

国人青年人群坐-立位脊柱-骨盆矢状位序列变化研究

孙卓然, 姜 帅, 邹 达, 周柏林, 李危石

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的:通过对正常国人青年人群进行坐-立位脊柱-骨盆矢状位序列的影像学研究,观察坐位脊柱-骨盆矢状位序列变化特点,探讨坐位下躯干矢状位平衡的调节机制。**方法:**在医院周边高校招募青年志愿者,共 145 名志愿者纳入研究,其中男 51 人,女 94 人,平均年龄 23.1 ± 2.3 岁(19~29 岁)。所有志愿者行站立位-坐位全脊柱正侧位 X 线片。应用院内 PACS 系统,测量如下参数:骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、腰椎前凸角(LL)、胸椎后凸角(TK)、胸腰段后凸角(TLK)、腰椎倾斜角(LT)、脊柱矢状位平衡(SVA)、T1 骨盆角(T1PA)。采用配对样本 *t* 检验,对比站立位、坐位脊柱-骨盆矢状位参数变化;运用 Pearson 相关分析,分别分析站立位、坐位脊柱-骨盆矢状位参数间相关性。检验水准 $\alpha=0.05$ 。**结果:**PI 平均值为 $46.6^\circ\pm9.1^\circ$ 。当体位由站立位改为坐位后,除胸腰段曲度外,脊柱-骨盆矢状位位置参数均发生显著改变。PT 增大($11.8^\circ\pm6.5^\circ$ vs $28.4^\circ\pm10.0^\circ$),SS 减小($34.9^\circ\pm7.1^\circ$ vs $19.7^\circ\pm8.7^\circ$),骨盆围绕双侧股骨头中心向后旋转。LL($50.4^\circ\pm10.0^\circ$ vs $25.3^\circ\pm11.8^\circ$)、TK($26.1^\circ\pm10.2^\circ$ vs $20.0^\circ\pm8.9^\circ$)显著减小,LT($-5.0^\circ\pm5.0^\circ$ vs $-1.8^\circ\pm5.8^\circ$)显著增大,腰弯、胸弯代偿减小,曲度变得平直,同时腰椎相对骶骨向前倾斜。SVA(-20.1 ± 22.4 mm vs 26.9 ± 28.6 mm)、T1PA($5.6^\circ\pm6.0^\circ$ vs $23.7^\circ\pm9.3^\circ$)均明显增大,躯体矢状位平衡轴向前移动。由站立位改变为坐位后,PI、LL 与矢状位平衡参数 SVA、T1PA 相关性进一步增强。**结论:**坐位时腰骶部矢状位序列会发生显著改变,表现为骨盆后倾旋转,腰椎与胸椎曲度变得平直,腰椎向前倾斜,躯干矢状位轴向前移动。这种调节与代偿的变化,需要在胸腰椎固定融合手术特别是长节段固定融合和矫形手术中充分考量。

【关键词】 脊柱;骨盆;坐立位;矢状位序列

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.04.07

中图分类号:R322.7 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2018)-04-0325-05

Analysis of spino-pelvic sagittal alignment in Chinese young subjects in standing versus sitting positions/SUN Zhuoran, JIANG Shuai, ZOU Da, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2018, 28(4): 325-329

【Abstract】 Objectives: To analyze the spino-pelvic sagittal alignment of Chinese asymptomatic adults in standing versus sitting positions, based on the characteristics of asymptomatic adults' sagittal alignment in standing, the variation in sitting position. **Methods:** This was a prospective radiological analysis by using full-spine standing and sitting lateral radiographs of Chinese volunteers. 145 volunteers (51 males, 94 females; mean age, 23.1 ± 2.3 years) participated. Pelvic and spinal parameters were measured, including pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT), sacral slope(SS), lumbar lordosis(LL), thoracic kyphosis(TK), thoracic lordotic kyphosis(TLK), lordosis tilt(LT), sagittal vertical axis(SVA) and T1-pelvic angle(T1PA). By using Student's *t* test, the angular parameters were compared between standing posture and sitting posture. By using Pearson's correlation test according to different position, difference of relationship between spinal and pelvic parameters in standing versus sitting position were discussed. **Results:** Mean PI was $46.6^\circ\pm9.1^\circ$. When moving from standing to sitting position, the spine lost nearly 24° of LL($49.6^\circ\pm9.8^\circ$ vs $25.2^\circ\pm10.8^\circ$, $P<0.001$). The SVA also moved more anteriorly by 45mm(-20.7 ± 20.8 mm vs 24.5 ± 29.5 mm, $P<0.001$). Regarding changes from the standing to sitting position, average PT, LT, T1PA were greater($P<0.05$), and TK, SS were decreased($P<0.05$). In sitting position,

基金项目:首都卫生发展科研专项资助(编号:2016-1-4096)

第一作者简介:男(1986-),主治医师,研究方向:脊柱外科

联系电话:(010)82267368 E-mail:puh3_szzr@outlook.com

the correlations of PI-SVA, LL-SVA, PI-T1PA, LL-T1PA were enhanced. **Conclusions:** In sitting position, the majority of changes occurs in the lumbar spine and pelvis alignment. Sitting significantly straightens the spine with decreased TK, LL and SS. Lumbar alignment and SVA move anteriorly. Pelvis rotation and lumbar hypolordosis are the mechanisms of adjusting the trunk sagittal balance in sitting position. This variation in sitting position should be fully considered in terms of long-term effects of the sitting position in patients with lumbar and thoracic fusion.

【Key words】 Spine; Pelvis; Sitting-standing position; Sagittal alignment

【Author's address】 Orthopaedic Department, Peking University Third Hospital, Beijing, 100853, China

脊柱-骨盆矢状位形态对维持躯干矢状位平衡具有重要的作用,过往研究^[1-3]主要集中在年龄对矢状位参数影响、矢状位序列对腰椎退行性疾病发病机制、对髋-脊综合征机制的影响等。课题组也曾对 139 例正常国人青年志愿者进行了脊柱-骨盆矢状位形态影像学研究^[4],揭示了国人脊柱-骨盆矢状位形态序列特点,并初步进行了脊柱-骨盆矢状位形态序列分型,发现了国人脊柱-骨盆矢状位序列间拟合关系^[5],但在上述研究中,所有研究对象均采用站立位,坐位下脊柱-骨盆矢状位序列的变化并不清楚。随着现代生活方式的改变及电脑的普及,坐位为主的工作人群大幅增加,出现腰椎退变、腰痛的群体不断增多而且明显出现年轻化的趋势^[6]。由于人们平时花费很多的时间在坐位上,所以了解坐位情况下腰椎前凸序列的变化、骨盆的代偿变化,特别是其对脊柱退变发病机制的影响尤为重要。

为此,本研究对正常国人青年人群进行了站立位-坐位脊柱-骨盆矢状位序列的影像学研究,目的在于描述坐位脊柱-骨盆矢状位序列变化特点,揭示坐位下躯干矢状位平衡的调节机制。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本文是前瞻性影像学研究,经北京大学第三医院伦理委员会批准,在医院周边高校招募项目研究志愿者,所有志愿者签署知情同意书。

志愿者入组标准:(1)年龄 18~30 岁;(2)除外慢性腰腿痛、既往脊柱畸形、脊柱手术、骨盆、髋关节、下肢疾病史;(3)全脊柱正侧位 X 线无脊柱滑脱表现,冠状位脊柱侧凸 Cobb 角 $<10^{\circ}$,无矢状位后凸畸形。

共 145 名志愿者纳入研究,其中男 51 名,女 94 名。平均年龄 23.1 ± 2.3 岁(19~29 岁)。

1.2 测量指标

所有志愿者行站立位-坐位全脊柱(包含双侧髋关节)正侧位 X 线片。投照源固定,连续曝光后自动拼接成像。站立位体位依据 Horton 等^[7]研究,取直立位,充分伸展膝关节、髋关节,肘关节完全屈曲,双拳置于同侧锁骨上。坐位要求维持躯干直立,同时保持髋关节、膝关节屈曲 90° ,肘关节完全屈曲,双拳置于同侧锁骨上。

通过院内 PACS 系统(Centricity[®] RIS/PACS, GE healthcare),进行影像学骨盆与脊柱矢状位参数测量。由两名研究者分别独立测量,取平均值作为最终结果记录。各参数测量方法如下。

(1)骨盆矢状位形态及序列参数:①骨盆入射角(pelvic incidence,PI):经 S1 上终板中点作一条垂直于终板的直线,再经 S1 上终板的中心和股骨头中心点作一条直线,两条直线间的夹角,PI 为骨盆矢状位形态参数;②骨盆倾斜角(pelvic tilt,PT):经过 S1 上终板中点以及两侧股骨头中心连线中点的直线与铅垂线间的夹角;③骶骨倾斜角(sacral slope,SS):S1 终板与水平线间的夹角。PT、SS 为骨盆矢状位位置参数。

(2)依据脊柱节段的解剖定义,描述脊柱矢状位参数:①腰椎前凸角(lumbar lordosis,LL):L1 上终板与 S1 上终板间夹角;②胸椎后凸角(thoracic kyphosis,TK):T4 上终板与 T12 下终板间夹角;③胸腰段后凸角(thoracic lordotic kyphosis,TLK):T11 上终板与 L2 下终板间夹角;④腰椎倾斜角(lordosis tilt,LT):L1 椎体前上缘至 S1 前上缘连线与铅垂线间的角度,负值表示位于 S1 后方,正值表示 L1 位于 S1 前方,代表腰椎相对骶骨前倾的程度;⑤脊柱矢状位平衡(sagittal vertical axis,SVA):经 C7 椎体中心所做的铅垂线与 S1 后上缘的水平距离,若铅垂线位于 S1 后上缘前方,则为正值,反之为负值。⑥T1 骨盆角(T1 pelvic angle,TPA):T1 椎体中点与双侧股骨头中心的连线,与 S1 上终板中点与股骨头中心连线间

的夹角(图 1)。T1PA 是代表躯干整体平衡的矢状位参数,能够同时代表躯干前倾的程度和骨盆矢状位曲度^[8]。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 17.0(SPSS 公司,美国)统计软件包对测量结果进行统计学分析,对样本年龄、性别、各参数角度进行描述性分析;采用配对样本 *t* 检验,对比站立位-坐位脊柱-骨盆矢状位参数变化;运用 Pearson 相关分析,分别分析站立位、坐位脊柱-骨盆矢状位参数间相关性,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

骨盆形态学参数 PI 平均值为 $46.6^{\circ} \pm 9.1^{\circ}$,各位置学参数平均值、标准差、范围见表 1。应用配对样本 *t* 检验,对比站立位-坐位脊柱矢状位位置参数发现,当体位由站立位改为坐位后,除胸腰段后凸角度外,脊柱-骨盆矢状位位置参数均发生显著改变($P<0.01$)。PT 增大,SS 减小,骨盆围绕双侧股骨头中心向后旋转。LL、TK 显著减小,LT 显著增大,表明腰弯、胸弯代偿减小,变得平直,同时腰椎相对骶骨向前倾斜。SVA、T1PA 均明显增大,躯干矢状位平衡轴向前移动(图 2)。

通过 Pearson 相关性分析发现,站立时,PI、LL 与躯干矢状位平衡参数 SVA、T1PA 存在显著相关性,说明站立状态下,骨盆与腰椎前凸曲度共同维持躯干的平衡,这与课题组先前的研究^[4]一致。随着体位改变,由站立变为坐位后,随着各位置学参数的改变,PI、LL 与矢状位平衡参数 SVA、T1PA 间相关系数进一步增加,相关性进一步提高,尤其是 PT 与 SVA 相关性的建立,提示坐位情

况下,随着骨盆后倾旋转,骨盆与腰椎的矢状位曲度的变化成为躯干矢状位平衡调节的核心。

3 讨论

随着 Duval-Beaupère 等^[9]在 1992 年首次报道了骨盆入射角(PI)的概念,脊柱-骨盆矢状位序列研究取得了突破性进展。人体矢状位平衡由脊柱和骨盆共同协调、维持,大量研究报道了脊柱-骨盆矢状位形态序列的重要临床意义。站立位和坐位是日常生活中最常见的生理负重体位。过往研究都以站立位为主,坐位下矢状位序列研究尚不够深入,所以研究坐位条件下,脊柱-骨盆矢状位序列的变化特点十分必要。Endo 等^[10]对 50 名平均年龄 31.5 岁的正常人群进行站立-坐位矢状位序列的影像学分析,发现坐位时,腰椎前凸角度减少近 50%,PT 增加近 25%,骨盆出现向后旋转的代偿表现。Suzuki 等^[11]对 73 名青年人和 107 名老年人进行了站立位-坐位矢状位序列的对比研究,发现无论青年人群还是老年人群,体位改变为坐位后,都会出现腰椎前凸减小、骨盆向后代偿旋转的表现。对于存在冠状面畸形的患者,也发现了类似的改变。Vaughn 等^[12]对 26 例平均年龄 13.5 岁的特发性脊柱侧弯患者进行坐位矢状位序列研究发现,LL 减小了近 29° ,骨盆极度向后代偿旋转,伴随矢状位轴向前移动。我们的研究结果与这些研究类似,本研究中同样发现,当体位由站立位变为坐位后,腰椎前凸与胸椎后凸曲度会发生明显的改变,LL 由平均 50.4° 减小至 25.3° ,减小了近 50%,TK 由 26.1° 减小至 20° ,腰椎与胸椎曲度变得平直。骨盆出现围绕双侧股骨头中心向后旋转表现,PT 明显增大,增加近 2.5 倍 ($11.8^{\circ} \sim$

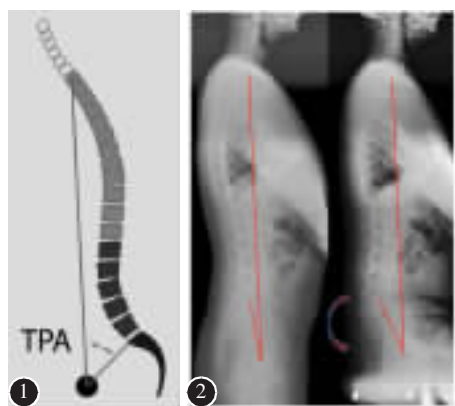


图 1 T1 骨盆角测量方法:T1 椎体中点与双侧股骨头中心的连线,与 S1 上终板中点与股骨头中心连线间的夹角 图 2 22 岁男性,坐位后,PT 增大了 16.3° ,由 8.7° 增加至 25.0° ,SVA 增加了 31.1mm ,由 18.5mm 增加至 49.6mm ,T1PA 增加了 16.8° ,由 6.6° 增加至 23.4° 。坐位后,伴随骨盆后倾,躯干矢状位轴显著向前移动

Figure 1 Schematic diagram of T1-pelvic tilt: T1PA is defined as the angle between the line from the femoral head axis to the centroid of T1 and the line from the femoral head axis to the middle of the S1 endplate **Figure 2** Male, 22 years, when moving to sitting position, PT increased by 16.3° (8.7° vs 25.0°). SVA moved more anteriorly by 31.1mm (18.5mm vs 49.6mm). T1PA also increased by 16.8° (6.6° vs

23.4°). In sitting position, truncal SVA significantly moved anteriorly following pelvic retroverting

表 1 站立位-坐位脊柱矢状位位置参数对比

Table 1 Comparison of spinal-pelvic sagittal parameters in sitting versus standing position

参数 Parameter	站立位 Standing	坐位 Sitting	t值 t value	P值 P value
PT(°)	11.8±6.5(-8.3-27.6)	28.4±10.0(1.3-53.0)	-22.2	<0.001
SS(°)	34.9±7.1(13.5-52.3)	19.7±8.7(0.9-42.0)	20.6	<0.001
LL(°)	50.4±10.0(23.5-72.9)	25.3±11.8(1.0-54.7)	23.9	<0.001
LT(°)	-5.0±5.0(-17.0-7.7)	-1.8±5.8(-15.2-11.9)	-8.0	<0.001
TLK(°)	6.3±5.4(0.1-27.3)	6.6±4.8(0.1-20.1)	-0.81	0.418
TK(°)	26.1±10.2(2.4-72.0)	20.0±8.9(0.7-49.6)	9.2	<0.001
SVA(mm)	-20.1±22.4(-69.7-74.2)	26.9±28.6(-45-103)	-18.1	<0.001
T1PA(°)	5.6±6.0(-16.3-18.7)	23.7±9.3(3-49)	-25.5	<0.001

表 2 站立-坐位脊柱-骨盆矢状位参数相关性分析
Table 2 Correlations among spinal and pelvic sagittal parameters in standing and sitting positions

参数 Parameter	站立位 Standing		坐位 Sitting	
	r	P值 P value	r	P值 P value
PI-LL	0.563	<10 ⁻⁴	0.228	0.006
PI-SVA	0.159	0.056	0.251	0.002
PI-T1PA	0.639	<10 ⁻⁴	0.617	<10 ⁻⁴
LL-SS	0.865	<10 ⁻⁴	0.901	<10 ⁻⁴
LL-SVA	-0.069	0.408	-0.167	0.044
LL-T1PA	0.183	0.027	-0.566	<10 ⁻⁴
LL-TK	0.391	<10 ⁻⁴	0.422	<10 ⁻⁴
PT-SVA	0.066	0.431	0.171	0.040
LT-SVA	0.445	<10 ⁻⁴	0.494	<10 ⁻⁴

28.4°), 骶骨终板变得平直。我们的研究还发现, 随着腰椎、骨盆矢状位曲度的变化, SVA、T1PA 显著增加, 说明由站立位变为坐位后, 躯干整体矢状位平衡轴会显著向前移动。

通过脊柱-骨盆各矢状位参数间相关性分析, 站立位状态下, 各参数间存在密切相关性。PI、SS 与 LL 密切相关, 说明骨盆在脊柱-骨盆矢状位序列调节中起到了重要作用, 骨盆通过 SS 的变化来影响腰椎曲度。此外, LL 不仅与 PI、SS 密切相关, 而且 LL 与 TK、T1PA 密切相关, 说明在脊柱-骨盆铰链式结构中, 相邻前凸、后凸节段相互间存在着密切关系。在胸椎、腰椎、骨盆序列中, 由于腰椎具有相对较大的调节范围, 并且与骨盆相邻, 可通过骨盆进行调节, 腰椎序列起到了骨盆与胸弯间的衔接作用, 是站立位情况下脊柱矢状位序列及平衡调节的核心^[4,13-15]。在本研究中, 我们发现, 坐位情况下, 各相邻参数间相关性进一步增强, 尤其是 PI、LL 与躯干矢状位参数 SVA、T1PA

间相关性进一步增强, 体现出骨盆与腰椎矢状位曲度的变化与躯干矢状位平衡的变化密切相关。当由站立变为坐位时, 屈膝、屈髋后, 骨盆最先出现向后旋转, 表现为 SS 减小, PT 增加, 由于 PI 与 LL 维持了密切相关性, 伴随骨盆的旋转, 腰椎前凸出现代偿性减小。进一步由于 LL 的减少和骨盆向后旋转, 最终导致躯干的矢状位轴向前移动。T1PA 增大是矢状位轴向前移动和骨盆向后旋转共同结果的体现, 体现了骨盆向后代偿旋转的程度。鉴于坐位下, 腰骶部的矢状位序列出现最大的改变, 骨盆的旋转成为矢状位平衡调节的核心。

目前, 大多脊柱矫形手术的金标准是恢复患者站立位时自然状态下的矢状位曲度^[16,17]。尽管站立位是过往描述最多的生理负重体位, 同样不可否认的是, 大量的人群在日常生活中以坐位为常用的功能体位。美国学者 Mattews 等^[18]发现成年人群平均花费 7.7h 在坐位体位。很多研究^[19-23]也同样发现成年人超过一半以上的日常清醒时间要花费在坐位上, 并作为主要的功能体位。所以, 理解正常的坐位下脊柱-骨盆矢状位序列特点是必要的, 并且应在重建脊柱矢状位序列的手术将其应用和考量, 对于术后理想疗效的取得是必要的。新加坡学者 Hey 等^[24]通过三种负重体位(站立、直立坐位、自然坐位)的对比研究发现, 直立坐位时 LL 减少近 50%, 自然坐位时 LL 会进一步减少近 80%, 胸腰椎的曲度近乎共同成为“C”形。所以, 长节段的固定融合或矫形手术, 若仅以正常站立位矢状位曲度为标准, 会使得术后患者在坐位时, 尤其是自然坐位姿势下, 脊柱曲度被强制在非自然的舒适体位, 同时会使额外的大量应力集中在内固定物和相邻节段上, 有可能导致内固定断裂或交界区失败。因此, 以正常人群坐位矢状位序

列变化特点为基础,进一步研究脊柱融合术后患者坐位下融合节段与非融合节段矢状位序列变化特点尤为必要,这也是将来研究的方向。

本研究的局限性在于坐位的体位只限定在标准直立坐位,由于日常生活中,人们更多会选择舒适状态下的坐位姿势,此时脊柱-骨盆矢状位序列可能会进一步发生显著变化。尽管尚缺少更多的坐姿纳入研究,但本研究发现,坐位下,脊柱-骨盆矢状位序列会发生显著改变,骨盆后倾旋转与腰椎前凸代偿减小,会共同导致躯干矢状位平衡轴向前移动、倾斜,重新达到坐位条件下的矢状位平衡。

4 参考文献

- Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, et al. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2004, 29(6): 671-676.
- Barrey C, Jund J, Perrin G, et al. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis [J]. Neurosurgery, 2007, 61(9): 981-986.
- Endo K, Suzuki H, Tanaka H, et al. Sagittal spinal alignment in patients with lumbar disc herniation[J]. Eur Spine J, 2010, 19(4): 435-438.
- 李危石, 孙卓然, 陈仲强. 正常脊柱-骨盆矢状位参数的影像学研究[J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(5): 447-453.
- 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.
- Lis AM, Black KM, Korn H, et al. Association between sitting and occupational LBP[J]. Eur Spine J, 2007, 16(3): 283-298.
- Horton WC, Brown CW, Bridwell KH, et al. Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? A critical comparison of three techniques [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(4): 427-433.
- Protopsaltis TS, Schwab FJ, Bronsard N, et al. The T1 pelvic angle (TPA), a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both pelvic retroversion and truncal inclination and correlates strongly with HRQOL [C]. Scoliosis Research Society(SRS) Annual Meeting, 2013. Lyon, France.
- Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P.A Barycentretric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for all economic standing position [J]. Ann Biomed Eng, 1992, 20(4): 451-462.
- Endo K, Suzuki H, Nishimura H, et al. Sagittal lumbar and pelvic alignment in the standing and sitting positions [J]. J Orthop Sci, 2012, 17(6): 682-686.
- Suzuki H, Endo K, Mizuochi J, et al. Sagittal lumbo-pelvic alignment in the sitting position of elderly persons [J]. J Orthop Sci, 2016, 21(6): 713-717.
- Vaughn JJ, Schwend RM. Sitting sagittal balance is different from standing balance in children with scoliosis[J]. J Pediatr Orthop, 2014, 34(2): 202-207.
- Takeda N, Kobayashi T, Atsuta Y, et al. Changes in the sagittal spinal alignment of the elderly without vertebral fractures: a minimum 10-year longitudinal study[J]. J Orthop Sci Offic J Jpn Orthop Assoc, 2009, 14(6): 748-753.
- Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16(1): 44-50.
- Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, et al. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort[J]. Spine, 2004, 29(6): 671-676.
- Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2010, 35(25): 2224-2231.
- Lamartina C, Berjano P, Petrucci M, et al. Criteria to restore the sagittal balance in deformity and degenerative spondylolisthesis[J]. Eur Spine J, 2012, 21(1): S27-31.
- Matthews CE, Chen KY, Freedson PS, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004[J]. Am J Epidemiol, 2008, 167(7): 875-881.
- Janz KF, Burns TL, Levy SM. Tracking of activity and sedentary behaviors in childhood: the Iowa Bone Development Study[J]. Am J Prev Med, 2005, 29(3): 171-178.
- Treuth MS, Hou N, Young DR, et al. Accelerometry-measured activity or sedentary time and overweight in rural boys and girls[J]. Obes Res, 2005, 13(9): 1606-1614.
- Merchant G, Buelna C, Castañeda SF, et al. Accelerometer-measured sedentary time among Hispanic adults: Results from the Hispanic Community Health Study/Study of Latinos (HCHS/SOL)[J]. Prev Med Rep, 2015, 22(2): 845-853.
- Pate RR, Stevens J, Pratt C, et al. Objectively measured physical activity in sixth-grade girls[J]. Arch Pediatr Adolesc Med, 2006, 160(12): 1262-1268.
- Healy GN, Dunstan DW, Salmon J, et al. Objectively measured light-intensity physical activity is independently associated with 2-h plasma glucose[J]. Diabetes Care, 2007, 30(6): 1384-1389.
- Hey HW, Wong CG, Lau ET, et al. Differences in erect sitting and natural sitting spinal alignment-insights into a new paradigm and implications in deformity correction [J]. Spine J, 2017, 17(2): 183-189.

(收稿日期:2017-12-11 修回日期:2018-03-18)

(英文编审 郑国权/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)