

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20220549

• 短篇论著 •

不同年龄组正常人群最大胸椎后凸角的影响因素分析

邓勇军^{1,2}, 郑业虎¹, 商金祥¹, 陈 锴², 杨长伟^{2*}, 石志才²

1. 绍兴文理学院附属医院骨科, 绍兴 312000

2. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院骨科, 上海 200433

[摘要] **目的** 通过分析不同年龄组正常人群的脊柱骨盆矢状面参数, 报道正常人群脊柱骨盆参数的参考值, 并探索导致正常人群最大胸椎后凸角(max TK)变化的因素。**方法** 纳入2015年1月至2018年1月于绍兴文理学院附属医院(101人)和海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院(90人)健康体检中心拍摄站立位正侧位全脊柱X线片的191名无症状健康志愿者, 收集人口统计学数据及脊柱骨盆矢状面影像学参数。将健康志愿者分为年龄 ≤ 40 岁组与年龄 > 40 岁组, 对比分析不同年龄组健康志愿者的矢状面参数, 并对不同年龄组max TK的影响因素进行分析。**结果** 年龄 ≤ 40 岁组94人, 平均年龄为(28.5 \pm 6.4)岁; > 40 岁组97人, 平均年龄为(53.9 \pm 8.3)岁。年龄 ≤ 40 岁组与 > 40 岁组在T₁椎体矢状面倾斜角(T₁ tilt; 18.6° \pm 6.5° vs 20.6° \pm 5.5°, $P=0.023$)、胸椎后凸下缘椎体倾斜角(TVA; 15.3° \pm 5.3° vs 17.5° \pm 6.6°, $P=0.013$)、max TK(33.9° \pm 8.3° vs 38.0° \pm 9.4°, $P<0.001$)、最大腰椎前凸角(max LL)与max TK的差值[max LL-max TK; 16.0°(-9.0°~33.0°) vs 12.0°(-6.0°~41.0°), $P=0.010$]及矢状面躯干偏移距[SVA; -7.5(-58.0~48.0) mm vs 9.0(-53.0~49.0) mm, $P=0.005$]方面差异有统计学意义。在年龄 ≤ 40 岁组, T₁ tilt、TVA、max LL和骶骨倾斜角与max TK呈正相关(P 均 <0.01); 在年龄 > 40 岁组, 年龄、T₁ tilt、TVA和max LL与max TK呈正相关(P 均 <0.01), 骨盆入射角与max TK呈负相关($P<0.05$)。**结论** max TK随着年龄增长呈现均匀增大趋势, 尤其在40岁以后max TK与年龄呈正相关。不同年龄阶段, 骨盆对max TK改变的代偿表现出不同的模式。

[关键词] 正常人群; 矢状面; 最大胸椎后凸角; 年龄; 骨盆参数

[引用本文] 邓勇军, 郑业虎, 商金祥, 等. 不同年龄组正常人群最大胸椎后凸角的影响因素分析[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(8): 1001-1005. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20220549.

Influencing factors of maximal thoracic kyphosis in normal population of different age groups

DENG Yongjun^{1,2}, ZHENG Yehu¹, SHANG Jinxiang¹, CHEN Kai², YANG Changwei^{2*}, SHI Zhicai²

1. Department of Orthopaedics, Affiliated Hospital of Shaoxing University of Arts and Sciences, Shaoxing 312000, Zhejiang, China

2. Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To report the reference values of spine and pelvis parameters in the normal population by analyzing the sagittal parameters in different age groups, and to explore the impact factors of maximal thoracic kyphosis (max TK) in different age groups. **Methods** A total of 191 asymptomatic healthy volunteers who took standing full spine anteroposterior and lateral X-rays at Center of Physical Examination, Affiliated Hospital of Shaoxing University of Arts and Sciences (101 volunteers) and The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (90 volunteers) from Jan. 2015 to Jan. 2018 were enrolled. Demographic statistical data and sagittal imaging parameters of spine and pelvis were collected. The volunteers were divided into age ≤ 40 years old group and age > 40 years old group, the sagittal parameters of different age groups were compared and analyzed, and the influencing factors of max TK in different age groups were analyzed. **Results** There were 94 volunteers in the age ≤ 40 years old group with an average age of (28.5 \pm 6.4) years old, and 97 volunteers in the age > 40 years old group with an average age of (53.9 \pm 8.3) years old. In the 2 different age groups, there were significant differences in T₁ vertebral tilt (T₁ tilt; 18.6° \pm 6.5° vs 20.6° \pm 5.5°, $P=0.023$), thoracic lower end vertebral angle (TVA; 15.3° \pm 5.3° vs 17.5° \pm 6.6°, $P=0.013$), max TK (33.9° \pm 8.3° vs 38.0° \pm 9.4°, $P<0.001$), maximal lumbar lordosis (max LL)-max TK (16.0° [-9.0°-33.0°] vs 12.0° [-6.0°-41.0°], $P=0.010$), and sagittal vertical axis (SVA; -7.5 [-58.0-48.0] mm vs 9.0 [-53.0-49.0] mm, $P=0.005$). T₁ tilt, TVA, max LL and sacral slope were positively correlated with max TK in the age ≤ 40 years old group (all $P<0.01$); age, T₁ tilt, TVA and max LL were positively correlated with max

[收稿日期] 2022-06-28

[接受日期] 2023-02-23

[作者简介] 邓勇军, 副主任医师. E-mail: dengyongjun0824@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161697, E-mail: changwei_y@qq.com

TK in the age > 40 years old group (all $P < 0.01$), while pelvic incidence was negatively correlated with max TK ($P < 0.05$).
Conclusion Max TK shows a uniform increasing trend with age; especially in the population over 40 years old, max TK is positively correlated with age. The pelvic compensation for max TK changes shows different patterns at different age stages.

[**Key words**] normal population; sagittal plane; maximal thoracic kyphosis; age; pelvic parameters

[**Citation**] DENG Y, ZHENG Y, SHANG J, et al. Influencing factors of maximal thoracic kyphosis in normal population of different age groups[J]. Acad J Naval Med Univ, 2023, 44(8): 1001-1005. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20220549.

脊柱与骨盆矢状面相互协调,通过代偿以维持人体稳定的姿势,并将人体站立所需的能量消耗降至最低。随着人们对脊柱矢状面研究的逐步深入,矢状面对维持脊柱的正常功能及其对各种疾病状态的改善愈引起重视^[1-3]。正常的矢状面参数对于脊柱常见疾病及畸形的手术也具有一定的指导意义,且诸多研究对于不同人种、区域、年龄的正常人矢状面参数进行了相关报道^[4-7]。正常人群的脊柱后凸,尤其胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)通常为 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$,若超过 40° 则称为过度后凸,这与较高的跌倒风险、肺功能紊乱和生活质量差有关,也与高死亡率相关^[8-10]。一项前瞻性纵向研究对610名女性进行了超过13年的随访,发现TK较大的人群更易发生椎体骨折,且其死亡风险比TK较小的人群高1.5倍^[11]。同时,脊柱后凸在老年人中十分常见,导致骨折和致残的风险增加,并与身体机能、健康和生活质量受损密切相关^[12]。根据Ensrud等^[13]报道,40岁后女性的TK随着年龄增长逐渐增加,55~60岁女性的TK平均增大至 43° ,76~80岁女性平均增大至 52° 。随着TK的增大,患者的生活质量往往下降。因此,TK是一个重要的监测参数,尤其是在老年人群中,TK可协助检测出更多的亚健康人群。然而,TK与年龄之间的关系尚未得到系统研究^[14-15],且在不同年龄组人群中胸椎后凸改变的影响因素尚未见报道。本研究通过对不同年龄组正常人群的脊柱矢状面参数进行分析,探讨不同年龄组正常人群最大胸椎后凸角(maximal thoracic kyphosis, max TK)的影响因素。

1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性选择2015年1月至2018年1月于绍兴文理学院附属医院(101人)和海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院(90人)健康体检中心拍摄站立位全脊柱正侧位X线片的191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;(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)患有肿瘤或感染;(3)存在髌、膝或踝关节畸形;(4)无完整的脊柱矢状面影像学参数。所有纳入的研究对象均来自中国东部地区。本研究获得绍兴文理学院附属医院(WLEC20202032)和海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院(CHEC20190183)医学伦理委员会审批,所有研究对象均签署了书面知情同意书。根据年龄将研究对象分为 > 40 岁组和 ≤ 40 岁组。

1.2 数据收集 由2名脊柱外科主治医师收集研究对象的人口统计学数据,包括性别、年龄,并使用Surgimap 2.2.15.4软件测量以下影像学参数:(1) T_1 椎体矢状面倾斜角(T_1 vertebral tilt, T_1 tilt),即 T_1 上终板与水平线的夹角;(2)胸椎后凸下端椎倾斜角(thoracic lower end vertebral angle, TVA),即胸弯下端椎与水平面的夹角;(3)腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL),即 L_1 上终板与 L_5 下终板之间的夹角;(4)max TK,即矢状面上最大胸椎后凸上下椎体终板之间的夹角;(5)最大腰椎前凸角(maximal lumbar lordosis, max LL),即矢状面上最大腰椎前凸上下椎体终板之间的夹角;(6)骶骨倾斜角(sacral slope, SS),即骶骨终板与水平线的夹角;(7)骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT),即双侧股骨头中点和 S_1 终板中点连线与垂线的夹角;(8)骨盆入射角(pelvic incidence, PI),即 S_1 上终板垂线与双侧股骨头中点和 S_1 终板中点连线的夹角;(9)矢状面躯干偏移距(sagittal vertical axis, SVA),即 S_1 后上角垂线与 C_7 铅垂线的水平距离。然后计算复合参数,包括max LL与max TK的差值(max LL-max TK)、PI与LL的差值(PI-LL)、SS与PT的差值(SS-PT)和SS与PT的比值(SS/PT)。

1.3 统计学处理 应用SPSS 21.0软件进行统计学

分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以中位数(范围)表示,采用秩和检验。计数资料以人数和百分数表示,采用 χ^2 检验。各年龄组max TK与其他参数的相关性分析采用Pearson相关分析。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 一般资料 191名无症状健康志愿者中 ≤ 40 岁组94人、 >40 岁组97人。 ≤ 40 岁组健康志愿者

中女40人、男54人,年龄为18~40(28.5 ± 6.4)岁; >40 岁组中女66人、男31人,年龄为41~70(53.9 ± 8.3)岁。两组健康志愿者的年龄差异有统计学意义($P<0.001$),性别构成差异无统计学意义($P=0.130$)。见表1。

2.2 影像学参数分析 >40 岁组健康志愿者的 T_1 tilt、TVA及max TK均大于 ≤ 40 岁组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。此外,两组健康志愿者的max LL-max TK及SVA差异亦有统计学意义(P 均 <0.05)。见表1。

表1 不同年龄组健康志愿者的人口统计学特征及影像学参数比较

指标	≤ 40 岁组 $N=94$	>40 岁组 $N=97$	统计值	P 值
年龄/岁, $\bar{x}\pm s$	28.5 ± 6.4	53.9 ± 8.3	$t=-23.693$	<0.001
性别, n (%)			$\chi^2=2.294$	0.130
女	40 (42.6)	66 (68.0)		
男	54 (57.4)	31 (32.0)		
T_1 tilt($^\circ$), $\bar{x}\pm s$	18.6 ± 6.5	20.6 ± 5.5	$t=-2.299$	0.023
TVA($^\circ$), $\bar{x}\pm s$	15.3 ± 5.3	17.5 ± 6.6	$t=-2.512$	0.013
max TK($^\circ$), $\bar{x}\pm s$	33.9 ± 8.3	38.0 ± 9.4	$t=-3.272$	<0.001
max LL($^\circ$), $\bar{x}\pm s$	48.8 ± 10.1	50.3 ± 9.0	$t=-1.125$	0.262
SS($^\circ$), $\bar{x}\pm s$	33.7 ± 7.6	32.9 ± 7.4	$t=0.773$	0.441
PT($^\circ$), 中位数(范围)	14.0 (-2.0~39.0)	14.0 (-9.0~34.0)	$Z=0.554$	0.579
PI($^\circ$), $\bar{x}\pm s$	47.5 ± 9.8	47.4 ± 11.5	$t=0.043$	0.965
SS/PT, 中位数(范围)	2.4 (-19.5~42.0)	2.2 (-2.2~30.0)	$Z=-0.930$	0.353
SS-PT($^\circ$), 中位数(范围)	21.0 (-22.0~45.0)	18.0 (1.0~42.0)	$Z=-1.251$	0.211
PI-LL($^\circ$), 中位数(范围)	1.0 (-34.0~28.0)	1.0 (-19.0~42.0)	$Z=0.977$	0.328
max LL-max TK($^\circ$), 中位数(范围)	16.0 (-9.0~33.0)	12.0 (-6.0~41.0)	$Z=-2.561$	0.010
SVA/mm, 中位数(范围)	-7.5 (-58.0~48.0)	9.0 (-53.0~49.0)	$Z=2.816$	0.005

T_1 tilt: T_1 椎体矢状面倾斜角;TVA:胸椎后凸下端椎倾斜角;max TK:最大胸椎后凸角;max LL:最大腰椎前凸角;SS:骶骨倾斜角;PT:骨盆倾斜角;PI:骨盆入射角;SS/PT:SS与PT的比值;SS-PT:SS与PT的差值;PI-LL:PI与LL的差值;max LL-max TK: max LL与max TK的差值;SVA:矢状面躯干偏移距。

2.3 max TK与其他参数的相关性分析 Pearson相关分析显示,两组健康志愿者的 T_1 tilt、TVA、max LL与max TK均呈正相关;年龄 ≤ 40 岁健康志愿者的SS与max TK呈正相关;年龄 >40 岁健康志愿者的年龄与max TK呈正相关,PI与max TK呈负相关。见表2。

表2 不同年龄组健康志愿者max TK与其他参数的Pearson相关分析

参数	≤ 40 岁组		>40 岁组	
	r	P 值	r	P 值
年龄	0.132	0.205	0.283	0.005
T_1 tilt	0.765	<0.001	0.721	<0.001
TVA	0.618	<0.001	0.817	<0.001
max LL	0.542	<0.001	0.478	<0.001
SS	0.268	0.009	-0.126	0.220
PT	-0.124	0.232	-0.194	0.057
PI	0.119	0.253	-0.206	0.043
SVA	0.149	0.151	-0.098	0.341

max TK:最大胸椎后凸角; T_1 tilt: T_1 椎体矢状面倾斜角;TVA:胸椎后凸下端椎倾斜角;max LL:最大腰椎前凸角;SS:骶骨倾斜角;PT:骨盆倾斜角;PI:骨盆入射角;SVA:矢状面躯干偏移距。

3 讨论

脊柱、骨盆矢状面参数已成为目前脊柱外科的热点话题^[1-3,16]。随着对各类疾病中矢状面研究的深入,了解正常人群的脊柱骨盆参数及其随年龄的变化至关重要。而无论是临床实践抑或生活规律,都可以发现人体的TK随着年龄增长发生改变。Sangondimath等^[14]通过对100名无症状印度人群矢状面参数的研究发现,TK和max TK均随着年龄的增长呈增大趋势,且采用Pearson相关分析发现max TK与年龄呈正相关。孙卓然等^[17]对中国171名正常青年(18~28岁)的矢状面影像进行了测量,TK平均值为 $24.2^\circ\pm 9.6^\circ$ 。Heo等^[15]采用EOS影像系统对92名无症状的20~30岁韩国人进行了矢状面参数分析,结果显示 $T_1\sim T_{12}$ 后凸角的平均值为 37.37° ,本研究测得的 ≤ 40 岁组max TK值与之较为接近。

Zhu 等^[18]对 260 名中国正常成人脊柱骨盆参数进行了测量,纳入人群年龄为 20~56 岁,其 TK 平均值为 $27.8^{\circ} \pm 11.4^{\circ}$,无论是男性还是女性,TK 都随着年龄增长呈增大趋势。Zappalá 等^[19]通过 meta 分析研究 TK 与年龄的关系,纳入的 34 项研究结果表明 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸角与年龄相关 (Spearman 相关分析, $r=0.52$, $P<0.05$), 并指出 TK 与性别无关,而与入种有关。本研究观察到在年龄 >40 岁组的人群中 max TK 与年龄呈正相关。由此可见,不同研究结果存在差异,首先可能与纳入人群的年龄分段有关;其次不同研究采用的 X 线片拍摄方式存在差异,有的研究中全脊柱 X 线片采用拼接方式,而有些研究则通过 EOS 影像系统进行摄片;此外,不同研究测量 TK 的方式不同,部分研究只测量 $T_4 \sim T_{12}$ 、 $T_5 \sim T_{12}$ 或 $T_1 \sim T_{12}$ 后凸角。本研究通过测量 max TK 以对胸椎后凸进行评价,并将构成胸弯整体的部分进行细分,其中 T_1 tilt 代表上胸弯的弧度, TVA 代表下胸弯的弧度,且在 2 个年龄组中 T_1 tilt、TVA 均与 max TK 呈正相关,提示 max TK 随着年龄增长呈现均匀增长的趋势。

采用 Pearson 相关分析探讨 max TK 的影响因素,结果显示在年龄 ≤ 40 岁组,尽管 max TK 与年龄呈正相关,但不具有统计学意义;而 >40 岁组, max TK 随着年龄的增长呈增大趋势。本研究根据 Ensrud 等^[13]报道的结果,将年龄以 40 岁为分界,得出不同年龄段 max TK 随年龄变化的趋势不同,这与大多数研究的结果一致。究其原因,椎体形状和椎间盘形态占胸椎曲度的 86%~93%,椎间盘形态与年龄的负相关程度比椎体形态更高^[20-21]。而且肌肉力量、椎体形状和椎间盘形态都会影响 TK,高龄人群的肌肉力量逐渐减弱,椎间盘出现不同程度的退变,因而后凸呈现增大趋势。此外,不同年龄组人群的 max TK 与 T_1 tilt、TVA 均呈正相关,且与 max LL 相关,与既往研究^[22]一致,提示人体的脊柱处于整体平衡,为维持局部的改变会出现相应的代偿机制。年龄 ≤ 40 岁健康志愿者的 max TK 与 SS 呈正相关,而 >40 岁健康志愿者的 max TK 与 PI 呈负相关,提示不同年龄段骨盆对于 max TK 的影响表现出不同的代偿模式。

本研究具有一定的局限性。首先,收集的数据来自于门诊病历,研究对象的人口统计学信息有限,并未纳入 BMI 等因素;其次,纳入的人群以

40 岁作为分界,尚不够细致,不能体现每个年龄段的参考值数据;最后,为单中心研究,纳入人群病例数相对较少,后期仍需要多中心、大样本的临床研究进行验证。

[参考文献]

- [1] PASSIAS P G, SEGRETO F A, MOATTARI K A, et al. Is frailty responsive to surgical correction of adult spinal deformity? An investigation of sagittal re-alignment and frailty component drivers of postoperative frailty status[J]. *Spine Deform*, 2022, 10(4): 901-911. DOI: 10.1007/s43390-022-00476-x.
- [2] PASSIAS P G, SEGRETO F A, IMBO B, et al. Defining age-adjusted spinopelvic alignment thresholds: should we integrate BMI?[J]. *Spine Deform*, 2022, 10(5): 1077-1084. DOI: 10.1007/s43390-022-00522-8.
- [3] SHIMOKAWA T, MIYAMOTO K, HIOKI A, et al. Compensatory pelvic retro-rotation associated with a decreased quality of life in patients with normal sagittal balance[J]. *Asian Spine J*, 2022, 16(2): 241-247. DOI: 10.31616/asj.2020.0449.
- [4] HOU C, CHEN K, CHEN Y, et al. Assessment of sagittal spinopelvic alignment in asymptomatic Chinese juveniles and adolescents: a large cohort study and comparative meta-analysis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 656. DOI: 10.1186/s13018-021-02773-z.
- [5] LA MAIDA G A, ZOTTARELLI L, MINEO G V, et al. Sagittal balance in adolescent idiopathic scoliosis: radiographic study of spino-pelvic compensation after surgery[J]. *Medicine*, 2013, 22(Suppl 6): S859-S867. DOI: 10.1007/s00586-013-3018-8.
- [6] QIU Y, LIU Z, ZHU Z, et al. Comparison of sagittal spinopelvic alignment in Chinese adolescents with and without idiopathic thoracic scoliosis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(12): E714-E720. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182444402.
- [7] ALZAKRI A, VERGARI C, VAN DEN ABEELE M, et al. Global sagittal alignment and proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine Deform*, 2019, 7(2): 236-244. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.06.014.
- [8] KATZMAN W B, WANEK L, SHEPHERD J A, et al. Age-related hyperkyphosis: its causes, consequences, and management[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010, 40(6): 352-360. DOI: 10.2519/jospt.2010.3099.
- [9] KOELÉ M C, LEMS W F, WILLEMS H C. The clinical relevance of hyperkyphosis: a narrative review[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2020, 11: 5. DOI: 10.3389/fendo.2020.00005.
- [10] MEHRABI M, ROGHANI T, ALLEN D D, et al. The

- association between physical function and hyperkyphosis in older females: protocol for a systematic review[J]. *J Geriatr Phys Ther*, 2022, 13: 41. DOI: 10.4103/ijpvm.IJPVM_642_20.
- [11] KADO D M, LUI L Y, ENSRUD K E, et al. Hyperkyphosis predicts mortality independent of vertebral osteoporosis in older women[J]. *Ann Intern Med*, 2009, 150(10): 681-687. DOI: 10.7326/0003-4819-150-10-200905190-00005.
- [12] HANNINK E, NEWMAN M, BARKER K L. Does thoracic kyphosis severity predict response to physiotherapy rehabilitation in patients with osteoporotic vertebral fracture? A secondary analysis of the PROVE RCT[J]. *Physiotherapy*, 2022, 115: 85-92. DOI: 10.1016/j.physio.2022.02.003.
- [13] ENSRUD K E, BLACK D M, HARRIS F, et al. Correlates of kyphosis in older women. The fracture intervention trial research group[J]. *J Am Geriatr Soc*, 1997, 45(6): 682-687. DOI: 10.1111/j.1532-5415.1997.tb01470.x.
- [14] SANGONDIMATH G, MALLEPALLY A R, MARATHE N, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic Indian population[J]. *Asian Spine J*, 2022, 16(1): 107-118. DOI: 10.31616/asj.2020.0301.
- [15] HEO Y M, KIM T K, JANG M G, et al. Sagittal parameters of spine and pelvis in young adults using the EOS imaging system: prospective study of 92 asymptomatic subjects[J]. *Asian Spine J*, 2022, 16(5): 732-739. DOI: 10.31616/asj.2021.0111.
- [16] ASAH I R, NAKAMURA Y, KANAI M, et al. Association with sagittal alignment and osteoporosis-related fractures in outpatient women with osteoporosis[J]. *Osteoporos Int*, 2022, 33(6): 1275-1284. DOI: 10.1007/s00198-021-06282-x.
- [17] 孙卓然,李危石,陈仲强,等.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):1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.01.01.
- [18] ZHU Z, XU L, ZHU F, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39(1): E1-E6. DOI: 10.1097/BRS.000000000000022.
- [19] ZAPPALÁ M, LIGHTBOURNE S, HENEGHAN N R. The relationship between thoracic kyphosis and age, and normative values across age groups: a systematic review of healthy adults[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 447. DOI: 10.1186/s13018-021-02592-2.
- [20] GOH S, PRICE R I, LEEDMAN P J, et al. The relative influence of vertebral body and intervertebral disc shape on thoracic kyphosis[J]. *Clin Biomech*, 1999, 14(7): 439-448. DOI: 10.1016/s0268-0033(98)00105-3.
- [21] MANNS R, HADDAWAY M, MCCALL I, et al. The relative contribution of disc and vertebral morphometry to the angle of kyphosis in asymptomatic subjects[J]. *Clin Radiol*, 1996, 51(4): 258-262.
- [22] YANG C, YANG M, WEI X, et al. Lumbar lordosis minus thoracic kyphosis: a novel regional predictor for sagittal balance in elderly populations[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(5): 399-403. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001231.

[本文编辑] 杨亚红