltimore, MD, Williams & Wilkins, 1990.
3. Delitto A, Rose SJ, Crandell CE, Strube MJ: Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance. *Spine* **16**: 800-3, 1991.
4. d'Hemecourt PA, Gerbino II PG, Micheli LJ: Back injuries in the young athlete. *Clin Sports Med* **19**: 663-79, 2000.
5. Dvir Z, Keating J: Reproducibility of a new test protocol for measuring isokinetic trunk extension strength. *Clin Biomech* **16**: 627-30, 2001.
6. Gruther W, Wick F, Paul B, et al: Diagnostic accuracy and reliability of muscle strength and endurance measurements in patients with chronic low back pain. *J Rehabil Med* **41**: 613-9, 2009.
7. Henchoz Y, So AKL: Exercise and nonspecific low back pain: a literature review. *Joint Bone Spine* **75**: 533-9, 2008.
8. Hernandez ME, Goldberg A, Alexander NB: Decreased muscle strength relates to self-reported stooping, crouching, or kneeling difficulty in older adults. *Phys Ther* **90**: 67-74, 2010.
9. Karataş GK, Göğüş F, Meray J: Reliability of isokinetic trunk muscle strength measurement. *Am J Phys Med Rehabil* **81**: 79-85, 2002.
10. Keller A, Hellesnes J, Brox JI: Reliability of the isokinetic trunk extensor test, Biering-Sørensen test, and Astrand bicycle test: Assessment of intraclass correlation coefficient and critical difference in patients with chronic low back pain and healthy individuals. *Spine* **26**: 771-7, 2001.
11. Kuukkanen T, Malkia E: Muscular performance after a 3 month progressive physical exercise program and 9 month follow-up in subjects with low back pain. a controlled study. *Scand J Med Sci Sports* **6**: 112-21, 1996.
12. Lexell JE, Downham DY: How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* **84**: 719-23, 2005.
13. Orri JC, Darden GF: Technical report: reliability and validity of iSam 9000 isokinetic dynamometer. *J Strength Cond Res* **22**: 310-7, 2008.
14. O'Sullivan P: Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Man Ther* **10**: 242-55, 2005.
15. Shirado O, Ito T, Kaneda K, Strax TE: Concentric and eccentric strength of trunk muscles: Influence of test postures on strength and characteristics of patients with chronic low-back pain. *Arch Phys Med Rehabil* **76**: 604-11, 1995.
16. Takemasa R: Trunk muscle strength in and effect of trunk muscle exercises for patients with chronic low back pain: The differences in patients with and without organic lumbar lesions. *Spine* **20**: 2522-30, 1995.

