

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.03.0254

· 专题报道 ·

脊柱骨盆矢状面参数随年龄的变化

李 博, 胡 文, 杨明园, 周潇逸, 翟 骁, 魏显招, 杨长伟*, 李 明*

海军军医大学(第二军医大学)长海医院骨科, 上海 200433

【摘要】 **目的** 研究中国东部地区不同年龄阶段脊柱骨盆矢状面参数的差异及随年龄如何变化。**方法** 回顾性分析2014年1月至2015年8月于我院健康体检中心留存的311名无症状健康志愿者的资料,由2名外科医师收集人口统计学数据及脊柱骨盆矢状面影像学参数,包括年龄、性别、最大胸椎后凸角、最大腰椎前凸角、最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角、骶骨倾斜角、骨盆倾斜角、骨盆入射角、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值、骨盆入射角-腰椎前凸角、矢状面躯干偏移、 T_1 矢状面角度、 T_1 骨盆角度及 T_1 脊柱骨盆倾斜角。采用Pearson相关分析研究年龄与矢状面参数的关系,建立多元线性回归方程分析年龄与最大胸椎后凸角的关系。根据年龄将研究对象分为7组: <20 岁、 ≥ 20 且 <30 岁、 ≥ 30 且 <40 岁、 ≥ 40 且 <50 岁、 ≥ 50 且 <60 岁、 ≥ 60 且 <70 岁和 ≥ 70 岁,采用Kruskal-Wallis H 检验比较各年龄段脊柱骨盆矢状面参数的差异。**结果** 311名健康志愿者的最大胸椎后凸角($r=0.280, P<0.01$)、最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角($r=-0.320, P<0.01$)、骶骨倾斜角($r=-0.216, P<0.01$)、骨盆倾斜角($r=0.237, P<0.01$)、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值($r=0.282, P<0.01$)、矢状面躯干偏移($r=0.279, P<0.01$)、 T_1 矢状面角度($r=0.247, P<0.01$)及 T_1 骨盆角度($r=0.259, P<0.01$)均与年龄相关,而最大腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆入射角-腰椎前凸角及 T_1 脊柱骨盆倾斜角均与年龄无明显相关性(P 均 >0.05)。建立多元线性回归方程:最大胸椎后凸角 $=0.175 \times$ 年龄 $+28.233$,年龄每增长10岁最大胸椎后凸角增加 1.75° 。 <20 岁、 ≥ 20 且 <30 岁、 ≥ 30 且 <40 岁、 ≥ 40 且 <50 岁、 ≥ 50 且 <60 岁、 ≥ 60 且 <70 岁和 ≥ 70 岁组人数分别为8、56、51、59、56、56、25名,最大胸椎后凸角、骨盆倾斜角、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值、矢状面躯干偏移、 T_1 矢状面角度及 T_1 骨盆角度均随年龄增长而增大(P 均 <0.01),最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角、骶骨倾斜角则随年龄增长而减小($P<0.01, P<0.05$)。**结论** 在中国东部地区无症状健康志愿者中,最大胸椎后凸角随年龄增长而增大(年龄每增长10岁最大胸椎后凸角增大 1.75°)。

【关键词】 矢状面参数; 脊柱; 骨盆; 年龄; 矢状面平衡**【中图分类号】** R 323.47**【文献标志码】** A**【文章编号】** 0258-879X(2020)03-0254-05

Changes of sagittal spino-pelvic parameters with age

LI Bo, HU Wen, YANG Ming-yuan, ZHOU Xiao-yi, ZHAI Xiao, WEI Xian-zhao, YANG Chang-wei*, LI Ming*

Department of Orthopaedics, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

【Abstract】 **Objective** To explore the difference of sagittal spino-pelvic parameters at different age stages and the changes with age in Eastern China. **Methods** The medical records of 311 asymptomatic healthy volunteers from Jan. 2014 to Aug. 2015 in Physical Examination Center of our hospital were retrospectively analyzed. The demographic data and radiological parameters were collected by two individual surgeons, including age, gender, maximum thoracic kyphosis (maxTK), maximum lumbar lordosis (maxLL), maxLL minus maxTK (maxLL-maxTK), sacral slope (SS), pelvic tilt (PT), pelvic incidence (PI), PT/SS, PI minus lumbar lordosis (PI-LL), sagittal vertical axis (SVA), T_1 sagittal angle, T_1 pelvic angle (TPA) and T_1 spino-pelvic inclination (T_1 SPI). Pearson correlation analysis was performed to evaluate the relationship between age and sagittal spino-pelvic parameters. A multiple linear regression equation was established to analyze the relationship between age and maxTK. The volunteers were divided into seven groups (<20 years, ≥ 20 and <30 years, ≥ 30 and <40 years, ≥ 40 and <50 years, ≥ 50 and <60 years, ≥ 60 and <70 years, and ≥ 70 years), and the sagittal spino-pelvic parameters were compared

[收稿日期] 2019-05-14 [接受日期] 2019-06-26

[基金项目] 国家自然科学基金(81372012). Supported by National Natural Science Foundation of China (81372012).

[作者简介] 李 博, 硕士生. E-mail: smmulibo@163.com

*通信作者(Corresponding authors). Tel: 021-31161697, E-mail: changwei_y@qq.com; Tel: 021-31161700, E-mail: limingch@21cn.com

using Kruskal-Wallis H test. **Results** In 311 healthy volunteers, the maxTK ($r=0.280, P<0.01$), maxLL-maxTK ($r=-0.320, P<0.01$), SS ($r=-0.216, P<0.01$), PT ($r=0.237, P<0.01$), PT/SS ($r=0.282, P<0.01$), SVA ($r=0.279, P<0.01$), T₁ sagittal angle ($r=0.247, P<0.01$) and TPA ($r=0.259, P<0.01$) were all related to age, while the maxLL, PI, PI-LL, and T₁SPI were not related to age (all $P>0.05$). According to the established multiple linear regression equation: maxTK=0.175×age+28.233, the maxTK increased by 1.75° every 10 years of age. There were 8, 56, 51, 59, 56, 56 and 25 volunteers in the groups of <20 years, ≥20 and <30 years, ≥30 and <40 years, ≥40 and <50 years, ≥50 and <60 years, ≥60 and <70 years, and ≥70 years, respectively. The maxTK, PT, PT/SS, SVA, T₁ sagittal angle and TPA were significantly increased with age (all $P<0.01$), and the maxLL-maxTK and SS were significantly decreased with age ($P<0.01, P<0.05$).

Conclusion In asymptomatic population of Eastern China, maxTK is increased with age (1.75° per 10 years old).

[Key words] sagittal parameters; spine; pelvis; age; sagittal balance

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41(3): 254-258]

目前普遍认为矢状面参数与健康相关生活质量 (health-related quality of life, HRQOL) 明显相关, 术中可基于矢状面参数对异常的矢状面排序进行重建, 从而改善患者 HRQOL^[1-3], 因此明确矢状面参数正常值十分重要。多项研究通过评估正常人群脊柱骨盆的形态学, 明确了脊柱骨盆参数的正常值, 这些参数包括骨盆入射角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、T₁ 矢状面角度、胸椎后凸角、腰椎前凸角、胸腰交界矢状面 Cobb 角、矢状面躯干偏移及 T₁ 骨盆角度^[4-8]。

年龄对这些参数的影响引起越来越多的关注, 然而目前研究结论并不一致。Mac-Thiong 等^[9] 研究表明骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值与年龄相关性较弱。Zhu 等^[6] 认为胸椎后凸角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角等矢状面参数与年龄明显相关。Vialle 等^[5] 研究发现骶骨倾斜角、骨盆倾斜角与年龄无明显相关性。Hammerberg 和 Wood^[8] 分析了 50 例 70~85 岁健康志愿者的资料, 结果显示除 C₇ 铅垂线外, 其他脊柱排列参数均与年龄无明显相关性。然而, 这些研究仅回答了脊柱骨盆参数是否与年龄相关这一问题, 未准确揭示矢状面参数随年龄增长如何变化。本研究旨在分析中国东部地区无症状健康志愿者不同年龄阶段的脊柱骨盆参数及其随年龄的变化情况。

1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性纳入 2014 年 1 月至 2015 年 8 月于我院健康体检中心拍摄站立位全脊柱正侧位 X 线片的 311 名无症状健康志愿者。纳入标准: (1) 既往无脊柱疾病或脊柱手术史的健康人; (2) 既往无腰痛及影像学畸形; (3) 年龄 >18 岁。

排除标准: (1) 明确诊断存在腰椎病变或畸形; (2) 肿瘤或感染; (3) 髋、膝、踝关节畸形; (4) 无完整的影像学参数。所有纳入研究对象均来自中国东部地区。本研究通过我院医学伦理委员会审批, 所有研究对象均签署书面知情同意书。

1.2 数据收集 由 2 名外科医师收集人口统计学数据及影像学参数, 包括最大胸椎后凸角 (Cobb 法测量)、最大腰椎前凸角 (Cobb 法测量)、最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角、骶骨倾斜角 (骶骨终板与水平线的夹角)、骨盆倾斜角 (双侧股骨头中点和 S₁ 终板中点连线与垂线的夹角)、骨盆入射角 (S₁ 上终板垂线与双侧股骨头中点和 S₁ 终板中点连线的夹角)、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值、骨盆入射角-腰椎前凸角、矢状面躯干偏移 (S₁ 后上角垂线与 C₇ 铅垂线之间的水平距离)、T₁ 矢状面角度 (T₁ 上终板与水平线的夹角)、T₁ 骨盆角度 (T₁ 椎体中心和股骨头中心连线与股骨头中心和骶骨上终板中点连线形成的夹角) 及 T₁ 脊柱骨盆倾斜角 (T₁ 中点与股骨头中点连线和垂线的夹角)。

1.3 统计学处理 应用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。数据以中位数 (下四分位数, 上四分位数) 表示。对年龄与矢状面参数进行 Pearson 相关分析。建立多元线性回归方程分析年龄与最大胸椎后凸角的关系。根据年龄将研究对象分为 7 组: <20 岁、≥20 且 <30 岁、≥30 且 <40 岁、≥40 且 <50 岁、≥50 且 <60 岁、≥60 且 <70 岁和 ≥70 岁, 采用 Kruskal-Wallis H 检验比较各年龄段患者脊柱骨盆矢状面参数的差异。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 患者一般资料 311名健康志愿者中男149名、女162名,年龄为18~78岁,最大胸椎后凸角为9°~83°,最大腰椎前凸角为14°~88°,最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角为-19°~41°,骶骨倾斜角为11°~57°,骨盆倾斜角为-9°~39°,骨盆入射角为11°~84°,骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值为-0.45~2.69,骨盆入射角-腰椎前凸角为-42°~34°,矢状面躯干偏移为-46~50 mm, T₁矢状面角度为5°~39°, T₁骨盆角度为-13°~42°, T₁脊柱骨盆倾斜角为-13°~30°。

2.2 年龄与脊柱骨盆参数的相关性 见表1,相关性分析结果显示,311名健康志愿者的最大胸椎后凸角($r=0.280, P<0.01$)、最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角($r=-0.320, P<0.01$)、骶骨倾斜角($r=-0.216, P<0.01$)、骨盆倾斜角($r=0.237, P<0.01$)、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值($r=0.282, P<0.01$)、矢状面躯干偏移($r=0.279, P<0.01$)、T₁矢状面角度($r=0.247, P<0.01$)及T₁骨盆角度($r=0.259, P<0.01$)均与年龄相关,而最大腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆入射角-腰椎前凸角及T₁脊柱骨盆倾斜角均与年龄无明显相关性(P 均 >0.05)。

表1 311名健康志愿者的年龄与各项脊柱骨盆参数的 Pearson 相关分析

Tab 1 Pearson correlation analysis between age and spino-pelvic parameters in 311 healthy volunteers

Parameter	r	P value
maxTK	0.280	<0.01
maxLL	-0.031	0.591
maxLL-maxTK	-0.320	<0.01
SS	-0.216	<0.01
PT	0.237	<0.01
PI	0.018	0.746
PT/SS	0.282	<0.01
PI-LL	0.048	0.401
SVA	0.279	<0.01
T ₁ sagittal angle	0.247	<0.01
TPA	0.259	<0.01
T ₁ SPI	0.020	0.720

maxTK: Maximum thoracic kyphosis; maxLL: Maximum lumbar lordosis; SS: Sacral slope; PT: Pelvic tilt; PI: Pelvic incidence; LL: Lumbar lordosis; SVA: Sagittal vertical axis; TPA: T₁ pelvic angle; T₁SPI: T₁ spino-pelvic inclination

2.3 年龄与最大胸椎后凸角关系的多元线性回归分析 见图1,建立年龄与最大胸椎后凸角关系的多元线性回归方程:最大胸椎后凸角=0.175×年龄+28.233,由该方程式可见在无症状健康志愿者中,最大胸椎后凸角随年龄增长而增大,年龄每增长10岁最大胸椎后凸角增大1.75°。

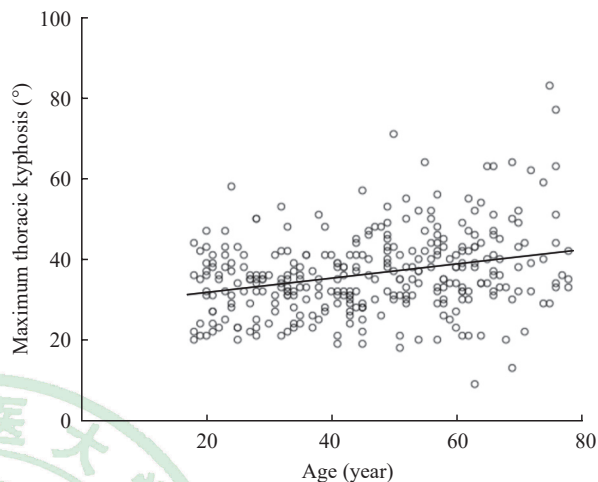


图1 311名健康志愿者的年龄与最大胸椎后凸角相关散点图

Fig 1 Correlation scatter diagram of age and maximum thoracic kyphosis in 311 healthy volunteers

2.4 各年龄组脊柱骨盆参数变化情况 <20岁、≥20岁且<30岁、≥30岁且<40岁、≥40岁且<50岁、≥50岁且<60岁、≥60岁且<70岁和≥70岁组人数分别为8、56、51、59、56、56、25名。见表2, Kruskal-Wallis H 检验结果显示各年龄组最大胸椎后凸角($H=20.44, P=0.0023$)、最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角($H=32.53, P<0.01$)、骶骨倾斜角($H=13.28, P=0.0389$)、骨盆倾斜角($H=22.75, P=0.0009$)、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值($H=30.56, P<0.01$)、矢状面躯干偏移($H=30.28, P<0.01$)、T₁矢状面角度($H=21.43, P=0.0015$)和T₁骨盆角度($H=27.19, P=0.0001$)差异均有统计学意义,而最大腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆入射角-腰椎前凸角、T₁脊柱骨盆倾斜角在各年龄段之间并无明显变化(P 均 >0.05)。其中最大胸椎后凸角、骨盆倾斜角、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值均随年龄增长而增大,最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角、骶骨倾斜角则随年龄增长而减小,同时矢状面躯干偏移、T₁矢状面角度及反映全脊柱矢状面平衡的T₁骨盆角度也随年龄增长而增大,表明人体随年龄增长呈前倾的趋势。

表 2 各年龄组脊柱健康志愿者的矢状面骨盆参数分析结果

Tab 2 Analysis of spinal sagittal pelvic parameters of healthy volunteers in different age groups

Age (year)	n	Median (lower quartile, upper quartile)					
		maxTK (°)	maxLL (°)	maxLL-maxTK (°)	SS (°)	PT (°)	PT/SS
<20	8	29.5 (21.5, 39.0)	46.0 (41.5, 56.5)	18.5 (15.5, 23.0)	34.5 (33.0, 44.0)	8.0 (4.5, 19.0)	0.2 (0.1, 0.5)
≥20, <30	56	35.0 (21.5, 39.0)	46.0 (43.0, 56.0)	15.0 (8.0, 21.0)	34.0 (28.0, 38.0)	15.0 (10.0, 19.0)	0.4 (0.3, 0.6)
≥30, <40	51	33.0 (28.0, 37.0)	48.0 (43.0, 52.0)	15.0 (6.0, 21.0)	34.0 (27.0, 37.0)	14.0 (9.0, 19.0)	0.4 (0.3, 0.6)
≥40, <50	59	35.5 (29.0, 41.0)	47.0 (41.5, 52.5)	12.0 (5.5, 18.0)	30.5 (26.5, 35.5)	15.5 (12.0, 20.0)	0.5 (0.4, 0.7)
≥50, <60	56	37.0 (31.0, 43.0)	47.0 (40.0, 56.0)	10.0 (3.0, 17.0)	32.0 (26.0, 38.0)	15.0 (10.0, 21.0)	0.4 (0.3, 0.8)
≥60, <70	56	38.0 (32.0, 44.5)	47.0 (40.0, 54.0)	9.0 (1.0, 14.5)	30.0 (23.5, 35.0)	17.0 (13.0, 23.5)	0.6 (0.4, 0.8)
≥70	25	40.0 (33.0, 51.0)	48.0 (42.0, 56.0)	5.0 (-1.0, 12.0)	27.0 (25.0, 34.0)	22.0 (15.0, 29.0)	0.7 (0.5, 1.1)
H value		20.44	1.04	32.53	13.28	22.75	30.56
P value		0.002 3	0.984 2	<0.01	0.038 9	0.000 9	<0.01

Age (year)	PI (°)	PI-LL (°)	SVA (mm)	T ₁ sagittal angle (°)	TPA (°)	T ₁ SPI (°)
<20	43.5 (39.5, 56.0)	-1.0 (-10.0, 10.0)	10.0 (-10.3, 12.0)	16.0 (13.0, 21.0)	6.0 (0.0, 15.0)	-4.0 (-6.0, -2.0)
≥20, <30	47.0 (41.0, 53.0)	-1.0 (-7.0, 5.0)	-9.0 (-19.0, 12.0)	19.0 (15.0, 23.0)	9.0 (5.0, 13.0)	-5.0 (-7.0, -3.0)
≥30, <40	46.0 (39.0, 53.0)	1.0 (-7.0, 5.0)	-4.0 (-13.0, 14.0)	18.0 (14.0, 21.0)	8.0 (3.0, 14.0)	-5.0 (-7.0, -2.0)
≥40, <50	47.0 (40.0, 53.5)	1.0 (-5.0, 5.0)	11.0 (-9.0, 19.0)	20.0 (16.0, 22.0)	11.0 (7.0, 15.0)	-5.0 (-8.0, -3.0)
≥50, <60	45.0 (39.0, 51.0)	0.0 (-9.0, 6.0)	17.0 (0.0, 30.0)	22.0 (18.0, 26.0)	11.0 (5.0, 17.0)	-4.0 (-5.0, -2.0)
≥60, <70	45.0 (39.5, 55.5)	0.5 (-5.5, 8.5)	9.0 (-5.0, 27.2)	21.0 (17.0, 24.0)	13.0 (8.0, 18.0)	-5.0 (-7.0, -3.0)
≥70	51.0 (44.0, 57.0)	3.0 (-7.0, 8.5)	13.0 (3.0, 38.0)	24.0 (18.0, 29.0)	17.0 (11.0, 22.0)	-5.0 (-7.0, -3.0)
H value	4.68	1.97	30.28	21.43	27.19	6.38
P value	0.586 0	0.922 4	<0.01	0.001 5	0.000 1	0.382 4

maxTK: Maximum thoracic kyphosis; maxLL: Maximum lumbar lordosis; SS: Sacral slope; PT: Pelvic tilt; PI: Pelvic incidence; LL: Lumbar lordosis; SVA: Sagittal vertical axis; TPA: T₁ pelvic angle; T₁SPI: T₁ spino-pelvic inclination

3 讨论

衰老是人类伴有生理改变的自然生物学过程^[10], 如新陈代谢的巨大变化^[11]及细胞、组织与器官的退化^[12], 同时会有疾病的出现和进展^[13-16]。目前普遍认为人在衰老过程中脊柱矢状面参数会发生改变以维持整体矢状面平衡。研究已证实部分矢状面参数与年龄密切相关, 但各项研究结果并不一致^[6,8]。为进一步了解脊柱骨盆参数在人体衰老过程中的变化规律, 本研究分析了这些参数与年龄的关系, 结果显示最大胸椎后凸角、最大腰椎前凸角-最大胸椎后凸角、骶骨倾斜角、骨盆倾斜角、骨盆倾斜角与骶骨倾斜角比值、矢状面躯干偏移、T₁矢状面角度及T₁骨盆角度均与年龄相关 (P 均 <0.01), 但未观察到最大腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆入射角-腰椎前凸角及T₁脊柱骨盆倾斜角与年龄存在相关性 (P 均 >0.05)。并且在本文中, 最大胸椎后凸角、骨盆倾斜角随年龄增长而增加, 骶骨倾斜角则随年龄增长而减小, 这与Zhu等^[6]和Mac-Thiong等^[9]的研究结论一致, 而与Hammerberg和Wood^[8]报道的年龄和这些参

数无相关性的结论矛盾。Schwab等^[2]认为腰椎前凸角(°)=骨盆入射角(°)±9°, 但国内研究认为此公式不适用于亚洲人群^[17]。本研究结果显示骨盆入射角-腰椎前凸角与年龄无显著相关性。

Xu等^[18]研究发现年龄与腰椎前凸角显著相关 ($r=-0.37, P=0.01$), 表明腰椎前凸角随年龄增长而减小。本研究结果显示年龄与最大腰椎前凸角无明显相关性 ($r=-0.031, P=0.591$)。可能原因是本研究中腰椎前凸角采用Cobb法测量。当矢状面曲线发生变化时会存在某些代偿机制, 邻近节段过伸对于脊柱再平衡重力轴是一种重要的代偿机制, 随着年龄增长腰椎前凸减小, 胸椎后凸在代偿的同时更多的椎体并入腰弯。因此, 用Cobb法测量的腰椎前凸角可能会比传统测量法得到的数据偏大, 导致腰椎前凸角随年龄增长发生负向变化的趋势不易被观察到。

本研究中T₁矢状面角度、矢状面躯干偏移与年龄的相关系数分别为0.247和0.279 (P 均 <0.01), 说明全脊柱矢状面平衡状态也与年龄相关。

本研究结果显示最大腰椎前凸角-最大胸椎后

凸角与年龄呈负相关,最大胸椎后凸角随年龄增长而增大,而最大腰椎前凸角随年龄增长无明显变化,这一结果表明邻近节段过伸(最大胸椎后凸角增大)可能是维持矢状面平衡的一种重要代偿机制。

本研究有以下不足之处:(1)研究对象来自单中心,可能存在选择偏倚而影响统计效能;(2)脊柱骨盆参数已被证实与HRQOL明显相关,而这一评分可能随年龄改变,但本研究尚未予以评估;(3)本研究基于随年龄变化的影像学参数,忽视了其他可随年龄改变的混杂因素,如身高、体质量及BMI等的影响。

[参考文献]

- [1] COSKUN BENLIDAYI I, BASARAN S. Comparative study of lumbosacral alignment in elderly versus young adults: data on patients with low back pain[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2015, 27: 297-302.
- [2] SCHWAB F, UNGAR B, BLONDEL B, BUCHOWSKI J, COE J, DEINLEIN D, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37: 1077-1082.
- [3] LAFAGE V, SCHWAB F, PATEL A, HAWKINSON N, FARCY J P. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34: E599-E606. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
- [4] BOULAY C, TARDIEU C, HECQUET J, BENAÏM C, MOUILLESEAU B, MARTY C, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis[J]. *Eur Spine J*, 2006, 15: 415-422.
- [5] 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]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87: 260-267.
- [6] ZHU Z, XU L, ZHU F, JIANG L, WANG Z, LIU Z, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39: E1-E6. doi: 10.1097/BRS.0000000000000022.
- [7] YONG Q, ZHEN L, ZEZHANG Z, BANGPING Q, FENG Z, TAO W, et al. Comparison of sagittal spinopelvic alignment in Chinese adolescents with and without idiopathic thoracic scoliosis[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37: E714-E720. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182444402.
- [8] HAMMERBERG E M, WOOD K B. Sagittal profile of the elderly[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16: 44-50.
- [9] MAC-THIONG J M, ROUSSOULY P, BERTHONNAUD E, GUIGUI P. Age- and sex-related variations in sagittal sacropelvic morphology and balance in asymptomatic adults[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 572-577.
- [10] BONOMINI F, FILIPPINI F, HAYEK T, AVIRAM M, KEIDAR S, RODELLA L F, et al. Apolipoprotein E and its role in aging and survival[J]. *Exp Gerontol*, 2010, 45: 149-157.
- [11] KAKIMOTO A, ITO S, OKADA H, NISHIZAWA S, MINOSHIMA S, OUCHI Y. Age-related sex-specific changes in brain metabolism and morphology[J]. *J Nucl Med*, 2016, 57: 221-225.
- [12] ZHANG Q, LIU H, MCGEE J, WALSH E J, SOUKUP G A, HE D Z. Identifying microRNAs involved in degeneration of the organ of corti during age-related hearing loss[J/OL]. *PLoS One*, 2013, 8: e62786. doi: 10.1371/journal.pone.0062786.
- [13] REINHARDT H C, SCHUMACHER B. The p53 network: cellular and systemic DNA damage responses in aging and cancer[J]. *Trends Genet*, 2012, 28: 128-136.
- [14] MASLOV A Y, VIJG J. Genome instability, cancer and aging[J]. *Biochim Biophys Acta*, 2009, 1790: 963-969.
- [15] SILVA F E, LENKE L G. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28: E1. doi: 10.3171/2010.1.FOCUS09271.
- [16] SIVAN S S, WACHTEL E, ROUGHLEY P. Structure, function, aging and turnover of aggrecan in the intervertebral disc[J]. *Biochim Biophys Acta*, 2014, 1840: 3181-3189.
- [17] 孙卓然,李危石,陈仲强,于森,赵文奎. 正常国人脊柱-骨盆矢状位序列拟合关系研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25: 1-5.
- [18] XU L, QIN X, ZHANG W, QIAO J, LIU Z, ZHU Z, et al. Estimation of the ideal lumbar lordosis to be restored from spinal fusion surgery: a predictive formula for Chinese population[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40: 1001-1005.

[本文编辑] 杨亚红