

脊柱矢状位平衡的影像学参数及分型的研究进展

A review of radiological parameters and classification of spinal sagittal balance

赵 耀, 李淳德, 孙浩林

(北京大学第一医院脊柱外科 100034 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.07.14

中图分类号: R681.5, R816.8 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2012)-07-0651-05

目前骨科医师对脊柱冠状位失衡的研究比较深入, 相比之下对矢状位失衡还缺乏足够的重视。老年人由于脊柱退行性改变或医源性因素等造成的脊柱矢状位失衡, 可引起身体前倾, 颈部、腰背部、髋膝等多处疼痛和疲劳症状, 严重时行走困难。现就脊柱矢状位平衡的影像学参数及分型的相关研究进展综述如下。

1 矢状位平衡的影像学参数

1.1 骨盆指数

骨盆作为将躯干的负荷向下肢传导的区域, 其三维结构及形态参数对矢状位平衡有重要的意义^[1]。Legaye 等^[2]于 1998 年最先提出骨盆指数 (pelvic incidence, PI) 的概念, 定义 PI 为骶骨平台中点与双侧股骨头中点的连线与骶骨平台的垂线所构成的角, 并指出 PI 测量的可重复性及可靠性高, 与脊柱曲线关系密切, 且不受姿势的影响。Lafage 等^[3]对 131 例患者及健康志愿者的矢状位重力线及 PI 进行了分析, 证实骨盆的形态及方位对调节矢状位平衡十分关键(图 1)。

Mac-Thiong 等^[4]认为幼儿自开始直立行走后, PI 值随着年龄增长呈逐渐增大的趋势, 成年时基本已达最大值, 继而维持稳定。Kang 等^[5]报道 50 岁以上老人胸椎后凸随年龄增大而增大, PI 则无明显改变。PI 决定了骶骨平台与股骨头之间的相对位置, 其最小值约为 35°, 最大可接近 85°, 平均值约为 51.9°^[6]。PI 值较小的患者骨盆环的前后径短, 称为垂直骨盆, 股骨头接近骶骨平台的正下方。垂直骨盆形态上与大猩猩的骨盆类似, 对站立位的适应性较差。相反, PI 值较大的骨盆为水平骨盆, 股骨头位于骶骨平台的前方, 对矢状位失衡的代偿能力较强。

腰椎与骶骨平台延续, 故也受骨盆位置的影响, 继而影响整个脊柱的矢状位状态。通常, PI 值越大, 腰椎前凸的度数也相应增加^[6]。Schwab 等^[7]指出理想的腰椎前凸(LL)=

PI+9°(±9°)。Debarge 等^[8]报道严重后凸畸形的强直性脊柱炎患者 PI 值较正常对照组大。Park 等^[9]指出 I 度腰椎滑脱影响脊柱矢状位的平衡, 且该类患者 PI 值往往较大。而 Chaleat-Valayer 等^[10]的研究发现慢性腰痛患者以小 PI 值居多。对矢状位失衡患者行手术治疗前应常规测量 PI 值, 其对手术方案制定有重要的参考意义。PI 值大理论上骨盆对矢状位失衡的代偿能力强, 一旦出现矢状位失衡往往程度较重, 倾向于手术治疗, 且所需矫形的度数及节段相应增加^[11]。

1.2 骶骨斜坡与骨盆倾斜度

骶骨斜坡 (sacral slope, SS) 与骨盆倾斜度 (pelvic tilt, PT) 是与 PI 直接相关的两个角^[1]。SS 为骶骨平台与水平线间的夹角(图 1)。由于骶骨平台为脊柱的基底, 故 SS 的大小决定了下腰椎的方位, 与腰椎前凸关系密切。

腰椎前凸在每节段上并非平均分布, 而是由 L1 至骶骨逐渐加大。L4~S1 的前凸角约占整个前凸的 2/3^[12]。由腰椎曲线最靠前的点做水平线可将腰椎前凸分为上下两段。下段弧度等于 SS, 而上段弧度多不受脊柱形态的影响, 为恒定的常数, 约为 20°。故理论上可认为腰椎前凸约等于 SS+20°^[13](图 2)。临床上对腰椎前凸减少患者拟行截骨术时, 可根据 PI 值首先决定术后期望的 SS 值, 以获得术后期望达到的前凸值(SS+20°)。

PT 为骶轴中点与骶骨平台中点的连线和铅垂线间形成的夹角(图 1), 它指示骨盆的空间朝向。正常站立位时, 骨盆轻度前倾, 随着 PT 值增大, 重心向股骨头后方移动^[14], 骶骨更加垂直。从图 1 可以看出, PI=PT+SS。

骨盆能绕股骨头旋转, 当骨盆后倾时 PT 增大, 前屈时 PT 减小, SS 也会相应改变。骨盆绕股骨头旋转是调节矢状位平衡最重要的机制之一。Schwab 等^[15]认为 PT 正常值<25°, 且手术治疗矢状位失衡类疾病时将 PT 值纠正至 20°以下可获得较好疗效。Mac-Thiong 等^[16]对 709 例健康志愿者的测量结果示 PT/PI 平均为 0.24, 正常情况下 PT 的上限应小于 50%PI, 即 SS 应大于 50%PI。在病理状态下 SS 也不可能达到负值, 最小值为 0°, 即水平骶骨平台, 此状态为骨盆后倾的最大程度。骨盆后倾能力受 PI 值的限

第一作者简介: 男(1987-), 住院医师, 博士在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010)83572642 E-mail: zhaoyao1@medmail.com.cn

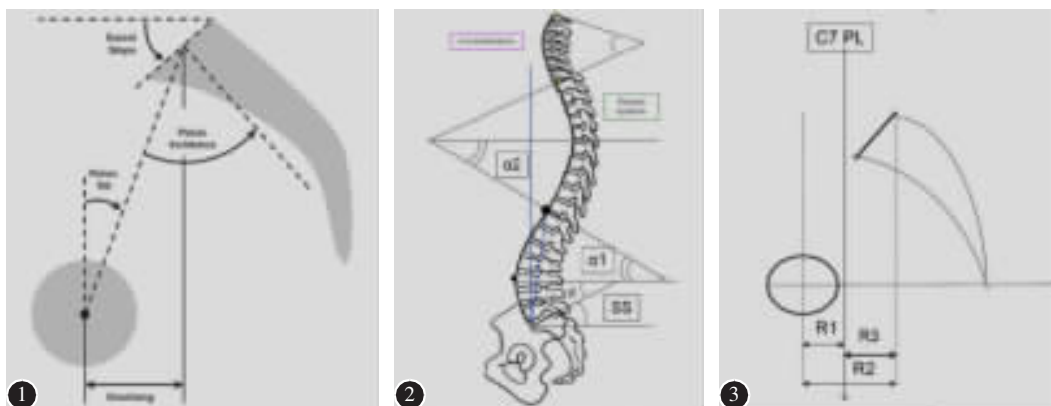


图 1 骨盆指数(pelvic incidence)、骶骨斜坡(Sacral slope)、骨盆倾斜度(Pelvic tilt)测量示意图^[3] 图 2 由腰椎前凸顶点作水平线可将腰椎分为上、下两段,下段弧度 β 等于SS,上段弧度 α_1 约为 20° ,故腰椎前凸 $LL \approx SS + 20^\circ$ (α_1 为腰椎上弧, α_2 为胸椎下弧, $\alpha_1 = \alpha_2$) 图 3 C7 铅垂线(C7PL)及其相关径线测量示意图^[23][R1:C7PL 至髋轴(HA)的水平距离;R2:HA 至骶骨后上角的水平距离(SFD:sacro-femoral distance);R3:C7PL 至骶骨后上角的水平距离]

制,PI 值较小的骨盆代偿矢状位失衡的能力小。

1.3 椎体铅垂线

Kuntz 等^[17]回顾以往的研究指出,C7 铅垂线是评估脊柱矢状位平衡稳定、可靠的指标。由 C7 椎体中点作铅垂线(C7PL),计算其与骶骨后上角之间的水平距离,将骶骨后上角至 C7PL 的距离 $<2.5\text{cm}$ 定义为影像学平衡, $\geq 2.5\text{cm}$ 为失衡。而 Frank 等^[18]则推荐以骶骨后上角至 C7PL 的距离 $\geq 5\text{cm}$ 作为判断失衡的标准。由于个体存在差异,按距离的绝对值来进行分析理论上缺乏准确性。为避免这一问题,Roussouly 等^[13]提出 C7PL 位于骶骨后方为理想的平衡状态;位于髋轴与骶骨后上角之间,为平衡代偿;位于髋轴前方为严重失衡。随后,Barrey 等^[12]对这一方法进行了改进,采用 C7PL 至骶骨后上角距离(R3)与骶股间距(SFD)(R2)的比值来评估矢状位平衡,称为 C7 矢状位比值(图 3)。当 C7PL 落于骶骨后上角后方时该值为负数,而位于髋轴前方时则 >1 。正常的矢状位比值范围为 -0.9 ± 1 。Barrey 定义该比值 ≤ 0 为理想的平衡状态, $0 < \text{比值} \leq 0.5$ 为平衡代偿, > 0.5 为失衡。此外,T4 铅垂线也很常用^[19],方法与 C7 铅垂线相似。

1.4 脊柱倾斜度(spinal tilt,ST)与脊柱骶骨角(spino-sacral angle,SSA)

脊柱倾斜度与脊柱骶骨角也是评估矢状位平衡的重要指标。ST 又称为 C7 倾斜度,为 C7 与骶骨平台中点连线与前方水平线所成的角度。ST $>90^\circ$ 表示 C7 铅垂线位于骶骨平台中点后方。Barrey 等^[20]于 2007 年最先提出 SSA 的概念,将 SSA 定义为 C7 中点至骶骨平台中点连线与骶骨平台所成的角度,可用于量化整个脊柱的后凸。从图 4 可知 $SSA = ST + SS$ 。Mac-Thiong 等^[16]对 709 例健康志愿者的研究显示,ST 平均值为 $90.8^\circ \pm 3.4^\circ$,SSA 为 $130.4^\circ \pm 8.1^\circ$ 。Debarg 等^[8]测量了强直性脊柱炎严重后凸畸形患者的 SSA,结果显示其 SSA 明显减小,SSA 与 SS、腰椎前凸之间有紧密联系。Roussouly 等^[21]采用线性回归模型分析得出

SSA 的预测公式为 $SSA = 0.96SS + 97^\circ$,提示脊柱的顶部与 SS 有相对恒定的关系。因 SS 与 PI 相关,可证实 SSA 也与 PI 有呈正相关^[16]。PI 值较小的患者 SSA 也较小,故在手术纠正严重失衡时,PI 值小的患者相比 PI 大的患者所需截骨的角度要小。Debarg 等^[11]建议对于严重后凸畸形患者应测量 SSA,并认为术后 SSA 的改善相比 C7PL 能更好地评估手术矫形效果。

与 ST 相似,Mac-Thiong 等^[22]将髋轴中点至 C7 中点的连线与前方水平线所呈的角度命名为脊柱骨盆倾斜度(spino-pelvic tilt,SPT),SPT $>90^\circ$ 表示 C7 椎体中点位于髋轴后方。从幼儿刚开始直立行走时 C7 椎体中点正常情况下可位于髋轴前方,故 SPT 多用于评估儿童矢状位情况,在成人中则使用较少。

1.5 骨盆半径及相关参数

Jackson 等^[23]在研究骶骨与骨盆相对位置关系时提出骨盆半径(pelvic radius,PR)的概念,PR 为连接髋轴中点和骶骨后上角的线段,并定义 PRS1 为 PR 与骶骨平台所构成的角,反映了“骨盆的前凸”。PRS1 在不同个体存在很大差异,且与脊柱的形态有很强的关联性,PRS1 值越小腰椎前凸越大。此外,通过 PR 还可确定每一椎体的相对位置,这种测量方法又称为“脊柱骨盆”测量。Jackson 认为 PR 及相关参数相比测量 C7 或 T4 铅垂线至骶骨后上角的距离能更可靠地描述脊柱的平衡状态^[24]。

PR 测量方法中常用的参数还包括:(1)骨盆角(PA),即 PR 与铅垂线间的角度,类似于 PI 方法中的 PT;(2)腰椎前凸(T12-S1)和胸椎后凸(T1-T12、T4-T12),测量其 Cobb 角;(3)总腰椎骨盆前凸(PR-T12),即 PR 与 T12 椎体下终板的交角;(4)T4-T12/PR-T12 比值;(5)T4-T12/T12-S1 比值等(图 5)。

Jackson 定义平衡的脊柱应该满足以下条件^[24]:(1)PR-T12 位于 $-70^\circ \sim -100^\circ$ 之间;(2)PA 位于 $-3^\circ \sim -33^\circ$ 之间;(3)T4-T12/PR-T12 的比值位于 0.15~0.75 之间。

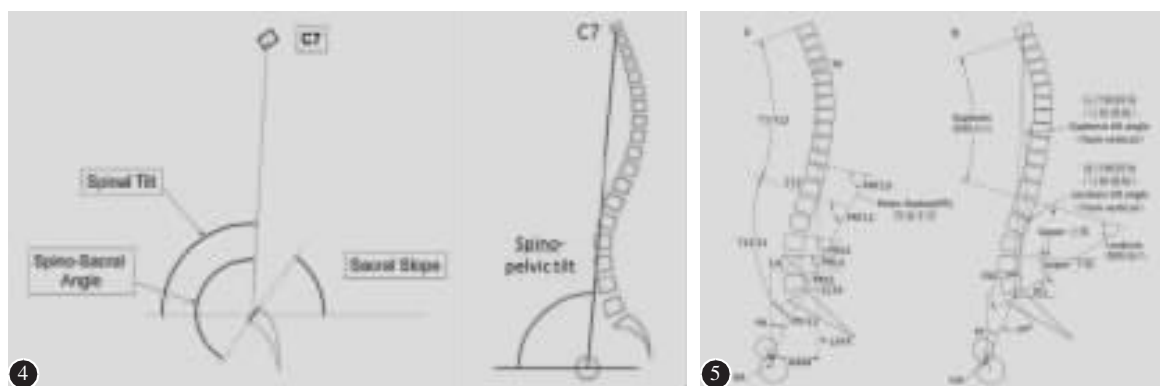


图4 脊柱骶骨角(SSA)、脊柱倾斜度(ST)和脊柱骨盆倾斜度(SPT)测量示意图($SSA=ST+SS^{[13]}$) 图5 骨盆半径(pelvic radius, PR)及相关常用参数测量方法示意图(HA:髋轴, PA:骨盆角, PRLn:骨盆半径与相应腰椎数 n 所成的角, PRTn:骨盆半径与相应胸椎数 n 所成的角, SSA:骨盆骶骨角, PI:骨盆指数, PT:骨盆倾斜度, SS:骶骨角)

腰椎骨盆前凸 PR-T12 为 PRS1 与 T12-S1 前凸的和, 在健康个体中是一相对稳定的常数, 约为 $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 。PRS1 增大或减小, 腰椎前凸也会有相应改变。然而目前尚缺少对于 PR-T12 与 PRS1 关系的研究。Jackson 等^[24]对健康志愿者以及因退行性脊椎滑脱、峡部裂、平背畸形、退变性侧凸行后路融合术后的患者进行了分组分析, 结果显示 PRT12、PI、PRS1 的可靠性相似。PR 及相关参数测量时除 PRS1 外均无需确定 S1 终板的位置, 而测量 PI 则需清晰显露 S1 终板的轮廓, 对于 S1 终板显示不清的患者(例如部分高度脊椎滑脱或脊柱术后的患者), 可选择 PR 及相关参数评估矢状位情况。

正常情况下腰椎前凸与胸椎后凸协调一致, Sergides 等^[25]推荐用 T4-T12/T12-S1 来界定胸腰椎的“协调性”, 该比值正常位于 0.15~0.75 之间。

2 脊柱矢状位平衡的分型

2.1 Roussouly 分型

Berthonnaud 与 Roussouly 等^[26]根据 SS 值将脊柱矢状位曲线分为四种不同类型: 1 型, $SS < 35^{\circ}$, 几乎腰椎无下弧, 顶点位置低, 接近 L5, 上弧组成前凸的主要部分, 前凸短而小, 胸腰段移行区为后凸。此型的胸椎长后凸与腰椎短前凸不协调。2 型, $SS < 35^{\circ}$, 下弧小, 腰椎前凸长而平, 接近一条直线。胸椎后凸小, 胸椎后凸与腰椎前凸协调一致。3 型, $35^{\circ} < SS < 45^{\circ}$, 前凸顶点位于 L4, 前凸与后凸的转换点位于胸椎与腰椎的交界处, 此类为标准的矢状位曲线。4 型, $SS > 45^{\circ}$, 下弧的曲度明显增大, 组成下弧的椎体数目多, 腰椎前凸的长度和曲度增加, 胸椎后凸亦相应增加。此类为过曲的协调状态(图 6)。

Roussouly 等^[27]认为对于 1 型脊柱, 由于 PI 值小, 骨盆后倾能力受限, 若出现胸腰段后凸增加的情况(如骨质疏松骨折), 只能靠短的下弧代偿。故应采取手术治疗减少胸腰段后凸畸形, 减少腰椎过伸。Barrey 等^[28]指出 2 型脊柱椎间盘位置基本水平, 承受的垂直方向压力大, 发生早期

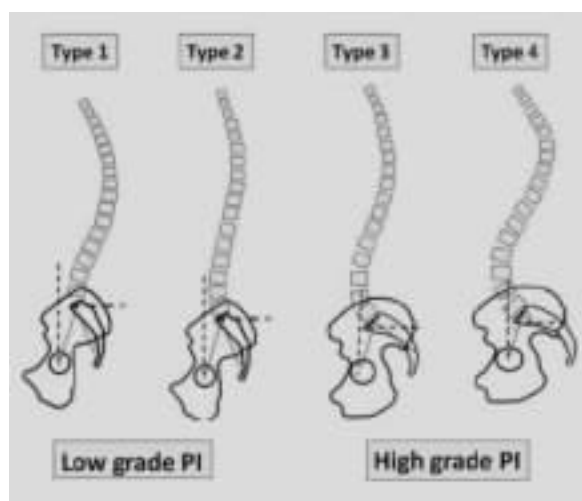


图6 脊柱矢状位曲线 Roussouly 分型: 1 型和 2 型 $SS < 35^{\circ}$; 3 型 $35^{\circ} < SS < 45^{\circ}$; 4 型 $SS > 45^{\circ}$ 。1 型和 2 型为低 PI 组, 3 型和 4 型为高 PI 组)

椎间盘退变伴中央型椎间盘突出的风险高。对于 2 型脊柱失衡的手术治疗相对容易, 因为所需重建的腰椎前凸小。3 型和 4 型的腰椎前凸大, 尤其是 4 型, 通常为 PI 值大的水平骨盆。Hanson 等^[28]的研究显示 4 型脊柱发生 L5 峡部裂合并滑脱的风险高。由于腰椎前凸曲线大, 压力主要作用于后侧关节面, 因此关节面退变发生早。

无论采用何种治疗方法, 对严重矢状位失衡的患者, 只有重建矢状位的平衡才能获得最好的疗效。在病理状态下, 很难区分患者目前脊柱骨盆的形态与原始解剖结构的差别, 其中多少是功能性适应, 多少为病理性改变。最初的线索即为 PI 值, 因其在成年后基本保持稳定^[27]。治疗 $PI < 45^{\circ}$ 的患者时, 需要重建 1 型或 2 型脊柱, 而无需明显增加腰椎前凸; 对于 $PI > 60^{\circ}$ 的患者, PI 值越大, 需更积极重建腰椎前凸的角度和长度, 减少骨盆的后倾^[29]。

2.2 北京大学第一医院(PUFH)分型^[30]

李淳德等^[30]根据脊柱矢状位的平衡性将老年脊柱后

凸畸形分为平衡型脊柱后凸和非平衡型脊柱后凸。判断脊柱矢状位是否平衡的标准包括:(1)临床表现。患者站立位时不需要双髋过伸及双膝屈曲代偿为脊柱矢状位平衡,如需代偿则为非平衡;(2)影像学检查。侧位像上脊柱矢状面的 C7PL 位于距 S1 后上角 $\pm 2.5\text{cm}$ 之内为平衡,否则为非平衡。再根据脊柱后凸的部位和是否平衡将老年脊柱后凸畸形分成不同亚型(图 7): I a 型,腰椎前凸代偿良好,代偿能力较大,腰椎前凸角-胸椎后凸角 $\geq 10^\circ$; I b 型,腰椎前凸失代偿,腰椎前凸角-胸椎后凸角 $\leq 10^\circ$ 。II a 型,腰椎前凸代偿,但代偿能力有限; II b 型,腰椎前凸失代偿,易发生神经功能损害。III a 型,胸椎后凸减小、代偿,平背畸形; III b 型,躯干前倾,后伸颈椎。IV a 型,全脊柱后凸,但畸形程度轻,处于平衡状态; IV b 型:常见,脊柱呈“C”型,矢状位处于明显失衡状态。PUFH 分型是一种直观、简洁及治疗具有指导意义的分型,其在临床应用的一致性为 87.5%,可重复性为 93.7%^[30],但其合理性及有效性尚待多中心前瞻性临床研究加以证实。

老年脊柱退变性矢状位失衡在临床上并不少见,随着我国人口老龄化的进展,可以预测此类患者会逐渐增多。然而目前国内尚缺乏对脊柱矢状位失衡的系统描述。

脊柱全长侧位片对矢状位失衡的诊断有着重要意义;PI、SS 与腰椎前凸关系密切;C7PL、SSA、PR 等指标可简便快速地帮助判断脊柱矢状位平衡情况;脊柱矢状面平衡的 Roussouly 分型、PUFH 分型对于治疗方案的制定有指导作用。但对于国人脊柱正常矢状位参数范围的确定、其对手术适应证等方面的指导作用仍需进一步积累临床经验。

3 参考文献

1. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, et al. Pelvic parameters: origin and significance[J]. Eur Spine J, 2011, 20(Suppl 5): S564-S571.
2. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves[J]. Eur Spine J, 1998, 7(2): 99-103.
3. Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters[J]. Spine, 2008, 33(14): 1572-1578.
4. Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15): 1642-1647.

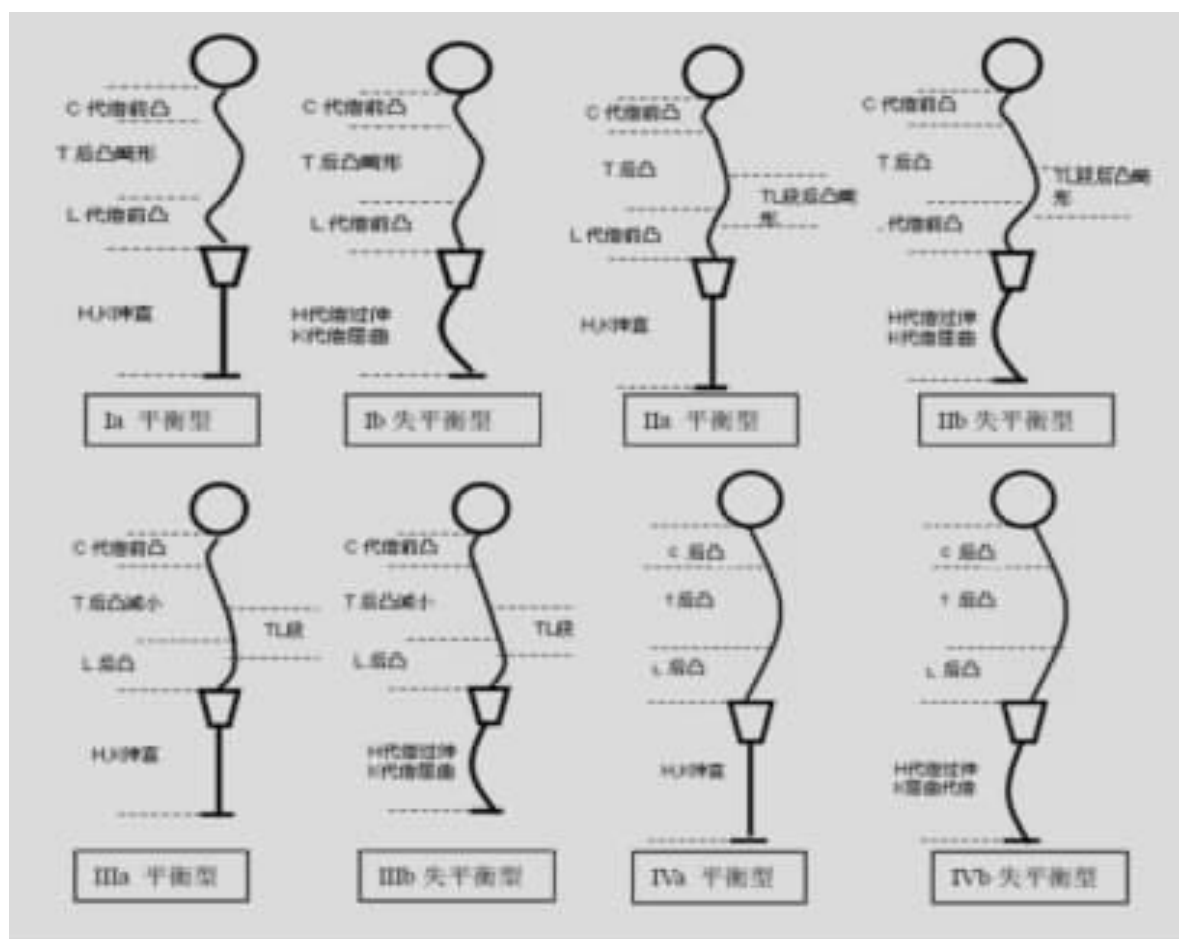


图 7 PUFH 分型示意图[胸椎后凸畸形为 I 型,胸腰段后凸畸形为 II 型,腰椎后凸畸形为 III 型,全脊柱后凸畸形为 IV 型;再根据脊柱矢状位平衡性分为平衡型(a 型)和非平衡型(b 型)]

5. Kang K, Kim YJ, Muzaffar N, et al. Changes of sagittal spinopelvic parameters in normal Koreans with age over 50[J]. *Asian Spine J*, 2010, 4(2): 96–101.
6. 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.
7. Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient[J]. *Spine*, 2009, 34(17): 1828–1833.
8. Debarge R, Demey G, Roussouly P. Radiological analysis of ankylosing spondylitis patients with severe kyphosis before and after pedicle subtraction osteotomy[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(1): 65–70.
9. Park SJ, Lee CS, Kang KC, et al. Postoperative changes in pelvic parameters and sagittal balance in adult isthmic spondylolisthesis[J]. *Neurosurgery*, 2011, 68(Suppl 2): 355–363.
10. Chaleat-Valayer E, Mac-Thiong J, Paquet J, et al. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 634–640.
11. Debarge R, Demey G, Roussouly P. Sagittal balance analysis after pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 619–625.
12. Barrey C, Roussouly P, Perrin G, et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine: can we identify the compensatory mechanisms[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 626–633.
13. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 578–585.
14. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Anatomical reliability of two fundamental radiological and clinical pelvic parameters: incidence and thickness[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2005, 15(3): 197–204.
15. Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity – postoperative standing imbalance[J]. *Spine*, 2010, 35(25): 2224–2231.
16. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults[J]. *Spine*, 2010, 35(22): E1193–E1198.
17. Kuntz C 4th, Levin LS, Ondra SL, et al. Neutral upright sagittal spinal alignment from the occiput to the pelvis in asymptomatic adults: a review and resynthesis of the literature[J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 6(2): 104–112.
18. Frank S, Ashish P, Benjamin U, et al. Adult spinal deformity–postoperative standing imbalance[J]. *Spine*, 2010, 35(25): 2224–2231.
19. Jackson RP, Hales C. Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers [J]. *Spine*, 2000, 25(21): 2808–2815.
20. Barrey C, Jund J, Nosedà 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.
21. Roussouly P, Gollogly S, Nosedà O, et al. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers[J]. *Spine*, 2006, 31(11): E320–E325.
22. Mac-Thiong JM, Labelle H, Roussouly P. Pediatric sagittal alignment[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 586–590.
23. Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, et al. Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients [J]. *Spine*, 1998, 23(16): 1750–1767.
24. Jackson RP, Phipps T, Hales C, et al. Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2003, 28(2): 151–160.
25. Sergides IG, Peter F, White G, et al. Lumbo–pelvic lordosis and the pelvic radius technique in the assessment of spinal sagittal balance: strengths and caveats[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 591–601.
26. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(1): 40–47.
27. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino–pelvic organization and adaptation in pathology [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 609–618.
28. Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, et al. Correlation of pelvic incidence with low–and high–grade isthmic spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2002, 27(18): 2026–2029.
29. Le Huec JC, Charosky S, Barrey C, et al. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 699–703.
30. 李淳德, 孙浩林, 李宏, 等. 老年性脊柱后凸畸形的北京大学第一医院(PUFH)分型和治疗[J]. *中华骨科杂志*, 2010, 30(3): 244–248.

(收稿日期:2012-02-07 修回日期:2012-05-20)

(本文编辑 卢庆霞)