



# Opere Edilen Lomber Disk Hernili Hastalarda Sagittal Denge Parametreleri ile Herniasyon Seviyesi Arasındaki İlişki

*Correlation Between Sagittal Balance Parameters and Herniation Levels in Patients Operated for Lumbar Disc Herniation*

Safiye Kafadar<sup>1</sup>, İnan Gezgin<sup>2</sup>, Seyho Cem Yüceci<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Ana Bilim Dalı, Adıyaman; <sup>2</sup>Ersin Arslan Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nöroşirurji Ana Bilim Dalı, Gaziantep; <sup>3</sup>Adıyaman Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin Cerrahi Ana Bilim Dalı, Adıyaman, Türkiye

## ABSTRACT

**Aim:** The aim of this study is to assess the correlation between the level of disc herniation and pelvic and lumbar vertebral incidences in patients operated for lumbar disc herniation.

**Material and Method:** This retrospective study included those patients whose file records were analyzed. The demographic data and clinical findings of 59 patients diagnosed with single level lumbar disc herniation and underwent unilateral microdiscectomy were recorded. In the analysis of the variables, SPSS 25.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, United States) was used.

**Results:** The patients involved 28 men and 31 women whose median age was found as 43.31±4.27 (38–54) years. With regard to location, it was determined that in 28 (47.5%) patients, the herniated discs were located on the right and in 31 patients (52.5%), they were located on the left. In terms of levels, in patients with herniated discs at level L5-S1, the median pelvic index and L4 index were found to be significantly lower than those of patients with herniated discs at levels L4-5 and L3-4 ( $p=0.002$ ,  $p=0.001$ ), whereas in patients with herniated discs at level L4-5, the median L5 incidence was found to be significantly high ( $p=0.001$ ).

**Conclusion:** In this study, the pelvic index and L4 and L5 indexes were found to be significantly low in patients with herniated discs at level L5-S1. It is considered that future prospective and multi-centered studies with long-term follow-up are necessary.

**Key words:** index; pelvic index; incidence; L5 and L4 incidence; lumbar disc herniations

## ÖZET

**Amaç:** Lomber disk hernisi nedeni ile opere olan hastalarda disk hernisinin görüldüğü seviye ile pelvik ve lomber vertebra insidansları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlandı.

**Materyal ve Metot:** Retrospektif olarak planlanan çalışmaya dosya kayıtları incelenen hastalar dâhil edildi. Tek seviye lomber disk hernisi tespit edilen ve tek taraflı mikrodiskektomi yöntemi ile opere

olan 59 hastanın demografik verileri ve klinik bulgular kayıt edildi. Değişkenlerin analizinde SPSS 25.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, United States) programı kullanıldı.

**Bulgular:** Yirmi sekizi erkek 31'i kadın olan hastaların yaş ortalaması 43,31±4,27 (38–54) yıl olarak bulundu. Yerleşim yerlerine bakıldığında 28 (%47,5) hastanın sağ, 31 (%52,5) hastanın ise sol yerleşimli disk hernilerinin olduğu saptandı. Seviyeye göre bakıldığında L5-S1 seviyesinde disk hernisi olan hastaların pelvik indeks ve L4 indeks ortalamaları L4-5 ve L3-4 seviyelerinde disk hernisi olan hastaların ortalamalarına göre anlamlı derecede düşük bulunurken ( $p=0,002$ ,  $p=0,001$ ), L4-5 seviyesinde disk hernisi olan hastaların L5 insidans ortalamaları anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p=0,001$ ).

**Sonuç:** Bu çalışmada, L5-S1 seviyesinde disk hernisi olan hastalarda pelvik indeks, L4 ve L5 indeksler anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Gelecekte, uzun süreli takipli ve prospektif, çok merkezli çalışmaların yapılmasının gerekli olduğunu düşünmekteyiz.

**Anahtar kelimeler:** indeks; pelvik indeks; insidans; L5 ve L4 insidans; lomber disk hernisi

## Giriş

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda özellikle lomber dejeneratif hastalıkların yönetiminde sagittal balans analizi büyük önem kazanmıştır<sup>1</sup>. Normal dengeli bir omurgada servikal vertikal aks ve gravite hattının üst üste çakışması omurganın dengesini oluşturmaktadır. Pelvik insidans ilk olarak Duval-Baupere ve ark. tarafından pelvis morfolojisinin tanımı yaparken vurgulanmıştır<sup>2</sup>. Roussouly ise omurganın şeklinde farklı varyasyonlar olabileceğini ve toplumun bireylerinin önemli bir kısmında farklılık olduğunu tanımlamıştır. Ayrıca

**İletişim/Contact:** Seyho Cem Yüceci, Adıyaman Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin Cerrahi Ana Bilim Dalı, Adıyaman, Türkiye • **Tel:** 0505 656 37 44 • **E-mail:** seyhocem@hotmail.com • **Geliş/Received:** 05.05.2020 • **Kabul/Accepted:** 23.07.2020

**ORCID:** Safiye Kafadar, 0000-0003-4070-9615 • İnan Gezgin, 0000-0002-8112-2434 • Seyho Cem Yüceci, 0000-0001-6421-724X

omurga ile pelvis arasında optimal bir uyumun içerisinde anatomik duruşa sahip olmanın önemli olduğuna dikkat çekmiştir. Ayakta duran kişinin en az enerji harcayacak şekilde olan omurga dizilimi ise sagittal denge olarak tanımlanmaktadır. Bu da omurga ile pelvisin uyumlu olduğunu gösteren önemli bir parametredir<sup>3</sup>. Patolojik durumda ise vücut bu iki hat arasında uyumu sağlamaya çalışır, bu da sagittal dengenin kompensasyonu olarak tanımlanmaktadır. Lomber bölgedeki bozulmalar sıklıkla omurganın bütününde dengesizliğe neden olabilmektedir. Bel ağrılarının tedavisinde temel nokta pelvisin şekil ve pozisyonu ile lomber lordoz morfolojisinin bilinmesinden geçmektedir<sup>4</sup>.

Lomber disk hernileri özellikle genç erişkinlerde en sık görülen dejeneratif lomber omurga patolojisi olarak karşımıza çıkmakla beraber sagittal dizilim ile ilişkisinin araştırıldığı çalışma sayısı oldukça azdır<sup>5</sup>. Düşük pelvik indeks ile disk dejenerasyonu arasındaki ilişkiyi gösteren birkaç çalışma bulunmakla beraber pelvik indeksin lomber disk hernisi patogenezindeki rolü tartışmalıdır<sup>6-10</sup>.

Bu çalışmada lomber disk hernisi nedeni ile opere olan hastalarda disk hernisinin görüldüğü seviye ile pelvik ve lomber vertebra insidansları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlandı.

## Materyal ve Metot

Çalışmaya 1 Haziran 2017 ile 1 Eylül 2019 tarihleri arasında Adıyaman Tıp Fakültesi Eğitim Araştırma Hastanesi beyin ve sinir cerrahisi kliniğine başvuran ve lomber disk hernisi nedeniyle opere olan hastaların dosya kayıtları incelendi. Çalışmaya başlamadan önce Adıyaman Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 17 Aralık 2019 tarih ve 2019/9 sayılı oturumda 12 nolu kararla onay alındı. Bu çalışmaya tek seviye lomber disk hernisi tespit edilen ve tek taraflı mikrodisektomi yöntemi ile opere olan hasta dâhil edildi. Çalışma kriterlerine uyan 59 hastanın demografik verileri ve klinik bulguları analiz edildi.

Multi seviye lomber disk hernisi olan hastalar, spinal stenoz, spinal enfeksiyon, spinal metastatik tümörü olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Hastaların radyolojik kayıtlarından ulaşılan femur başını gösterecek şekilde çekilen lumbosakral lateral grafiyelerinden pelvik insidans ve L4-L5 insidans açıları ölçüldü (Şekil 1). Tüm ölçümler, iki ölçümün ortalamasına alan tek bir araştırmacı tarafından yapıldı. Ölçümler PACS (GE, ABD), görüntüleme sistemi kullanılarak yapıldı.

Pelvik insidans, sakral platoya dik çizilen hat ile sakral platonun orta hattından femur başını birleştiren çizgi arasındaki açı ölçülerek bulundu. L4 ve L5 insidanslar ise değerlendirilen vertebra cisminin çizilen dik hat ile vertebra cisminin orta hattından femur başını birleştiren çizgi arasındaki açı ölçülerek kayıtları edildi.

## İstatistiksel Analiz

Değişkenlerin analizinde SPSS 25.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, United States) programı kullanıldı. Shapiro-Wilk testi tek değişkenli verilerin normal dağılıma uygunluğunda, Mardia (Dornik and Hansen omnibus) testi çok değişkenli verilerin normal dağılıma uygunluğunu incelemede kullanıldı. Tek değişkenli varyans homojenliği Levene ile ve çok değişkenli varyans homojenliği açısından Box-M testi uygulandı. Nicel verilere göre bağımsız iki grubun birbiri ile karşılaştırılmasında Independent-Samples T testi Bootstrap sonuçlarıyla kullanıldı. Bağımsız kategorik değişkenlerin nicel değişkenlere göre etkileşimlerini incelemek için Univariate (ANOVA) Analysis of Variance (Bootstrap);



Şekil 1. Lateral lumbosakral grafiyelerinde pelvik insidans ve L4-L5 insidans açıları.

post hoc analizleri için Fisher's Least Significant Difference (LSD) testi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin birbiri ile karşılaştırılmasında ise Pearson Chi-Square ve Fisher Exact testleri Exact sonuçları ile test edildi. Lokalizasyona göre en yüksek önemliliğe sahip değişkeni bulmak ve tahminlemek için Neural Network (Multilayer Perceptron) kullanıldı.

Optimizasyon algoritması için Gradiendescend, hidden layer aktivasyon fonksiyonu olarak Hyperbolic tangent, output Layer aktivasyon fonksiyonu olarak Softmax kullanıldı. Training data seçimi için Mini-Batch yöntemi kullanılmış olup %70 Training set %30 Testing set olarak ayarlandı. Nicel değişkenler tablolarda ortalama  $\pm$  SS. (standart sapma), Medyan  $\pm$  IQR (Interquartile Range) ve Medyan (Minimum/Maximum) şeklinde ifade edilirken kategorik değişkenler ise n (%) olarak gösterildi. Güven düzeyi %95 ve üzerinde incelenmiş olup 0,05'ten küçük olan p değeri anlamlı olarak kabul edildi.

## Bulgular

Çalışmaya dâhil edilen hastaların 28'i erkek 31'i kadın olup, yaş ortalaması  $43,31 \pm 4,27$  (38–54) yıl olarak bulundu. Yerleşim yerlerine bakıldığında 28 (%47,5) hastanın sağ, 31 (%52,5) hastanın ise sol yerleşimli disk hernilerinin olduğu saptandı. Hastaların demografik özellikleri ve klinik veri dağılımları Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Hastaların demografik ve klinik bulgularının dağılım özellikleri

	n	%
<b>Sağ-sol</b>		
Sağ	28	47,50
Sol	31	52,50
<b>Lokalizasyon</b>		
L3-4	3	5,10
L4-5	24	40,70
L5-S1	32	54,20
<b>Cinsiyet</b>		
Kadın	31	52,50
Erkek	28	47,50
<b>Nüks</b>		
Yok	55	93,20
Var	4	6,80
	<b>Ortalama<math>\pm</math>SD.</b>	<b>Median (Min/Max)</b>
<b>Yaş</b>	43,31 $\pm$ 4,27	44 (35 / 51)
<b>Pelvik indeks</b>	55,03 $\pm$ 8,69	55 (35 / 78)
<b>L5 indeks</b>	27,78 $\pm$ 6,39	28 (14 / 42)
<b>L4 indeks</b>	16,64 $\pm$ 5,03	16 (8 / 26)

SD., standart sapma; Min, minimum; Max, maximum.

Cinsiyet ile ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiye bakıldığında kadın hastaların erkek hastalara göre pelvik ve L5 insidans ortalamaları istatistiksel açıdan anlamlı derecede yüksek bulunurken, L4 insidansları arasında fark bulunmadı (Tablo 2).

Yaş, cinsiyet ve nüks ile lokalizasyon arasındaki ilişki açısından yapılan değerlendirmede hastalar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmazken, pelvik insidans, L5 insidans ve L4 insidans ortalamaları ile lokalizasyona göre istatistiksel açıdan anlamlı fark bulundu. Seviyeye göre bakıldığında L5-S1 seviyesinde disk hernisi olan hastaların pelvik indeks ve L4 indeks ortalamaları L4-5 ve L3-4 seviyelerinde disk hernisi olan hastaların ortalamalarına göre anlamlı derecede düşük bulunurken ( $p=0,002$ ,  $p=0,001$ ), L4-5 seviyesinde disk hernisi olan hastaların L5 insidans ortalamaları anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p=0,001$ ) (Tablo 3). Yapay sinir ağları ile çok katmanlı tahminleme yöntemi ile bakıldığında ise L4 indeksin ise en önemli parametre olduğu saptandı (Tablo 4).

## Tartışma

Bu çalışmada L5-S1 seviyesinde disk hernisi olan hastalarda pelvik indeks, L4 ve L5 indeksler anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ölçülen parametreler içinde L4 indeksin en önemli indeks olduğu saptanmıştır<sup>1-3</sup>.

Yapılan çalışmalarda spinopelvik sagittal dizilimin lomber dejeneratif disk hastalıklarının patogenezi ve gelişimindeki önemi çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir<sup>11-17</sup>. Barrey ve ark<sup>7</sup>'nin 85 hasta ile yaptıkları bir çalışmalarında lomber disk hernisi olan 45 yaş altı genç erişkinlerde pelvik indeksi anlamlı derecede düşük bulmuşlardır. Yang ve ark<sup>6</sup>'nın lomber dejeneratif disk hastalığı ve lomber disk hernili hastaların değerlendirildiği çalışmalarında hastaların pelvik indekslerini anlamlı derecede düşük bulmuşlardır. Pelvik insidans büyüme tamamlandıktan sonra öne çıkan en önemli morfolojik parametre olarak tanımlanmaktadır. Lomber dejeneratif disk hastalığı ve lomber disk hernisi olan hastalarda düşük pelvik indeks disk jenerasyonu için predispozan bir faktör olarak sayılmaktadır. Bunun yanında düşük pelvik indeks, düşük sakral slop ve lordoz kaybının da nedeni olabilmektedir. Düz bir omurga yerçekiminin kompresif etkilerini artırması disk dejenerasyonu hızlandırmaktadır<sup>16-18</sup>. Diğer yandan makaslayıcı kuvvetlerin absorpsiyonunda azalma olması diskte yaralanmaya neden olmakta ve disk hernisyonu ile sonuçlanmaktadır<sup>13</sup>. Son zamanlarda pelvik insidans ile bel ağrısı arasında anlamlı bir ilişki tanımlanmakta ve fakat düşük

**Tablo 2.** Cinsiyet ile sagittal denge parametrelerinin ve demografik verilerin karşılaştırılması

	Kadın (n=31)	Erkek (n=28)	p
	Ortalama±SD. (Min/Max)	Ortalama±SD. (Min/Max)	
Yaş	43,83±4,56 (35 / 50)	42,69±4,07 (35 / 51)	<b>0,449</b>
Pelvik indeks	57,77±8,99 (35 / 78)	51,54±7,53 (40 / 67)	<b>0,004</b>
L5 indeksi	29,63±6,31 (15 / 42)	26,35±6,08 (14 / 41)	<b>0,027</b>
L4 indeksi	17,37±5,02 (9 / 25)	15,65±5,22 (8 / 26)	<b>0,193</b>

Independent samples t test (Bootstrap); SD., standart sapma; Min, minimum; Max, maximum.

**Tablo 3.** Lokalizasyona ile sagittal denge parametrelerinin ve demografik verilerin karşılaştırılması

	Lokalizasyon			p
	L3-4 (n=3) n (%)	L4-5 (n=24) n (%)	L5-S1 (n=32) n (%)	
<b>Cinsiyet</b>				
Kadın	1 (33,3)	15 (62,5)	15 (46,9)	0,288 <sup>p</sup>
Erkek	2 (66,7)	9 (37,5)	17 (53,1)	
<b>Nüks</b>				
Yok	3 (100,0)	23 (95,8)	29 (90,6)	0,627 <sup>f</sup>
Var	0 (0,0)	1 (4,2)	3 (9,4)	
	Ort.±SD. (Min/Max)	Ort.±SD. (Min/Max)	Ort.±SD. (Min/Max)	
Yaş	43,33±3,51 (40 / 47)	42,83±4,81 (35 / 50)	43,66±3,99 (35 / 51)	0,496 <sup>t</sup>
Pelvik indeks	58,00±5,00 (53 / 63)	59,13±7,63 (48 / 78)	51,69±8,43 (35 / 70)	<b>0,002<sup>t</sup></b>
L5 indeksi	21,67±3,21 (18 / 24)	32,33±4,57 (25 / 42)	24,94±5,68 (14 / 36)	<b>0,001<sup>t</sup></b>
L4 indeksi	18,00±2,00 (16 / 20)	20,58±4,35 (11 / 26)	13,56±3,32 (8 / 20)	<b>0,001<sup>t</sup></b>

<sup>p</sup> Pearson chi-square test (exact); <sup>f</sup> Fisher Exact test (exact); <sup>t</sup> Independent samples t test (Bootstrap); SD., standart sapma; Min, minimum; Max, maximum; Ort, ortalama

**Tablo 4.** Yapay sinir ağları yöntemi ile parametrelerin tahminlenmesi ve değerlendirilmesi

Değişkenlerin önemi	Bağımsız değişkenler	Normalleştirilmiş önem	Örnek (holdout)	Tahminleme		
				L4-5	L5-S1	Yüzde doğrulama
			<b>Uygulama (%70)</b>			
Cinsiyet	3,40%		<b>L4-5</b>	11	2	84,60%
Nüks	21,20%		<b>L5-S1</b>	3	19	86,40%
Sağ-sol	16,70%		<b>Genel yüzde</b>	40%	60%	<b>85,70%</b>
			<b>Test (%30)</b>			
Yaş	56,90%		<b>L4-5</b>	9	2	81,80%
Pelvik indeks	54,00%		<b>L5-S1</b>	0	10	100,00%
L5 indeksi	41,40%		<b>Genel yüzde</b>	42,9%	57,1%	<b>90,50%</b>
L4 indeksi	100,00%					

Sinir aği (çok katmanlı algılayıcı); Gizli katman aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant; Çıktı katman aktivasyon fonksiyonu, Softmax; Bağımlı değişken, lokalizasyon.

pelvik indeksin lomber disk herni etyolojisindeki rolü tartışılmaktadır. Bazı çalışmalarda pelvik indeks farklılıkları lomber disk hernili hastalarda bildirilmiştir<sup>6,7</sup>. Ancak başka çalışmalarda anlamlı bir fark bildirilmemiştir<sup>8-10</sup>. Çalışmaların sonuçlarının bu ölçüde değişiklik göstermesinin zemininde lomber disk hernisi olan hastaların yaşlarının nispeten genç olması ve disk

dejenerasyonun daha erken evrede olması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Tüm bunların tersine lomber lordoz açısı ile pelvik insidans ilişkili bulunmuş ve sonucunda da disk dejenerasyonu ile ilişkisi gösterilmiştir<sup>5</sup>. Önceki çalışmalarda lomber lordoz açısına katılım L1-L2 segmentinde %3, L2-L3 segmentinde %12, L3-L4 segmentinde %18, L4-L5 segmentinde %27 ve



L5-S1 segmentinde ise %48 olduğu belirtilmiştir<sup>13,14</sup>. Bu çalışmada L5-S1 seviyesinde disk hernisi olan hastaların L4 indeksi ortalaması anlamlı derecede düşük bulunmuş ve yapay nöral ağlarla tahminleme yöntemi ile ölçülen parametreler içinde en önemli parametrenin L4 indeksi olduğu bulunmuştur. Lomber lordozun son üç seviye tarafından belirlendiği gözönüne alındığında ve bel ağrısının %80 oranında L4-L5 omur ile beşinci lomber ve L5-S1 disk dejenerasyonundan kaynaklanması nedeniyle hastaların tedavisinin planlanmasında bu ölçümlerin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır<sup>4</sup>.

Bu çalışmanın kısıtlılıkları olarak, göreceli olarak küçük örnek büyüklüğünün olması, disk hernisinin ortaya çıkmasında ve ilerlemesinde düşük pelvik indeks ve ölçülen diğer parametrelerin predispozan etkisini belirlemek için longitudinal verilerden yoksun retrospektif kesitsel bir çalışma olması sayılabilir.

Sonuç olarak bu çalışmada, L5-S1 seviyesinde disk hernisi olan hastalarda pelvik indeks, L4 ve L5 indeksler anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Gelecekte, uzun süreli takipli ve prospektif, çok merkezli çalışmaların yapılmasının gerekli olduğunu düşünmekteyiz.

## Kaynaklar

- Lafage R, Ferrero E, Henry JK, Challier V, Diebo V, Liaboud B, et al. Validation of a new computer-assisted tool to measure spino-pelvic parameters. *Spine J* 2015;15(12):2493–2502.
- Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A Bary centremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng* 1992, 20:451–462.
- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Labelle H, Weidenbaum M. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine* 31(21):2484–2490, 2006.
- Ozer AF, Kaner T. Omurgada Sagittal Balans. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 2013;23:13–18.
- Fei H, Li WS, Sun ZR, Ma QW, Chen ZQ. Analysis of Spino-pelvic Sagittal Alignment in Young Chinese Patients with Lumbar Disc Herniation. *Orthopaedic Surgery* 2017;9:271–276.
- Yang X, Kong Q, Song Y, Liu L, Zeng J, Xing R. The characteristics of spinopelvic sagittal alignment in patients with lumbar disc degenerative diseases. *Eur Spine J*, 2014, 23:569–575.
- Barrey C, Jund J, Nosedo O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*, 2007, 16:1459–1467.
- Endo K, Suzuki H, Tanaka H, Kang Y, Yamamoto K. Sagittal spinal alignment in patients with lumbar disc herniation. *Eur Spine J*, 2010, 19:435–438.
- Fei H, Li WS, Sun ZR, Ma QW, Chen ZQ. Analysis of Spino-pelvic Sagittal Alignment in Young Chinese Patients with Lumbar Disc Herniation 2017, 9(3):271–276.
- Rajnic P, Templier A, Skalli W, Lavaste F, Illes T. The importance of spinopelvic parameters in patients with lumbar disclesions. *Int Orthop*, 2002, 26:104–108.
- Aono K, Kobayashi T, Jimbo S, Atsuta Y, Matsuno T. Radiographic analysis of newly developed degenerative spondylolisthesis in a mean twelve-year prospectives tudy. *Spine* 2010;35(8):887–91.
- Barrey C, Jund J, Perrin G, Roussouly P. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis. *Neurosurgery* 2007;61:981–986.
- Lazennec JY, Ramare S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, et al. Sagittal alignment in lumbosacral fusion relations between radiological parameters and pain. *Eur Spine J* 2000;9(1):47–55.
- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine* 2005;30(3):346–353.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(2):260–267.
- Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J* 2002;11(1):80–87.
- Schwab F, Lafage V, Shaffrey C, Farcy JP. Pre-operative pelvic parameters must be considered to achieve adequate sagittal balance after lumbar osteotomy. *IMAST 2009*. Vienna, Austria.
- Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP. Gravity line analysis in adult volunteers: Age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters and foot position. *Spine* 2006;31(25):959–967.