



Özgün Araştırma / Original Article

## Yaşlı bireylerde cilt yüzeyi üzerinden torasikkifoz ve lumballordoz açılarının değerlendirilmesi: Spinal Mouse geçerliliği ve güvenilirliği

Öznur Büyükturan<sup>1</sup>, Buket Büyükturan<sup>2</sup>, Mehmet Yetiş<sup>3</sup>, Aysu Yetiş<sup>4</sup>

1 Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Kırşehir, Türkiye ORCID: 0000-0002-1163-9972

2 Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Kırşehir, Türkiye ORCID: 0000-0001-5898-1698

3 Ahi Evran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji AD, Kırşehir, Türkiye ORCID: 0000-0002-8193-4344

4 Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nöroloji Kliniği, Kırşehir, Türkiye ORCID: 0000-0003-2139-0848

Geliş: 29.12.2017; Revizyon: 20.03.2018; Kabul Tarihi: 22.03.2018

### Öz

**Amaç:** Bu çalışma, sağlıklı yaşlı bireylerde, eksternal ve non-invaziv olarak spinal hareketliliği değerlendiren spinalmouse (SM) cihazının, geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek amacıyla yapılmıştır.

**Yöntemler:** Ayakta durma esnasında, hem SM cihazıyla, hem de Cobb açısı yöntemiyle radyolojik olarak olguların torakalkifoz ve lumballordoz eğrilikleri değerlendirilmiştir. SM cihazı ile üç farklı araştırmacı tarafından ölçüm yapılmıştır. Kullanıcı-içi ve kullanıcılar arası geçerlilik ve güvenilirlik için sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) ve standart hata ölçüm (SHÖ) yöntemi kullanılmıştır.

**Bulgular:** Çalışmaya yaş ortalaması 68,12±2,67 yıl olan 46 yaşlı birey (29 kadın, 17 erkek) dahil edilmiştir. Kullanıcılar arası SKK 0,80-0,89 ve kullanıcı-içi SKK 0,88-0,91 arasında bulunmuştur. SM ile yapılan tüm ölçümlerde SHÖ değeri 2,01° ile 4,26° arasında tespit edilmiştir. Ayrıca tüm araştırmacıların SM ile ölçtüğü spinal eğrilik dereceleri ile, radyolojik olarak ölçülen spinal eğrilik dereceleri arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur (p<0,05).

**Sonuç:** SM cihazının, yaşlılar ile ilgili kliniklerde ve araştırmalarda kullanılacak güvenilir, geçerli, güvenli, hızlı ölçüm yapabilen ve herhangi bir yan etkisi olmayan bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Spinal Mouse, yaşlı, omurga, geçerlilik, güvenilirlik.

DOI: 10.5798/dicletip.410864

**Yazışma Adresi / Correspondence:** Öznur Büyükturan, Terme Cad. Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi No: 4, Merkez, Kırşehir, Türkiye e-mail: [fzt\\_oznur@hotmail.com](mailto:fzt_oznur@hotmail.com)

## Assessment of thoracic kyphosis and lumbar lordosis on skin-surface in older adults: Spinal Mouse validity and reliability

### Abstract

**Objective:** This study was conducted to test the reliability and validity of spinal mouse (SM) device evaluating spinal mobility external and non-invasively in healthy older adults.

**Methods:** In upright position, the thoracic kyphosis and lumbar lordosis curvatures of the cases were assessed both with the SM device and radiologically by the Cobb angle method. The assessment were made by three different researchers with SM device. Intraclass correlation coefficients (ICC) and standard errors of measurement (SEM) were used to investigate intrarater and interrater validity and reliability.

**Results:** Forty-six older adult individuals (29 females, 17 males) with a mean age of  $68,12 \pm 2,67$  years were included in the study. The interrater ICC ranged from 0.80 to 0.89, and intrarater ICC ranged from 0.88 to 0.91 were found. The SEM value was detected to be between  $2,01^\circ$  and  $4,26^\circ$  in all measurements with SM. In addition, significant correlation was found between the spinal curvature degrees measured by all researchers with SM and the radiologically measured spinal curvature degrees ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The SM device is considered to be a reliable, valid, safe, quick method that can be used in the clinics and researches of the older adults with no side effects.

**Keywords:** Spinal Mouse, older adults, spine, validity, reliability.

### GİRİŞ

Yaşın ilerlemesiyle birlikte bireyin vücudunda bazı değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler, kas-iskelet sisteminde, deride, sinir sisteminde, nöral sistemde vb. meydana gelmektedir<sup>1,2</sup>. Genç yetişkinlerle kıyaslandığında yaşlı bireylerde kas-iskelet, nöral ve deri sistemleri ile ilişkili olan vertebral kolonda farklılıklar oluşmaktadır<sup>3</sup>. Bu farklılıklar ise bazı spinal patolojilere sebep olabilmektedir. Spinal patoloji varlığından şüphelenilen yaşlı bireylerde, spinal hareket açıklığının değerlendirilmesi spinal patolojilerin tespit edilmesinde faydalı yöntemlerden biridir<sup>3</sup>. Bu sebeple yaşlı bireylerin normal spinalmobilitelerinin ve vertebral dizilimlerinin tanımlanması önemlidir<sup>4</sup>.

Kolumnavertebralis (KV)'in karmaşık yapısı nedeniyle eklem hareket açıklığı (EHA)'nı ve eğriliklerin derecesini değerlendirmek güçtür<sup>5-7</sup>. Bu amaçla spinalmobiliteleri ve esnekliği değerlendirmek amacıyla, radyografi, inklinometre, gonyometre, cilt distraksiyonu, gibi birçok yöntem geliştirilmiştir<sup>8</sup>. Bu

yöntemler birbirleri ile karşılaştırıldığında radyolojik incelemelerin vertebranın pozisyonunu ve hareketini daha doğru tespit ettiği bilinmektedir<sup>9</sup>. Radyolojik yöntemlerin dışında flexicurve, inklinometre, sırt EHA ölçümü ve Spinal Mouse (SM) kullanılmaktadır<sup>9,10</sup>.

SM, kifoz ve lordoz gibi KV açıları, vertebraların şekillerini ve birbirleriyle ilişkilerini frontal ve sagittal planda değerlendiren eksternalnon-invazif bir ölçüm cihazıdır<sup>10</sup>. Son yıllarda doğumda beklenen yaşam süresinin artmasıyla birlikte, dünyada yaşlı birey nüfusu gittikçe artmaktadır<sup>11</sup>. Buna bağlı olarak yaşlıların KV ile ilişkili problemlerini tespit etmek, klinik tanı ve tedaviyi desteklemek için kullanılabilecek geçerli ve güvenilir cihaz ve yöntem sayısı yetersizdir<sup>9,10</sup>. Literatürde KV ile ilişkili problemleri tespit etmek amacıyla kullanılan mevcut yöntemlerden biri olan SM cihazının genç yetişkinlerde ve sağlıklı erkek çocuklarda geçerliliği ve güvenilirliği yapılmış olmasına rağmen<sup>10,12</sup>, bu cihazın yaşlı bireylerde

geçerliliği ve güvenilirliği henüz bilinmemektedir. Bu çalışmanın amacı SM kullanılarak ayakta durma esnasında ölçülen torakalkifoz (TK) ve lumballordoz (LL)'ün geçerliliğinin ve güvenilirliğinin incelenmesi ve radyolojik yöntemlerle ilişkisinin belirlenmesidir.

### YÖNTEMLER

Yaşları 65-76 arasında değişen ve Kırşehir ilinde yaşayan, sağlıklı 46 yaşlı birey bu çalışmaya dahil edilmiştir. Bağımsız ayakta duramayan, servikal, torakal ve lumbal bölgede nörolojik defisit oluşturan disk herniasyonu olan, spinalstenozu olan, sırt bölgesinde skar dokusu olan, skolyozu olan, spinal cerrahi geçiren, alt ekstremitte uzunluk farkı olan, son 6 ay içinde ikiden fazla düşen, kardiyak veya pulmoner problemi olan, huzurevi veya bakımevinde yaşayan ve iletişim problemi olan yaşlı bireyler çalışma dışı bırakılmıştır. Olguların sosyo-demografik özellikleri ve tıbbi geçmişleri kaydedilmiştir.

Bu çalışma yerel etik kurul tarafından onaylanmış ve Helsinki Bildirgesine uygun olarak yapılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce katılımcılardan yazılı ve sözlü onam alınmıştır.

Torasikkifoz ve lumballordoz radyolojik değerlendirme

Olguların TK ve LL, açıları Cobb açısı yöntemiyle, lateral radyolojik görüntüler ile incelenmiştir. Olguların lateral görüntüleri bilgisayar destekli programlarda incelenmiş, TK ve LL açıları tespit edilmiştir. TK; T1 vertebraının üst yüzeyinden ve T12 vertebraının alt yüzeyinden çizilen teğetlere inilen dikmeler arasındaki<sup>13</sup>, LL ise L1 vertebraının üst yüzeyinden ve L5 vertebraının alt yüzeyine çizilen teğetlere inilen dikmeler arasındaki açı bulunarak hesaplanmıştır<sup>14</sup>.

Spinalmouse değerlendirme

Ölçümler birbirinden bağımsız olarak 3 farklı araştırmacı tarafından, sessiz, iyi ışıklandırılmış ve olgunun veya araştırmacının dikkatini

dağıtan herhangi bir olayın olmadığı bir odada yapılmıştır. Tüm spinal ölçümler SM için belirtilen son rehberlere göre yapılmış<sup>15,16</sup> ve ölçümler 2 haftalık aralıklarla olgular üzerinde tekrarlanmıştır.

Tüm olgulara ölçümler hakkında sözlü ve videolu anlatım yapılmış ve bir kez test ölçümü gerçekleştirilmiş ve daha sonra esas ölçüm başlamıştır. SM değerlendirmesi esnasında her bir değerlendirici olguların sırtı açıldıktan sonra servikal 7 ile sakral 3 vertebra arasındaki tüm vertebraların spinöz çıkıntıları palpe etmiş ve işaretlemiştir. Bu işaretlemeler yapıldıktan sonra SM cihazı ile işaretlemeler takip edilmiş ve ölçüm yapılmıştır. Değerlendirmeyi yapan araştırmacılar, SM cihazının kaydettiği bilgilerin kaybolmasını engellemek, hatalı ölçüm yapmamak için optimal hızda bir ölçüm gerçekleştirmiştir (Şekil 1). Her bir araştırmacı olgu dik pozisyondayken üç ölçüm yapmış ve ortalama skor SM yazılımı tarafından hesaplanmıştır.



Şekil 1. Spinal Mouse ile olguların spinal eğriliklerinin ölçümü

SM ölçüm hızının yavaş (5,4 cm/sn), orta (6,7cm/sn) ve hızlı (8,7 cm/sn) olmak üzere 3 adet değeri vardır. Özellikle 10 cm/sn'nin üzerinde yapılan ölçümlerde veri kaybı yaşanabileceği, hızın 25 cm/sn üzerine çıktığında ise SM'nin hata verdiği belirtilmiştir<sup>12</sup>. Bu sebeple bu çalışmada orta hızda ölçüm yapılmıştır. Bu hızın elde edilebilmesi için ölçüm yapan araştırmacılar, çalışmaya dahil edilmeyen olgular üzerinde günde 2 kez 3 hafta boyunca deneme ölçümleri yapmışlardır. İkinci ölçümler takip eden iki hafta sonra araştırmacılar tarafından aynı yöntemler kullanılarak yapılmıştır<sup>12</sup>.

#### İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz, SPSS (version21.0; SPSS, Inc, Chicago, IL, USA) programı ile yapılmıştır. Katılımcıların özelliklerini test etmek amacıyla tanımlayıcı istatistik kullanılmıştır. Sınıf içi korelasyon katsayısı(SKK) 2-yönlü rastsal model (tip: absoluteagreement) kullanılarak, kullanıcılar arası, kullanıcı-içi geçerlilik ve güvenilirlik ve güven aralığını (95%) analiz etmek için kullanılmıştır. Olgular ve değerlendiriciler için tesadüfi etki ve kalıcı etkinin hesaplanmasında tekrarlı-ölçümlerde ANOVA testi kullanılmıştır. Standart hata ölçümü (SHÖ) her değişken için " $SS.\sqrt{(1 - SKK)}$ "formülü ile hesaplanmıştır. Eş zamanlı geçerlilik Pearsonkorelasyon katsayısı ile tespit edilmiştir. Geçerlilik katsayıları;  $r \geq 0,81-1,0$  mükemmel, 0,61-0,80 çok iyi, 0,41-0,60 iyi, 0,21-0,40 makul, 0-0,20 zayıf şeklinde kabul edilmiştir. Bu çalışmanın istatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak belirlenmiştir<sup>9,17,18</sup>.

#### BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen 46 sağlıklı yaşlı (29 kadın, 17 erkek) bireyin yaş ortalaması  $68,12 \pm 2,67$  yıl olarak tespit edilmiştir. Olguların radyolojik inceleme sonucu belirlenen TK ve LL açıları ve sosyo-demografik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Olguların eş-zamanlı geçerlilik analizi incelendiğinde radyolojik TK açısı ile, değerlendiricilerin SM ile ölçtüğü TK dereceleri ( $r = 0.795-0.931$ ) ve radyolojik LL ile SM ile ölçülen LL dereceleri ( $r = 0.621-0.716$ ) arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p < 0,05$ ) (Tablo 2).

Kullanıcı-içi güvenilirlik; SKK skoru 0,88-0,91 arasında ve SHÖ skoru 2,01-3,12 derece arasında değişmiş ve kullanıcı-içi fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ) (Tablo 3).

Kullanıcılar-arası güvenilirlik; SKK skoru 0,80-0,89 arasında ve SHÖ skoru ise 2,90-4,26 derece arasında değiştiği bulunmuştur ve ilk ölçüm-ikinci ölçüm arasında herhangi bir istatistiksel fark tespit edilmemiştir ( $p > 0,05$ ) (Tablo 4).

#### TARTIŞMA

Bu çalışma sağlıklı yaşlı bireylerde SM cihazının geçerliliğini ve güvenilirliğini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre yaşlı bireylerin TK ve LL açılarının değerlendirilmesinde SM cihazı geçerli ve güvenilir bir yöntemdir (SKK:0,80-0,91). Ayrıca, radyolojik olarak Cobb açısı yöntemiyle belirlenen TK ve LL açılarıyla korelasyon gösteren bir ölçümdür ( $r=0.621-0.931$ ).

**Tablo 1:** Olguların sosyo-demografik özellikleri, radyolojik kifoz ve lordoz eğri dereceleri

	Ortalama	SS
Yaş (yıl)	68,12	2,67
VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	29,45	4,67
RTK (derece)	38,71	5,12
RLL (derece)	16,66	1,74
Eğitim durumu (yıl)	8,14	2,07
Tıbbi özgeçmiş n(%)		
Diabetes mellitüs	38 (82,6)	
Hipertansiyon	36 (78,2)	

\* SS, standard sapma; VKİ, vücut-kütle indeksi; RTK, radyolojik torakal kifoz; RLL, radyolojik lumbal lordoz.

**Tablo 2:** RTK, RLL ve SM ölçümleri arasındaki ilişki

		RTK	RLL
Değerlendirici 1	r	0.81	0.71
	p	0.012	0.029
Değerlendirici 2	r	0.93	0.62
	p	<0.001	0.047
Değerlendirici 3	r	0.79	0.69
	p	0.021	0.034

\*RTK, radyolojik torakal kifoz; RLL, radyolojik lumbal lordoz; SM, spinal mouse.

**Tablo 3:** Kullanıcı-İçerisi güvenilirlik analizi

	SKK	SHÖ
İlk Ölçüm		
	SMTK	0,88
SMLL		
		0,86
İkinci Ölçüm		
	SMTK	0,90
SMLL		
		0,91

\*SMTK, spinal mouse torakal kifoz; SMLL, spinal mouse lumbal lordoz; SKK, sınıf içi korelasyon katsayısı; SHÖ, standart hata ölçümü.

**Tablo 4:** Kullanıcılar-arası güvenilirlik

	Değerlendirici 1				Değerlendirici 2				Değerlendirici 3			
	İlk ölçüm	İkinci ölçüm	SKK	SHÖ	İlk ölçüm	İkinci ölçüm	SKK	SHÖ	İlk ölçüm	İkinci ölçüm	SKK	SHÖ
SMTK	36,84±6,49	35,94±7,15	0,80	2,90	38,15±8,05	37,98±9,14	0,84	3,22	36,27±8,13	36,94±9,16	0,85	3,14
SMLL	-19,57±10,14	-20,94 ±6,86	0,88	3,54	-20,99±10,94	-23,24±10,93	0,89	3,62	-20,09±10,34	-21,47±8,67	0,83	4,26

\*SMTK, spinal mouse torakal kifoz; SMLL, spinal mouse lumbal lordoz; SKK, sınıf içi korelasyon katsayısı; SHÖ, standart hata ölçümü.

Tüm yaş gruplarında olduğu gibi yaşlılarda da TK ve LL açısının tespit edilmesinde en etkili yöntem Cobb açısı yöntemidir<sup>14,19,20</sup>. Ancak araştırmacılar, X-ray ışınlarının olumsuz etkilerini bildiklerinden dolayı<sup>21,22</sup>, bu etkileri önlemek için TK ve LL açısı ölçümünde kifometre, gonyometre, fleksometre, inklinometre gibi yöntemler geliştirmişlerdir<sup>6,9,11,23</sup>. Yaşlanmaya bağlı olarak yetişkin bireylerden daha kırılabilir bir yapıya sahip olan yaşlı bireylerde 24 X-ray ışınlarının oluşturabileceği olumsuz etkileri önlemek de önemlidir<sup>21,25</sup>.

SM, omurganın dizilimini ve açılarını birçok farklı planda değerlendirebilen eksternalnon-invaziv bir yöntemdir. Bu cihazın geçerliliği ve güvenilirliği, skolyoz hastalarında, erkek çocuklarda ve yaş ortalaması 41 olan yetişkinlerde değerlendirilmişken, yaşlı bireylerde geçerli ve güvenilir bir yöntem olduğu bilinmemektedir<sup>10,12,16</sup>. Mannion ve ark. tarafından 20 sağlıklı yetişkinde SM'nin geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek

amacıyla yapılan çalışmada kullanıcı-İçerisi SKK 0.82-0.86 olarak bulunmuştur<sup>10</sup>. Kellis ve ark. 81 sağlıklı erkek çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada kullanıcı-İçerisi SKK skorunu 0.61-0.96, kullanıcılar arası SKK skorunu ise 0.67-0.91 tespit etmiştir<sup>12</sup>. Livanelioğlu ve ark. tarafından 51 adolesanidiyopatikskolyozlu olguda SM cihazının kullanıcı-İçerisi ve kullanıcılar arası SKK skoru 0.872-0.962 olarak bulunmuştur<sup>16</sup>. Bu çalışmada ise kullanıcı-İçerisi ve kullanıcılar arası SKK değerleri 0,80-0,91 arasında değiştiği bulunarak, ilgili verilerin literatür ile uyumlu tespit edilmiştir.

SM cihazının kullanıcı-İçerisi ve kullanıcılar arası ölçüm farklılıklarını test edebildiği gösterilmiştir<sup>10,24</sup>. Bu çalışmadan elde edilen yüksek güvenilirlik ve yüksek korelasyon katsayıları SM cihazı ile yapılan ölçümlerin spinal hareketliliği tam doğru ve net olarak ölçtüğünü garanti etmemektedir<sup>12</sup>. Mannion ve ark. spinal ölçümlerde bulunan SHÖ değerlerinin dekompresyon cerrahisinden sonra ortaya çıkan değişikliklerden daha az

olduğunu bulmuşlardır<sup>10</sup>. Bu çalışmada SHÖ değerleri yaklaşık olarak %5-%15 oranında bulunmuştur. Ayrıca, çalışma sonucunda bulunan SKK ve SHÖ değerleri erişkinlerde SM cihazının kullanıldığı önceki çalışmalar tarafından bildirilen aralıktadır<sup>10,23,26</sup>. Spinal hareketliliğin fazla sayıda komponent içermesi sebebiyle ölçümlerde hata kaçınılmazdır. Kullanıcı-içi hataların en aza indirildiği ve kişiler arası ölçümlerin optimizasyonunun sağlandığı ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, SM cihazı ile ölçülen spinal hareketlilik sağlıklı yaşlı bireylerde rutin uygulamalarda kullanılabilir geçerli ve güvenilir bir yöntemdir.

Radyolojik olarak ölçülen TK ile tüm değerlendiricilerin SM cihazı ile ölçtüğü TK dereceleri arasında  $r = 0,79-0,93$ , radyolojik LL ile tüm değerlendiricilerin SM ile tespit ettiği LL arasında  $r = 0,62-0,71$  arasında değişen korelasyon bulunmuştur. Livanelioğlu ve ark. yaptıkları çalışmada adölesanidiyopatikskolyozlu olgularda SM ile radyolojik inceleme arasında anlamlı korelasyon bulmuşlardır<sup>16</sup>. Her ne kadar bizim çalışmamız ile Livanelioğlu ve ark. yaptıkları çalışma gerek çalışma popülasyonu gerekse patoloji açısından birbirinden farklı da olsa her iki çalışmada da radyolojik inceleme ile SM arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur.

Bu çalışmanın bazı limitasyonları vardır. Birincisi, çalışmada sadece sağlıklı yaşlı bireyler değerlendirilmiştir. Yaşlanmayla birlikte birçok sağlık probleminin ortaya çıkabilme ihtimali araştırmacılar tarafından göz ardı edilmemelidir. Bu çalışma sonucunda bulunan değerlerin sadece asemptomatik yaşlı bireyler için geçerli ve güvenilir olduğu bilinmelidir. Ayrıca, çalışmada sadece dik pozisyonda hem radyolojik hem de SM cihazı ile ölçüm yapılmıştır. Gövdenin fleksiyon ve ekstansiyon pozisyonlarında iki ölçüm yöntemi ile kifoz ve lordoz açıları tespit edilerek gerekli analizler yapılabilirdi. Ancak, yaşlı bireyin daha

fazla radyasyon almasını önlemek amacıyla ölçümler sadece dik pozisyonda yapılmıştır.

Sonuç olarak yaşlı bireylerde hem LL hem de TK değerlendirilmesinde, SM klinisyenler ve araştırmacılar tarafından kullanılabilir geçerli ve güvenilir bir yöntemdir. Ayrıca SM ölçümleri X-ray ile korelasyon gösteren bir yöntem olması sebebiyle TK ve LL değerlendirilmesinde alternatif yöntem olabilir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir.

**Finansal Destek:** Bu çalışma herhangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

**Declaration of Conflicting Interests:** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** No financial support was received.

#### KAYNAKLAR

1. Hughes VA, Frontera WR, Wood M, et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001; 56:209-17.
2. Hedden T, Gabrieli JD. Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nat Rev Neurosci.* 2004; 5:87-96.
3. Kuo YL, Tully EA, Galea MP. Video analysis of sagittal spinal posture in healthy young and older adults. *J Manipulative Physiol Ther.* 2009; 32:210-5.
4. Kuo YL, Tully EA, Galea MP. Sagittal spinal posture after Pilates-based exercise in healthy older adults. *Spine.* 2009; 34:1046-51.
5. Ramiro S, van Tubergen A, Stolwijk C, van der Heijde D, Royston P, Landewé R. Reference intervals of spinal mobility measures in normal individuals: the MOBILITY study. *Ann Rheum Dis.* 2015; 74:1218-24.
6. Imagama S, Hasegawa Y, Matsuyama Y, et al. Influence of sagittal balance and physical ability associated with exercise on quality of life in middle-aged and elderly people. *Arch Osteoporos.* 2011; 6:13-20.
7. Kasukawa Y, Miyakoshi N, Hongo M, et al. Relationships between falls, spinal curvature, spinal mobility and back extensor strength in elderly people. *J Bone Miner Metab.* 2010; 28:82-7.
8. Morin Doody M, Lonstein JE, Stovall M, et al. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the US Scoliosis Cohort Study. *Spine.* 2000; 25:2052-63.

9. Kachingwe AF, Phillips BJ. Inter- and intrarater reliability of a back range of motion instrument. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86:2347-53.
10. Mannion AF, Knecht K, Balaban G, et al. A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *Eur Spine J.* 2004; 13:122-36.
11. Kanasi E, Ayilavarapu S, Jones J. The aging population: demographics and the biology of aging. *Periodontol* 2000. 2016; 72:13-8.
12. Kellis E, Adamou G, Tziliou G, Emmanouilidou M. Reliability of spinal range of motion in healthy boys using a skin-surface device. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008; 31:570-6.
13. Briggs AM, Wrigley TV, Tully EA, et al. Radiographic measures of thoracic kyphosis in osteoporosis: Cobb and vertebral centroid angles. *Skeletal Radiol.* 2007; 36:761-7.
14. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Janik TJ, Holland B. Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods. *Spine.* 2001; 26:235-42.
15. Topalidou A, Tzagarakis G, Souvatzis X, Kontakis G, Katonis P. Evaluation of the reliability of a new non-invasive method for assessing the functionality and mobility of the spine. *Acta Bioeng Biomech.* 2014; 16:117-24.
16. Livanelioglu A, Kaya F, Nabiye V, Demirkiran G, Fırat T. The validity and reliability of “Spinal Mouse” assessment of spinal curvatures in the frontal plane in pediatric adolescent idiopathic thoraco-lumbar curves. *Eur Spine J.* 2016; 25:476-82.
17. Fortin C, Ehrmann Feldman D, Cheriet F, Labelle H. Clinical methods for quantifying body segment posture: a literature review. *Disabil Rehabil.* 2011; 33:367-83.
18. Aktürk Z, Acemoğlu H. Tıbbi araştırmalarda güvenilirlik ve geçerlilik. *Dicle Tıp Derg.* 2012; 39:316-9.
19. Lee CS, Chung SS, Kang KC, Park SJ, Shin SK. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population. *Spine.* 2011; 36:1648-54.
20. Winter RB, Lonstein JE, Denis F. Sagittal spinal alignment: the true measurement, norms, and description of correction for thoracic kyphosis. *J Spinal Disord Tech.* 2009; 22:311-4.
21. de Gonzalez AB, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *The Lancet.* 2004; 363(9406):345-51.
22. Shih RA, Glass TA, Bandeen-Roche K, et al. Environmental lead exposure and cognitive function in community-dwelling older adults. *Neurology.* 2006; 67:1556-62.
23. Barrett E, McCreesh K, Lewis J. Reliability and validity of non-radiographic methods of thoracic kyphosis measurement: a systematic review. *Man Ther.* 2014; 19:10-7.
24. Vanasse A, Dagenais P, Niyonsenga T, et al. Bone mineral density measurement and osteoporosis treatment after a fragility fracture in older adults: regional variation and determinants of use in Quebec. *BMC Musculoskelet Disord.* 2005; 6:33.
25. Brenner DJ, Hall EJ. Computed Tomography-An Increasing Source of Radiation Exposure. *N Engl J Med.* 2007; 357:2277-84.
26. Ripani M, Di Cesare A, Giombini A, et al. Spinal curvature: comparison of frontal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008; 48:488-94.