

临床论著

退变性腰椎侧凸脊柱-骨盆矢状位影像学特点

费 晗, 李危石, 孙卓然, 马清伟, 陈仲强

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

【摘要】目的:观察退变性腰椎侧凸(DLS)患者脊柱-骨盆矢状位影像学特点,探讨脊柱-骨盆矢状位参数变化对 DLS 发生的影响。**方法:**回顾性分析 103 例 DLS 患者术前资料,男 36 例,女 67 例,年龄 62.6 ± 7.4 (43~78) 岁,并选取 139 例正常青年人群作为正常青年对照组,145 例单纯颈椎病患者作为成年对照组,在脊柱全长正侧位 X 线片上测量各组冠状位、矢状位参数,包括 L3 倾斜角、侧凸 Cobb 角、冠状位平衡(CVA)、腰椎前凸角(LL)、矢状位平衡(SVA)、胸椎后凸角(TK)、骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)等,采用独立样本 *t* 检验比较 DLS 组与两对照组的各矢状位参数,并用 Pearson 相关分析 DLS 组各参数间相关性。**结果:**DLS 组 PI 为 $50.4^\circ \pm 10.2^\circ$,显著高于正常青年对照组($45.1^\circ \pm 9.6^\circ$, $P < 0.01$)和成年对照组($46.9^\circ \pm 9.1^\circ$, $P < 0.01$)。与青年及成年对照组相比,DLS 组 LL、SS 较小($P < 0.01$),PT、SVA 较大($P < 0.01$);TK 小于成年对照组($P < 0.01$)。DLS 组中合并退变性腰椎滑脱者 37 例(占 35.9%),PI 为 $53.1^\circ \pm 8.8^\circ$;无退变性腰椎滑脱者 66 例,PI 为 $48.9^\circ \pm 10.6^\circ$,二者相比有统计学差异且均显著高于正常青年对照组($P < 0.05$)。DLS 组侧凸 Cobb 角与 PT 显著相关($P < 0.05$),余冠状位参数与矢状位参数间未发现相关性;LL、PI、SS、PT 两两之间显著相关($P < 0.01$),LL、PT 与 TK 显著相关($P < 0.01$),SS 与 TK 显著相关($P < 0.05$),LL 与 SVA 显著相关($P < 0.01$)。**结论:**DLS 患者 PI 高于正常青年及颈椎病患者,高 PI 可能参与了 DLS 的发病机制;DLS 患者退变、侧凸的腰椎仍存在调节矢状位平衡的能力。

【关键词】退变性腰椎侧凸;脊柱;骨盆;矢状位

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.06.09

中图分类号:R682.3,R814.4 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-06-0528-06

Radiographic characteristics of sagittal spino-pelvic alignment in degenerative lumbar scoliosis/FEI Han, LI Weishi, SUN Zhuoran, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(5): 528-532, 540

【Abstract】 Objectives: To study the radiographic characteristics of sagittal spino-pelvic morphology in degenerative lumbar scoliosis (DLS) and its significance in the pathogenesis of DLS. **Methods:** This was a retrospective analysis of 103 cases (36 males and 67 females) with DLS, all cases had a mean age of 62.6 ± 7.4 years (43-78 yr); the control group included 139 cases of asymptomatic young volunteers; another control group included 145 cases with cervical spondylosis. The coronal and sagittal parameters of DLS group and the corresponding parameters of the two control groups on anteroposterior and lateral radiograph of the whole spine were measured. L3 tilt, Cobb's angle, coronal vertical axis(CVA), lumbar lordosis(LL), sagittal vertical axis(SVA), thoracic kyphosis(TK), pelvic incidence(PI), pelvic tilt(PT) and sacral slope(SS) were included. The sagittal parameters in DLS group were compared with those in the two control groups by using independent-sample Student's *t* test, and the correlations of the parameters in DLS group were analyzed by using Pearson coefficients. **Results:** The average PI of DLS group was $50.4^\circ \pm 10.2^\circ$, which was significantly higher than that of the control group of asymptomatic young adults ($45.1^\circ \pm 9.6^\circ$, $P < 0.01$) and the control group of cervical spondylosis ($46.9^\circ \pm 9.1^\circ$, $P < 0.01$). The DLS group had lower LL and SS ($P < 0.01$), higher PT and SVA ($P < 0.01$) than the two control groups, and lower TK than the cervical spondylosis group. In DLS group, there were 37 patients complicated with degenerative lumbar spondylolisthesis, accounting for 35.9%, and the average PI was $53.1^\circ \pm 8.8^\circ$, while the other 66 cases without degenerative spondylolisthesis had an average PI of $48.9^\circ \pm 10.6^\circ$.

基金项目:首都市民健康项目培育(编号:Z131100006813038);国家自然科学基金项目(编号:81450025)

第一作者简介:男(1988-),住院医师,医学博士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)62017691-7011 E-mail:fh11235@163.com

通讯作者:李危石 E-mail:liweishi@medmail.com.cn

The PI of them had a significant difference and was significantly higher than that in asymptomatic young adults ($P<0.05$). There were significant correlations between scoliosis Cobb's angle and PT ($P<0.05$), while no correlation was found between other coronal parameters and the sagittal parameters. Significant pairwise correlations were found among LL, PI, SS and PT ($P<0.01$), LL and PT were correlated with TK ($P<0.01$), SS was also correlated with TK ($P<0.05$), and LL was correlated with SVA ($P<0.01$). **Conclusions:** DLS patients have a higher PI than normal young adults and cervical spondylosis patients, and a higher PI may participate in the pathogenesis of DLS. Lumbar spine in DLS remains ability of regulating the sagittal spino-pelvic balance.

[Key words] Degenerative lumbar scoliosis; Spine; Pelvis; Sagittal plane

[Author's address] Orthopaedic Department, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

骨盆入射角 (pelvic incidence, PI) 于 1992 年由 Duval-Beaupère 等^[1]提出, 代表骨盆的矢状位形态, 是脊柱骨盆矢状位序列的重要组成部分。研究发现退变性腰椎侧凸 (degenerative lumbar scoliosis, DLS) 患者不但表现为冠状位的畸形, 矢状位序列也具有较小的腰椎前凸^[2,3]和骶骨倾斜角^[4]等特点, 这些特点可能与 DLS 患者的发病有关^[5], 并与患者的临床症状、预后相关^[6,7]。脊柱骨盆矢状位序列的研究在指导 DLS 分型、制定手术策略等方面具有重要意义, 但专门针对 DLS 患者 PI 等骨盆形态参数的研究很少, 对于 DLS 患者 PI 是否与正常人不同、骨盆形态是否参与 DLS 的发病, 目前尚不清楚。本研究对一组 DLS 患者进行影像学测量, 与正常青年人群、颈椎病患者对比, 观察其 PI 是否有差别, 分析其骨盆参数、矢状位序列的特点及其与 DLS 发病的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

DLS 组病例纳入标准: (1) 脊柱侧凸 Cobb 角 $>10^\circ$; (2) 年龄 >40 岁, 影像资料完整, 且影像学表现符合退变性腰椎侧凸。病例排除标准: (1) 成人特发性脊柱侧凸患者, 尤其是 Lenke V 型患者; (2) 合并脊柱肿瘤、压缩骨折、峡部裂性腰椎滑脱、下肢骨关节疾病及骨盆骨折等; (3) 既往脊柱手术史; (4) 明显由于强迫体位导致侧凸的患者。2012 年 1 月~2014 年 1 月我院骨科患者凡符合上述条件者均纳入本研究。最终共有 103 例 DLS 患者纳入研究, 男 36 例, 女 67 例; 年龄 43~78 岁 (62.6 ± 7.4 岁), 其中 37 例 (35.9%) 合并退变性腰椎滑脱。

对照组设置: 因无症状中老年人群样本缺乏, 而研究认为成人 PI 与年龄^[8-10]、性别^[11,12]无明显相关性, 且本研究 DLS 组年龄、性别与 PI 无显著相

关 (Pearson 检验及独立样本 t 检验, $P>0.05$), 故设置下述两对照组: (1) 以 139 例无症状青年志愿者 (男 94 例, 女 45 例, 21~28 岁, 平均 23.5 ± 1.5 岁) 作为正常青年人群对照组。(2) 考虑单纯颈椎病患者腰椎退变与正常人群相近, 而颈椎病患者资料容易获得、影像资料全, 故随机选取与 DLS 组年龄相近的 145 例颈椎病患者为成年对照组。纳入标准为: 诊断为单纯颈椎病, 影像资料完善; 下肢肌力 V 级, 能自主站立、配合完成全脊柱正侧位 X 线摄片; 排除合并其他脊柱疾病、脊柱手术史及腰痛的病例。最终纳入 145 例患者, 男 92 例, 女 53 例, 年龄 50.47 ± 9.6 岁 (32~83 岁)。

1.2 影像学测量

所有研究对象均摄术前站立位全脊柱正侧位 X 线片 (站立位, 充分伸展髋、膝关节, 肘关节屈曲并置手于锁骨上, 包括双侧股骨头), 采用同一研究者多次测量取平均值的方法, 通过院内 PACS 系统 (picture archiving and communication system, GE, 美国) 测量以下影像学参数。

在正位 X 线片上测量冠状位参数: (1) L3 倾斜角, L3 上终板与水平面夹角; (2) 侧凸 Cobb 角, 头侧端椎上终板与尾侧端椎下终板的夹角; (3) 冠状位平衡 (coronal vertical axis, CVA), C7 铅垂线到骶骨中点距离。

在侧位 X 线片上测量矢状位脊柱参数: (1) 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL), L1 上终板与 S1 上终板间夹角; (2) 矢状位平衡 (sagittal vertical axis, SVA), C7 铅垂线与骶骨后上角的距离; (3) 胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK), T4 上终板与 T12 下终板间夹角。骨盆参数: (1) 骨盆入射角 (pelvic incidence, PI), 经 S1 上终板中点作上终板的垂线, 再经 S1 上终板中点和双侧股骨头中心连线中点作直线, 两条直线的夹角; (2) 骨盆倾斜

角(pelvic tilt,PT),经 S1 上终板中点和双侧股骨头中心连线中点的直线与铅垂线夹角;(3)骶骨倾斜角(sacral slope,SS),S1 终板与水平线间夹角。

1.3 统计学方法

使用 SPSS 20 统计软件分析数据,独立样本 *t* 检验对 DLS 组和两对照组的各参数作对比。用 Pearson 相关分析 DLS 组各参数间相关性。 $P<0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

三组各参数测量结果见表 1,独立样本 *t* 检验显示 DLS 组 PI 与正常青年对照组及成年对照组相比有显著性差异($P<0.01$)。DLS 组中合并退变性腰椎滑脱者 37 例(占 35.9%),PI 为 $53.1^{\circ}\pm$

8.8° ,显著高于正常青年对照组($P<0.01$)、成年对照组($P<0.01$)及无退变性腰椎滑脱的患者($P<0.05$);无退变性腰椎滑脱者 66 例,PI 为 $48.9^{\circ}\pm 10.6^{\circ}$,高于正常青年对照组($P<0.05$),而与成年对照组无显著性差异($P>0.05$)。此外,与青年对照组及成年对照组相比,DLS 组 LL、SS 较小($P<0.01$),PT、SVA 较大($P<0.01$),且 TK 小于成年对照组($P<0.01$)。

DLS 组冠状位参数与矢状位参数间的相关性分析结果见表 2,其中侧凸 Cobb 角与 PT 显著相关($P<0.05$),其余冠状位参数与 LL、PI、SS、PT、TK、SVA 等矢状位参数之间无显著相关性($P>0.05$)。DLS 组各矢状位参数间相关性分析见表 3,LL、PI、SS、PT 两两之间显著相关($P<0.01$),LL、PT

表 1 DLS 组患者各参数测量结果及与对照组比较
Table 1 Radiographic measurements of DLS group and two control groups

	DLS组(n=103) DLS group	青年对照组(n=139) Young control group	成年对照组(n=145) Adult control group
L3 倾斜度(°) L3 Tilt	6.55±4.70(0~20.5)	—	—
侧凸 Cobb 角(°) Cobb' Angle	16.82±7.63(10.2~46.8)	—	—
冠状面平衡(mm) CVA	15.14±17.03(-62.75~60.89)	—	—
腰椎前凸角(LL,°)	34.68±15.86(-7.5~65.6)	48.30±11.14(21.9~81.5) ^①	52.89±9.11(28.3~77.8) ^①
骨盆入射角(PI,°)	50.42±10.18(16.9~72.5)	45.07±9.62(20.0~88.8) ^①	46.94±9.08(3.2~72.8) ^①
骶骨倾斜角(SS,°)	27.96±10.36(-5.4~51.2)	34.85±7.84(0.3~68.5) ^①	36.81±6.81(17.1~57.5) ^①
骨盆倾斜角(PT,°)	22.45±9.94(0.8~48.5)	10.12±6.41(-3.2~32.0) ^①	10.45±7.03(-4.9~32.4) ^①
胸椎后凸角(TK,°)	26.41±13.16(-7.1~61.1)	24.22±9.84(3.2~53.1)	34.11±9.61(7.3~58.7) ^①
矢状位平衡(SVA,mm)	39.30±50.46(-58.0~210.6)	-18.92±29.50(-89.6~77.6) ^①	-18.39±32.91(-113.14~63.07) ^①

注:①与 DLS 组比较 $P<0.01$

Note: ①Compared with DLS group, $P<0.01$

表 2 DLS 组冠状位参数与矢状位参数间的相关性
(n=103)

Table 2 Correlation analysis between coronal parameters and sagittal parameters in DLS group

	L3 倾斜度 L3 Tilt		侧凸 Cobb 角 Cobb's angle		冠状面平衡 CVA	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
侧凸 Cobb 角 Cobb's angle	0.412	0.000				
CVA	0.206	0.037	-0.051	0.609		
LL	-0.097	0.330	-0.106	0.287	-0.179	0.070
PI	0.047	0.636	0.100	0.314	-0.137	0.169
SS	-0.071	0.477	-0.106	0.286	-0.159	0.108
PT	0.119	0.232	0.212	0.031	0.019	0.852
TK	0.078	0.434	-0.131	0.186	-0.040	0.687
SVA	0.189	0.056	0.026	0.791	0.184	0.063

与 TK 显著相关($P<0.01$),SS 与 TK 显著相关($P<0.05$),LL 与 SVA 显著相关($P<0.01$)。

3 讨论

目前针对脊柱畸形与脊柱骨盆矢状位序列的关系国内外已进行了相关研究,研究发现成人特发性脊柱侧凸患者的 PI 值大于正常人群^[13,14];矢状位序列与患者的症状密切相关^[3,7,15,16];Schwab 等^[17]提出的成人脊柱畸形 SRS-Schwab 分型、Ploumis 等^[18]提出的 DLS 分型中均以矢状位平衡参数作为部分依据,但上述研究往往选取各种成人脊柱畸形为研究对象,专门针对 DLS 和 PI 等骨盆参数的研究较少。近期王辉等^[19]对比退变性

表 3 DLS 组各矢状位参数间的相关性

(n=103)

Table 3 Correlations among the sagittal spino-pelvic parameters in DLS group

	PI		SS		PT		TK		SVA	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
LL	0.358	0.000	0.788	0.000	-0.456	0.000	0.539	0.000	-0.453	0.000
PI			0.530	0.000	0.466	0.000	-0.072	0.473	0.058	0.556
SS					-0.498	0.000	0.219	0.026	-0.117	0.236
PT							-0.296	0.002	0.188	0.056
TK									-0.126	0.202

脊柱侧凸患者(轻度侧凸组和重度侧凸组各 40 余例)和 40 例同年龄对照组,未发现三组间 PI 的统计学差异(其中重度侧凸组 vs 健康对照组=58.3°±7.9° vs 56.3°±8.0°),但 PI 的个体差异较大,可能需要更大样本的病例观察。在我们的研究中,DLS 患者与青年国人对照组(已进行过相关研究^[20])相比 PI 显著增大,且与 Zhu 等^[21]报道的 260 例正常国人 PI 均值有显著性差异(平均 34.3 岁,单样本 *t* 检验,PI 平均 44.6°,*P*<0.01);而以往的研究^[8-10]认为 PI 作为骨盆形态学参数,在成年后保持稳定,所以这提示 DLS 患者的 PI 可能大于正常中国成人。为了减少年龄、退变因素的影响,我们额外设置了 145 例单纯颈椎病患者的成年对照组,与 DLS 组相比 PI 仍有显著性差异。此外,本研究 DLS 组患者中有 37 例合并退变性腰椎滑脱,占 35.9%,由于文献报道退变性腰椎滑脱患者的 PI 高于常人^[22],所以为了减少退变性腰椎滑脱对 PI 的干扰,我们将 66 例未合并滑脱的 DLS 患者与青年对照组对比,结果 PI 仍然较大,而未合并滑脱的病例与成年对照组相比虽然均值较大(48.9° vs 46.9°),但无统计学差异,上述分析提示单纯的无滑脱的 DLS 患者也可能具有高 PI 的特点。由于研究发现 DLS 患者可能具有高 PI 特点,而 PI 作为稳定的形态参数很难受 DLS 影响,所以我们推测高 PI 可能参与了 DLS 的发病机制。

高 PI 如何影响 DLS 的发病目前尚未明确,目前已有 PI 相关的腰椎间盘退变^[23]的报道。我们曾将正常人群的腰椎前凸分成 4 种类型^[13],发现随着 PI 的增高,下腰弯弧度逐渐增大,下腰弯的组成椎体数量也增加,即腰椎前凸顶点的位置不断升高,这样就可能导致腰椎各椎体的应力分布改变,增大腰椎顶点周围所受的剪切应力,并且顶点越高越缺乏两侧髂骨的保护,该部分椎体的屈伸、旋转、侧弯活动度较大,更容易发生退变,若两

侧退变速度不同,即出现不平衡退变,则导致腰椎侧凸;另一方面,以往研究表明健康人群中高 PI 者腰椎前凸往往较大,前凸顶点距骶骨顶点较远,也可能导致腰椎承受的旋转应力增加。上述机制可能导致高 PI 患者更易发生 DLS。

另一方面,对于 DLS 与退变性腰椎滑脱的联系已经有相关文献报道^[24],Pritchett 等^[25]发现 200 例 DLS 患者中有 111 例退变性腰椎滑脱(占 55.5%);本研究 DLS 组患者中有 37 例合并退变性腰椎滑脱,占 35.9%。而 Iguchi 等^[26]发现退变性腰椎滑脱在 3259 例腰部不适的门诊患者中发病率为 8.7%。可见 DLS 患者中退变性腰椎滑脱的发病率往往高于自然发病率,其原因尚不清楚。本研究发现 DLS 患者表现出高 PI 的特点,而既往研究也已发现退变性腰椎滑脱患者的 PI 高于正常人^[22],那么 DLS 患者与退变性腰椎滑脱患者就可能存在高 PI 的共同点,即高 PI 人群中出现 DLS 和退变性腰椎滑脱的概率均较高,所以 DLS 患者中退变性滑脱发生率高的部分原因就有可能通过高 PI 来解释。当然本研究结果受病例数、误差等因素的限制,DLS 与退变性腰椎滑脱间的内在关联有待进一步阐明。

本研究还发现,与对照组相比 DLS 组 LL、SS 较小,PT、SVA 较大,其原因一方面可能是由于 DLS 患者腰椎退变较重,出现曲度变直(LL 减小)、矢状位向前失平衡(SVA 增大),通过骨盆向后旋转代偿(PT 增大、SS 减小)的结果,这在以往文献中已有报道;另一方面这些矢状位的位置参数受年龄因素影响较大,还需要今后大样本的中老年正常人群对照组的进一步研究。尽管存在冠状面、矢状面的变化,但 LL 与 PI、SS、PT、SVA 密切相关,提示 DLS 患者的腰椎曲度与骨盆位置和矢状位平衡密切相关,骨盆的旋转和腰椎曲度的改变共同调节矢状位平衡,这与对正常人群、峡部

裂性滑脱^[10]、成人特发性脊柱侧凸^[3]等病例的研究结果相似。我们的研究结果表明,这一调节机制在 DLS 患者中仍然存在,即腰椎虽然发生退变、侧凸,但仍保留着调节矢状位平衡的能力。所以侧凸矫形手术在矫正冠状位畸形的同时,也应重视腰椎前凸的重建。

本组 DLS 患者 SS、PT 与 TK 显著相关;而以往文献虽然 TK 测量方法尚未统一^[27-29],但多显示正常青少年和成人脊柱侧凸患者的胸椎曲度与骨盆参数无相关性^[3,30]。可见 DLS 患者的胸椎曲度更易受骨盆影响,其原因可能是退变、侧凸的腰椎由于前凸丢失、相对僵硬,骨盆的旋转更易向上传递引起胸椎曲度的改变;正常人群的腰椎调节矢状位平衡的能力较强,需要胸椎参与较少,而 DLS 患者严重退变的腰椎矢状位调节能力减弱,不足以维持矢状位平衡,因而更加依赖胸椎曲度的改变来调节矢状位平衡。所以我们推测 DLS 患者由于腰椎退变,胸椎在矢状位失平衡的调节中有更高的参与度。另一方面,我们发现 DLS 患者 PT 较对照组增大,且 PT 与侧凸 Cobb 角呈正相关,我们推测 DLS 患者可能发生了骨盆以股骨头连线为轴向后旋转,且旋转的程度与侧凸程度正相关,而骨盆向后旋转可以带动上方的躯干后仰,这样就代偿了腰椎前凸丢失造成的身体前倾,因此骨盆代偿机制可能在 DLS 矢状位平衡调节中扮演重要角色。但 PT 作为位置学参数可能受年龄、体位、疼痛影响,所以骨盆的代偿在 DLS 矢状位平衡调节中的作用有待进一步研究。

本研究的不足是使用了普通的中老年颈椎病患者作为成年对照组,尽管目前没有发现颈椎病与腰椎疾病的必然联系,但颈椎病患者在脊柱方面并不是理想的正常人群。另一方面,LL、PT 等位置参数往往与年龄、体位有关,故本研究未对其差异进行探讨。正常中老年人群的脊柱骨盆矢状位数据有待进一步收集和总结。

4 参考文献

1. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position [J]. Ann Biomed Eng, 1992, 20(4): 451-462.
2. Jimbo S, Kobayashi T, Aono K, et al. Epidemiology of degenerative lumbar scoliosis: a community-based cohort study [J]. Spine, 2012, 37(20): 1763-1770.
3. Schwab FJ, Smith VA, Biserni M, et al. Adult scoliosis: a quantitative radiographic and clinical analysis[J]. Spine, 2002, 27(4): 387-392.
4. 顾晓民, 贾连顺, 陈雄生. 退变性腰椎侧凸与腰椎曲度和骶骨角关系及其临床意义[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2007, 22(12): 969-971.
5. Murata Y, Takahashi K, Hanaoka E, et al. Changes in scoliotic curvature and lordotic angle during the early phase of degenerative lumbar scoliosis[J]. Spine, 2002, 27(20): 2268-2273.
6. Tsai TH, Huang TY, Lieu AS, et al. Functional outcome analysis: instrumented posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar scoliosis[J]. Acta Neurochir, 2011, 153(3): 547-555.
7. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis[J]. Spine, 2013, 38(13): E803-812.
8. Mac-Thiong JM, Berthodnaud E, Dimar JR, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15): 1642-1647.
9. Schwab F, Lafage V, Boyce R, et al. Gravity line analysis in adult volunteers age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position[J]. Spine, 2006, 31(25): 959-967.
10. Marty C, Boisaubert B, Descamps H, et al. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients[J]. Eur Spine J, 2002, 11(2): 119-125.
11. Roussouly P, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance normative values from a prospective cohort of seven hundred nine caucasian asymptomatic adults[J]. Spine, 2010, 35(22): 1193-1198.
12. Lee CS, Chung SS, Kang KC, et al. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis[J]. Spine, 2011, 36(25): 1648-1654.
13. Li WS, Li G, Chen ZQ, et al. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adult idiopathic scoliosis[J]. Chin Med J, 2010, 123(21): 2978-2982.
14. Mac-Thiong JM, Labelle H, Charlebois M, et al. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent idiopathic scoliosis according to the coronal curve type[J]. Spine, 2003, 28(13): 1404-1409.
15. Ploumis A, Liu H, Mehdor AA, et al. A correlation of radiographic and functional measurements in adult degenerative scoliosis[J]. Spine, 2009, 34(15): 1581-1584.
16. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity[J]. Spine, 2005, 30(18): 2024-2029.
17. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research (下转第 540 页)

- 干细胞代谢活性及干性基因表达的比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(5): 454-461.
7. Dominici M, Le Blanc K, Mueller I, et al. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells: the International Society for Cellular Therapy position statement [J]. Cytotherapy, 2006, 8(4): 315-317.
 8. 石亚萍, 种银保, 王晴. 高端流式细胞分选仪的选型评价[J]. 医疗卫生装备, 2010, 31(10): 122-124.
 9. Yang ZF, Ngai P, Ho DW, et al. Identification of local and circulating cancer stem cells in human liver cancer[J]. Hepatology, 2008, 47(3): 919-928.
 10. Hassan KA, Wang L, Korkaya H, et al. Notch pathway activity identifies cells with cancer stem cell-like properties and correlates with worse survival in lung adenocarcinoma[J]. Clin Cancer Res, 2013, 19(8): 1972-1980.
 11. Wang D, Zheng M, Lei L, et al. Tspal is involved in late thymocyte development through the regulation of TCR-mediated signaling [J]. Nat Immunol, 2012, 13(6): 560-568.
 12. 李乔, 纪庆, 王金宏. 体外培养单个造血干细胞实验方法的建立[J]. 中国药理学通报, 2012, 28(3): 435-438.
 13. 王萍, 李润今, 高学文, 等. 经流式细胞仪分选神经细胞技术方法的建立[J]. 内蒙古医学杂志, 2008, 40(12): 1416-1418.
 14. Merve Z, Serap K, Guven C, et al. Donor age and long-term culture affect differentiation and proliferation of human bone marrow mesenchymal stem cells[J]. Ann Hematol, 2012, 91(8): 1175-1186.
 15. Wang CF, Ruan DK, Wang DL, et al. Effects of adeno-associated virus-2-mediated human BMP-7 gene transfection on the phenotype of nucleus pulposus Cells [J]. J Orthop Res, 2011, 29(6): 838-845.
 16. Zhang YJ, Uitto J, Thonar E. Cell based gene therapy for the degenerating intervertebral disc[J]. Am J Phys Med Rehab, 2006, 85(3): 248-249.
 17. Moon SH, Nishida K, Gilbertson LG, et al. Biologic response of human intervertebral disc cells to gene therapy cocktail[J]. Spine, 2008, 33(17): 1850-1855.
 18. Jeffrey CW, Joseph SK. Biological or genetic modulation of intervertebral disk degeneration[J]. Curr Orthop Pract, 2008, 19(4): 366-371.
 19. Zhou JX, Chen SY, Liu WM, et al. Enrichment and identification of human 'fetal' epidermal stem cells [J]. Hum Reprod, 2004, 19(4): 968-974.
 20. Li A, Kaur P. FACS Enrichment of human keratinocyte stem cells. In: John M. Walker. Methods in Molecular Biology[M]. New York: Humana press, 2005. 289: 87-96.
- (收稿日期: 2014-12-28 末次修回日期: 2015-04-13)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 李伟霞)
-
- (上接第 532 页)
- Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. Spine, 2012, 37(12): 1077-1082.
18. Ploumis A, Transfeldt EE, Gilbert TJJ, et al. Degenerative lumbar scoliosis: radiographic correlation of lateral rotatoryolisthesis with neural canal dimensions[J]. Spine, 2006, 31(20): 2353-2358.
 19. 王辉, 马雷, 丁文元, 等. 退变性脊柱侧凸患者脊柱-骨盆矢状位特点及各参数间的相关性分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 699-703.
 20. 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.
 21. Zhu Z, Xu L, Zhu F, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in chinese populations [J]. Spine, 2014, 39(1): E1-6.
 22. Barrey C, Jund J, Nosedo O, et al. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases: a comparative study about 85 cases[J]. Eur Spine J, 2007, 16(9): 1459-1467.
 23. Yang X, Kong Q, Song Y, et al. The characteristics of spinopelvic sagittal alignment in patients with lumbar disc degenerative diseases[J]. Eur Spine J, 2014, 23(3): 569-575.
 24. Tribus CB. Degenerative lumbar scoliosis: evaluation and management[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2003, 11(3): 174-183.
 25. Pritchett JW, Bortel DT. Degenerative symptomatic lumbar scoliosis[J]. Spine, 1993, 18(6): 700-703.
 26. Iguchi T, Wakami T, Kurihara A, et al. Lumbar multilevel degenerative spondylolisthesis: radiological evaluation and factors related to anterolisthesis and retrolisthesis[J]. J Spinal Disord Tech, 2002, 15(2): 93-99.
 27. Barrey C, Jund J, Perrin G, et al. Spinopelvic alignment of patients[J]. Neurosurgery, 2007, 61(5): 981-986.
 28. Transfeldt E, Labelle H, Roussouly P, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. Spine, 2004, 29(18): 2049-2054.
 29. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine [J]. Eur Spine J, 2002, 11(1): 80-87.
 30. Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents [J]. Eur Spine J, 2007, 16(2): 227-234.
- (收稿日期: 2014-12-29 末次修回日期: 2015-04-04)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 李伟霞)