

矢状位腰椎-骨盆影像学参数研究进展

陈宏方 赵长清

摘要 骨盆作为人体上肢与下肢的连接点,对维持人体矢状位平衡起着至关重要的作用。目前已有大量描述骨盆位置与形态的影像学参数,如骨盆指数(PI)、骶骨倾斜角(SS)、骨盆倾斜角骨盆指数(PT)等,其中腰椎-骨盆参数是临床医师关注的重中之重。目前主要有2个系统来描述腰椎-骨盆位置关系,即以PI为核心的参数系统及以骨盆半径(PR)为核心的参数系统。该文就矢状位腰椎-骨盆影像学参数研究进展作一综述。

关键词 骨盆指数;骨盆倾斜度;骨盆半径;骨盆角;矢状位平衡

DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2017.05.004

骨盆作为联系人体上肢与下肢的“纽带”,在人体矢状位平衡的维持过程中扮演着关键角色。骨盆不仅仅负担着承载脊柱的重任,还能通过骨盆-脊柱相互调节实现脊柱最优化排列。在矢状面参数系统中,腰椎-骨盆参数对脊柱矢状位平衡的评估、分析有着重要作用。目前主要有2套评估脊柱-骨盆平衡的参数系统,以骨盆指数(PI)为核心的参数系统及以骨盆半径(PR)为核心的参数系统。前者包括PI、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、腰椎前凸角(LL)、腰椎后凸角(TK)等。后者包括PR、骨盆角(PA)、骶骨骨盆角(SPR)、总腰-骨盆前凸角(PR-T₁₂)、胸椎后凸角/腰椎前凸角比值(TK/LL)等。

1 以PI为核心的参数系统

1.1 PI

PI由Duval-Beaupère在1998年提出并定义,即经骶骨上终板中点的垂线与髋臼中心和骶骨上终板连线所形成的夹角^[1]。PI描述了骶骨终板与股骨头的相对位置关系。对于骨骼发育成熟的成年人,PI值通常保持不变。当多种代偿机制发生、矢状位平衡重建、难以获得原脊柱矢状位形态的情况下,PI可成为提供患者原始脊柱形态信息的唯一参数。Gutman等^[2]对646例正常人群进行研究,发现在该人群中女性PI值为 $46.3^{\circ} \pm 10.8^{\circ}$,男性PI值为 $45.7^{\circ} \pm 11.1^{\circ}$ 。现普遍认可的PI正常值范围为 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$,PI值处于此范围以外即视为异常。PI值较大意味着骨盆前后径较大,称之为水平骨盆,水平骨盆后倾可能较大;PI值较小意味着骨盆前后径

较小,称之为垂直骨盆,垂直骨盆后倾可能较小。PI值越大,骨盆后倾代偿矢状位失平衡的能力就越大;PI值越小,骨盆后倾来代偿矢状位失平衡的能力越小。骨盆后倾在矢状位失平衡时骨盆代偿机制中起着十分重要的作用^[3]。

青少年人群中,PI值随骨骼发育而增大,直至骨骼成熟,PI值不再变化^[4]。但近年来有学者^[5-8]发现,在正常成年人群中,PI值也存在随年龄线性增大的过程。这可能与年龄增长所带来的LL丧失、体重增加、骶骨形状和髋臼位置改变等相关,而引起骨盆形态改变,最终导致PI值增大^[9]。Mendoza-Lattes等^[10]研究认为,骶骨股骨头距离随年龄增大而增大,这可能引起PI值改变。有研究^[11]报道,在腰椎前滑脱成年患者中年龄与PI值呈负相关性。有研究^[12]证明,PI值与体质指数存在显著正相关性。Vrtovec等^[13]通过分析大量相关文献,并利用直线回归模型得到以下结果:正常人群 $PI = 0.17 \times \text{年龄} + 46.40$;脊柱侧凸患者 $PI = 0.20 \times \text{年龄} + 50.52$;腰椎滑脱患者 $PI = -0.26 \times \text{年龄} + 75.69$ 。

1.2 PT和SS

PT和SS为骨盆位置性参数。PT是经髋臼中心垂线与髋臼中心和骶骨上终板中点连线的夹角,代表骨盆的开口朝向。SS是经骶骨上终板后上角水平线与骶骨上终板构成的夹角,代表骶骨的倾斜度。PI与PT、SS存在简单的几何关系: $PI = SS + PT$ ^[14]。Yang等^[15]招募了340例来自华东地区的健康志愿者,发现PI与PT、SS有较强的相关性。Barrey等^[16]研究认为,非病理状态下PT正常值应小于PI值的50%,SS理想值应大于PI值的50%。矢状位平衡的调节机制之一为骨盆围绕股骨头

作者单位:200001, 上海交通大学医学院附属第九人民医院骨科、上海市骨科内植物重点实验室
通信作者:赵长清 E-mail: cqzhao@yeah.net

中心连线旋转^[17]。当骨盆后旋后倾时,PI 保持不变,PT 增大,SS 减小,髋臼中心与骶骨上终板中点的距离增大,理论上 SS 可减小至 0°,PT 最大值即为 PI。但由于骨盆后倾时,髋臼窝位置发生变化,髋关节过伸,限制了骨盆后倾,故 PT、SS 不能达到理论极值。骨盆旋转可引起髋臼窝位置的变化。DeSole 等^[18]研究发现,对脊柱畸形患者(年龄>18 岁,满足 Cobb 角>20°、矢状面垂轴(SVA)≥5 cm、PT>25°、TK>60°任一条件)行全髋关节置换术后,即使髋臼前倾角(AA)与髋臼外展角(AD)在可接受的安全区内,患者术后出现假体不稳、松动、脱位的概率仍明显高于不存在脊柱畸形的患者。因此,脊柱-骨盆矢状位平衡在髋关节手术中也愈来愈受到重视。

1.3 LL

LL 为 L₁ 椎体上终板和 S₁ 椎体上终板之间的夹角。Vaz 等^[19]在 LL 前凸顶点将其切割成 2 个角,分别称为 LL 上弧和 LL 下弧。同样的处理也适用于 TK。LL 下弧等于 SS,而 LL 上弧等于 TK 下弧。由此可见,在分析 LL 时,不能忽视 TK、SS 带来的影响。LL 在各个腰椎运动节段上并非均匀分布,在正常生理情况下,L₄ 和 L₅ 运动节段构成了 LL 的绝大部分。LL 增大,L_{1~3} 运动节段前凸角增加,其在 LL 中所占的比例超过了 L₄、L₅ 运动节段,L₄、L₅ 在 LL 中所占的比例呈线性下降^[20]。这表明,L_{1~3} 运动节段在 LL 代偿性增加的机制中可能起着更为重要的作用。

重建矢状位平衡的重要方面之一在于根据患者 PI 恢复合适的 LL。Kim 等^[21]提出的 PI 与 LL 理想值范围已被现代脊柱外科医生广泛接受,即重建患者腰椎矢状位平衡时,LL 需满足 LL = PI ± 9°。在分析患者矢状位状态时,不应过度关注 PI、LL 值本身,而更应关注 PI 与 LL 的匹配^[22]。现推荐 PI-LL 应保持在 10°以内,可根据年龄做适当调整。

2 以 PR 为核心的参数系统

2.1 PR 和 PA

PR 为髋轴中心至骶骨上终板后上角连线的距离,用以描述骨盆与骶骨的相对位置关系^[23]。PA 定义为 PR 线与经股骨头连线中点垂线的夹角,类似于 PT,用以描述骨盆朝向。与 PI 相比,PA 不需测量骶骨终板中点位置,减少了测量误差,在发育未完全的青少年中具有较大应用价值。

2.2 SPR 和 PR-T₁₂

SPR 为 PR 与骶骨上终板切线的夹角,用以描述

骨盆的前凸程度,又称为骨盆前凸角。SPR 与 PI 密切相关,从几何学分析,SPR 与 PI 可看成 2 个互补角。Chanplakorn 等^[24]对 100 例正常志愿者进行研究后发现,SPR 与 PA、LL 呈明显负相关性。PR-T₁₂ 为 PR 与 T₁₂ 椎体下终板的夹角,用以描述腰椎前凸程度与骨盆前凸程度之和。健康成年人 PR-T₁₂ 保持相对稳定。Jackson 等^[25]提出在正常成年人中(SVA ≤ 3 cm),PR-T₁₂ 值需保持在 70°~110°。PR-T₁₂ 可用于快速评估腰椎-骨盆矢状位平衡,但值得注意的是,评估过程中不能只单独关注 PR-T₁₂,由于 PR-T₁₂ 包含腰椎与骨盆前凸两部分,所以即使腰椎发生代偿,该值仍有可能保持在正常范围之内。Jackson 等^[26]研究认为,需综合考虑 TK 和 LL,并提出正常人群中,TK/LL 应保持在 0.15~0.75。

3 结语

由于以 PR 为核心的参数系统仅适用于腰椎-骨盆矢状位平衡研究,以 PI 为核心的参数系统已成为目前评估脊柱-骨盆矢状位平衡的主流方法。由于 PI 值稳定、在脊柱-骨盆的动态平衡中发挥重要作用,故 PI 仍将是脊柱-骨盆矢状位参数的研究重点。综上所述,通过对 PI 及相关矢状位参数的深入研究,并将脊柱-骨盆形态学与生物力学相结合,可达到更好预防和治疗脊柱疾病的目的。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Gutman G, Labelle H, Barchi S, et al. Normal sagittal parameters of global spinal balance in children and adolescents: a prospective study of 646 asymptomatic subjects[J]. Eur Spine J, 2016, 25(11):3650-3657.
- [3] Bodin A, Roussouly P. Sacral and pelvic osteotomies for correction of spinal deformities[J]. Eur Spine J, 2015, 24 (Suppl 1):S72-S82.
- [4] Schüssler TP, Vincken KL, Rogers K, et al. Natural sagittal spino-pelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt[J]. Eur Spine J, 2015, 24(6): 1158-1167.
- [5] Sohn S, Chung CK, Kim YJ, et al. Sagittal spinal alignment in asymptomatic patients over 30 years old in the Korean population[J]. Acta Neurochir (Wien), 2017, 159(6):1119-1128.
- [6] Lee JH, Na KH, Kim JH, et al. Is pelvic incidence a constant, as everyone knows? Changes of pelvic incidence in surgically corrected adult sagittal deformity[J]. Eur Spine J,

- 2016, 25(11):3707-3714.
- [7] Jean L. Influence of age and sagittal balance of the spine on the value of the pelvic incidence[J]. Eur Spine J, 2014, 23(7):1394-1399.
- [8] Hasegawa K, Okamoto M, Hatsushikano S, et al. Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of Life in a cohort of healthy adult subjects[J]. Eur Spine J, 2016, 25(11):3675-3686.
- [9] Choma TJ, Rechtine GR, McGuire RA, et al. Treating the aging spine[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2015, 23(12):e91-e100.
- [10] Mendoza-Lattes S, Ries Z, Gao Y, et al. Natural history of spinopelvic alignment differs from symptomatic deformity of the spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(16):E792-E798.
- [11] Wang T, Wang H, Liu H, et al. Sagittal spinopelvic parameters in 2-level lumbar degenerative spondylolisthesis; a retrospective study [J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95(50):e5417.
- [12] Jalai CM, Diebo BG, Cruz DL, et al. The impact of obesity on compensatory mechanisms in response to progressive sagittal malalignment[J]. Spine J, 2017, 17(5):681-688.
- [13] Vrtovec T, Janssen MM, Likar B, et al. A review of methods for evaluating the quantitative parameters of sagittal pelvic alignment[J]. Spine J, 2012, 12(5):433-446.
- [14] Yokoyama K, Kawanishi M, Yamada M, et al. Age-related variations in global spinal alignment and sagittal balance in asymptomatic Japanese adults[J]. Neurol Res, 2017, 39(5):414-418.
- [15] Yang M, Yang C, Zhai X, et al. Analysis of factors associated with sagittal balance in normal asymptomatic individuals; a retrospective study in a population of east china [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, [Epub ahead of print].
- [16] Barrey C, Roussouly P, Le Huec JC, et al. Compensatory mechanisms contributing to keep the sagittal balance of the spine[J]. Eur Spine J, 2013, 22(Suppl 6):S834-S841.
- [17] Pesenti S, Blondel B, Peltier E, et al. Spinal alignment evolution with age: a prospective gait analysis study[J]. World J Orthop, 2017, 8(3):256-263.
- [18] DelSole EM, Vigdorich JM, Schwarzkopf R, et al. Total hip arthroplasty in the spinal deformity population; does degree of sagittal deformity affect rates of safe zone placement, instability, or revision?[J]. J Arthroplasty, 2017, 32(6):1910-1917.
- [19] 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.
- [20] Anwar HA, Butler JS, Yarashi T, et al. Segmental pelvic correlation (SPeC): a novel approach to understanding sagittal plane spinal alignment[J]. Spine J, 2015, 15(12):2518-2523.
- [21] Kim KT, Lee SH, Huh DS, et al. Restoration of lumbar lordosis in flat back deformity; optimal degree of correction [J]. Asian Spine J, 2015, 9(3):352-360.
- [22] Aoki Y, Nakajima A, Takahashi H, et al. Influence of pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch on surgical outcomes of short-segment transforaminal lumbar interbody fusion[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16:213.
- [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 (Phila Pa 1976), 1998, 23(16):1750-1767.
- [24] Chanplakorn P, Wongsak S, Woratanarat P, et al. Lumbopelvic alignment on standing lateral radiograph of adult volunteers and the classification in the sagittal alignment of lumbar spine[J]. Eur Spine J, 2011, 20(5):706-712.
- [25] Jackson RP, Hales C. Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(21):2808-2815.
- [26] Jackson RP, Mcmanus AC, Moore J. Lumbar spinal stenosis; treatment options for an aging population[J]. Mo Med, 2013, 109(6):466-469.

(收稿:2017-04-30;修回:2017-09-06)

(本文编辑:王妮)