

· 论 著 ·

65 位成人胸腰段椎体终板的凹陷参数分析

陈 虹, 蒋电明[△]

(重庆医科大学附属第一医院骨科 400016)

摘要:目的 测量胸腰段椎体终板的凹陷参数并探讨其对人工椎体端面形态改良的意义。方法 选取 65 位成年人胸腹部 CT 图像进行多平面重建, 根据年龄(>40 或 ≤40 岁)及性别将被检测者分为 4 组。在正中矢状面及特定冠状面上测量 T₁₀ 下至 L₃ 上终板矢状面凹陷角(SCA)、凹陷区域位置(LCR)及冠状面凹陷角(CCA), 比较其差异。结果 各年龄及性别组间凹陷参数差异无统计学意义($P>0.05$), T₁₀ 下至 L₃ 上终板中, SCA 介于 162.5°~163.9°之间, 差异无统计学意义($P>0.05$); 各终板 LCR 最小值 42.5%, 最大值 44.2% ($P>0.05$); CCA 介于 170.9°~175.7°之间, 各椎体上终板 CCA 均大于下终板(T₁₁ 为 0.6°, $P>0.05$; T₁₂ 为 2.7°, $P<0.0001$; L₁ 为 2.3°, $P<0.002$; L₂ 为 4.2°, $P<0.000001$)。结论 本研究结果可为人工椎体端面形态的改良提供初步数据, 以上参数在设计 and 安放人工椎体时应被考虑在内。

关键词:下丘脑; 胸腰段椎体; 凹陷参数; 人工椎体

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.13.006

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2011)13-1263-03

Measurement of concavity parameters of thoracolumbar vertebral endplate in 65 adults

Chen Hong, Jiang Dianming[△]

(Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Objective To measure the concavity parameters of thoracolumbar vertebral endplates and to explore its significance in the modification of artificial vertebral body. **Methods** Multi-planar reformatted computed tomographic (CT) scan images of thoraco-abdominal region were obtained in 65 adults. According to the age (>40 years or ≤40 years) and gender, all the participants were divided into 4 groups. Sagittal concave angle (SCA) and location of concave region (LCR) in the midsagittal plane, as well as coronal concave angle (CCA) in the specified coronal plane were measured and compared among groups and endplates. **Results** No significant difference of concavity parameters was found among groups. From T₁₀ inferior to L₃ superior endplate, SCA values were between 162.5° and 163.9°, showing no significant difference ($P>0.05$); this was also true for the LCR ($P>0.05$), with the smallest value being 42.5% and the largest 44.2%; however, the values of CCA ranged from 170.9° to 175.7°, and in each vertebrae, superior endplate had a significantly larger CCA than its counterpart except for T₁₁ (T₁₁: 0.6°, $P>0.05$; T₁₂: 2.7°, $P<0.0001$; L₁: 2.3°, $P<0.002$; L₂: 4.2°, $P<0.000001$). **Conclusion** Results of this study could provide preliminary information for the modification of the artificial vertebrobody. The parameters mentioned above should be considered in the designing and placement of the artificial vertebrobody.

Key words: hypothalamus; thoracolumbar spine; concavity parameter; artificial vertebral body

有为数不少的文献对椎体矢状面和冠状面的形态学测量结果进行了报道^[1-4], 但这些研究大多侧重于椎体横径和矢状径的测量, 仅有极少的文献涉及到终板凹陷参数, 且这些报道均只涉及颈段和腰段椎体, 而无胸腰段椎体。实际上, 作为脊柱骨折、畸形及肿瘤等疾病的好发部位, 胸腰段椎体为椎体成形术的常见区域, 因此对该部位终板的测量亦十分重要。本文通过对无脊柱疾患成人的 CT 进行测量, 分析 T₁₀ 下终板至 L₃ 上终板的凹陷参数, 以从与以往不同的角度对椎体终板的形态学进行研究。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 65 位成年人(年龄 21~65 岁, 平均 43 岁)的胸腹部 CT 图像(GE 公司 64 排 CT 扫描), 使用 GE 公司 CT 影像处理系统对其进行多平面重建(层厚为 0.625 mm)及测量。所有被检测者均是因腹部和/或胸部不适接受 CT 检查, 而未诉任何脊柱不适。排除标准包括: CT 图像上明显可见的骨赘形成、显著脊柱退变、畸形、脊柱骨折及脊柱肿瘤。在这些被检测者中, 有 32 人年龄小于或等于 40 岁, 被分入 A

组, 其余 33 人年龄大于 40 岁, 被分入 B 组。在每组中, 根据性别又将其分入不同亚组, 其中男性被分入 A₁/B₁ 组, 女性被分入 A₂/B₂ 组。A₁ 组人数 18 人, A₂ 组人数 14 人, B₁ 组人数 16 人, B₂ 组人数 17 人。

1.2 方法

1.2.1 影像学图像选择 对于每一个终板, 均在 2 个层面上对其凹陷参数进行测量: (1) 正中矢状面(midsagittal plane, MSP), 其定义为能完整看到相应椎体棘突的层面; (2) 特定冠状面(specified coronal plane, SCP), 在 MSP 上确定最凹陷点后, 通过该点的冠状面即为 SCP。

1.2.2 定位及测量 在电脑上对以下解剖标志进行定位: MSP 上的终板前后缘(A、P)、SCP 上的终板左右缘(L、R); MSP 上的最凹陷点(C_m), 其同时也是 SCP 上的最凹陷点(C_s); 引 C_m 到 AP 的垂线, 其与 AP 的交点 C' 可视作 C_m 在 AP 线上的投射点, 该点可用于计算最凹陷点在矢状面终板上的前后位置(图 1、2)。终板凹陷角的定义为最凹陷点与终板边缘连线所成的钝角。当终板弧形出现局部不规则(如 Schmorl

表 1 各终板矢状面 SCA、LCR 及 CCA($\bar{x}\pm s$)

椎体	矢状面凹陷角		凹陷区域位置		冠状面凹陷角	
	SCA($^{\circ}$)	P 值*	LCR(%)	P 值*	CCA($^{\circ}$)	P 值**
T ₁₀ 下	163.1 \pm 3.9	>0.05	44.2 \pm 6.8	>0.05	170.9 \pm 3.2	
T ₁₁ 上	163.1 \pm 3.9		43.5 \pm 6.5		171.5 \pm 3.2	>0.05
T ₁₁ 下	163.3 \pm 4.6		43.9 \pm 5.1		170.9 \pm 3.8	
T ₁₂ 上	163.9 \pm 3.7		43.3 \pm 5.3		173.6 \pm 3.1	<0.0001
T ₁₂ 下	163.0 \pm 4.6		44.2 \pm 5.3		170.9 \pm 3.8	
L ₁ 上	163.7 \pm 4.4		43.6 \pm 6.1		175.7 \pm 3.6	<0.002
L ₁ 下	162.5 \pm 4.8		43.0 \pm 5.0		173.4 \pm 4.1	
L ₂ 上	163.3 \pm 4.9		42.8 \pm 5.0		175.5 \pm 4.7	<0.000001
L ₂ 下	162.9 \pm 4.3		42.7 \pm 6.5		171.3 \pm 3.8	
L ₃ 上	163.5 \pm 4.2		42.5 \pm 5.6		173.8 \pm 4.8	

*:终板间单因素方差分析;** :各椎体上下终板间成组设计资料的 *t* 检验。

结节)时,将不规则部分忽略,顺其自然弧形确定测量点。测量和(或)计算下列参数:(1)MSP 凹陷角(sagittal concave angle, SCA);(2)MSP 凹陷区域位置(location of concave region, LCR),即 C'到 P 点的长度与 AP 长度的百分比;(3)SCP 凹陷角(coronal concave angle, CCA)。

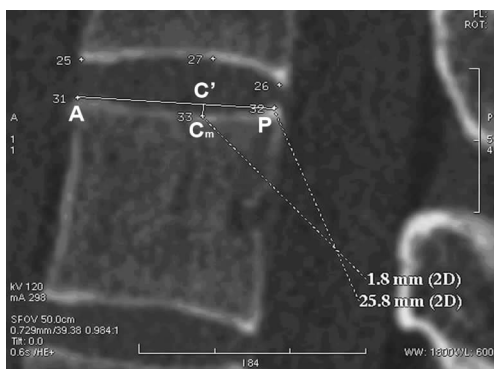
1.3 统计学处理 各项检测数据用 $\bar{x}\pm s$ 表示,以 SPSS17.0 统计软件进行成组设计资料的 *t* 检验、单因素方差分析, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 正中矢状面

2.1.1 SCA 年龄及性别对 SCA 并不构成影响,4 个亚组之间 SCA 差异无统计学意义(最小 *P* 值为 0.140)。如表 1 所示,将 4 个亚组结果综合分析, T₁₀ 下终板至 L₃ 上终板各测量值之间差异亦无统计学意义(*P* > 0.05),其值波动为 162.5 $^{\circ}$ ~163.9 $^{\circ}$ 。以上结果提示,胸腰段椎体各终板正中矢状面凹陷程度相同,与所在椎体节段及椎体上下终板位置无关。

2.1.2 LCR 与 SCA 相同,各年龄及性别亚组之间 LCR 差异无统计学意义(最小 *P* 值为 0.668)。综合分析 4 个亚组结果显示,各终板之间差异亦无统计学意义(*P* > 0.05),最小值为 42.5%,最大值为 44.2%,见表 1。

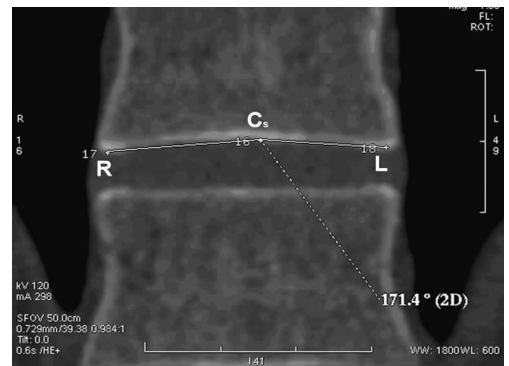


A:终板前缘;P:终板后缘;C_m:最凹陷点;C':C_m在 AP 上的投影点。

图 1 正中矢状面上标志点

2.2 CCA 在各年龄及性别亚组之间,CCA 差异无统计学意义(最小 *P* 值为 0.351)。综合分析 4 个亚组测量值分析显示, T₁₀ 下终板至 L₃ 上终板 CCA 介于 170.9 $^{\circ}$ ~175.7 $^{\circ}$ 。 T₁₁~L₂ 各椎体上终板 CCA 均大于相应下终板 CCA,特别是 T₁₂、L₁、L₂ 3

个椎体上下终板 CCA 测量值之间差异均有统计学意义。平均差值分别为 0.6 $^{\circ}$ 、2.7 $^{\circ}$ 、2.3 $^{\circ}$ 、4.2 $^{\circ}$,提示与下终板相比较,上终板在冠状面上更为平坦,见表 1。在 21~65 岁的被检测者中,年龄及性别对胸腰段椎体(T₁₀~L₃)各终板的凹陷程度均无显著影响。各终板正中矢状面凹陷程度差异无统计学意义;在各椎体内部,特定冠状面凹陷程度则呈现出上小下大的趋势,上终板凹陷角几乎均显著大于下终板凹陷角。



R:终板右缘;L:终板左缘;C_s:最凹陷点。

图 2 特定冠状面上标志点

3 讨论

在胸腰段椎体骨折、畸形、肿瘤和感染的治疗中通常须要进行椎体成形术。如今,常用的椎体替代物包括自体移植骨、异体移植骨、钛网和人工椎体。自体 and 异体移植骨均有其自身不足^[5-6]。钛网的使用可导致一些并发症的发生,其中最常见的是钛网上下边缘陷入椎体内并导致脊柱前柱支撑作用的减少或丧失、进行性加重的节段性后凸及骨不愈合。由于以上原因,目前许多研究者都在积极设计新型人工椎体以获得更好的临床效果及减少并发症的发生。

纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 复合生物活性人工椎体由于其良好的生物力学特性以及优良的生物相容性和生物安全性,目前已被广泛应用于临床,特别是在胸腰椎爆裂骨折治疗中已取得了较理想的近期结果^[7-8]。然而,目前使用的该类人工椎体上下端面均呈水平形,与椎体终板表面形态无法完全匹配,因此终板-人工椎体之间仅能达到有限的点接触,而不能实现真正意义上的面接触,这将势必影响终板-人工椎体界面的力学传导性能以及稳定性,并可能导致局部应力过大而产生塌陷,最终造成骨性融合的延迟或失败。而后者正是脊柱重建的

长期稳定性关键之所在。因此有必要对椎体终板的解剖学进行研究,以便对人工椎体端面形态进行改良,从而获得尽可能大的接触面积。

椎体终板为紧贴椎间盘的一致密薄层软骨下骨。其主要功能是防止椎间盘组织突入椎体,并起到均匀传导应力的作用。其厚度通常略小于 1 mm,但随着位置的不同该数值有较大变化,在中心区域最薄,外周区域最厚^[9]。同时,终板的表面并不平直,而是稍呈弓形,中心部分略微下陷。有两种方法可使人工椎体与终板之间获得较好的形态学匹配:(1)对人工椎体的上下端面形态进行改良,以使其能与终板表面形态相吻合;(2)通过部分去除椎体终板,使其表面变得平坦,从而接近人工椎体端面的水平形态。但是,去除终板可削弱椎体的抗压能力。Rockoff 等^[10]报道,椎体抗压能力的 45%~75%由终板提供;新近的一篇文献亦指出,完全去除终板后,椎体的抗压能力将下降大约 39%,而且,终板中央区域为其最薄弱部分,强度比后外侧区域低 38%左右,这从生物力学的角度说明了保留终板周边区域的重要性^[11]。因此,较理想的方法是在保留完整终板的情况下,对人工椎体端面形态进行调整。这就需要相关的终板形态学参数进行测量并在设计人工椎体时将其考虑在内。但是,很少有文献涉及对终板的直接形态学测量,特别是对终板凹陷性的研究^[12]。

从 40 岁开始,椎体的骨密度(bone mineral density, BMD)会逐渐降低,导致骨质疏松及随后可能发生的椎体变形。随着骨质疏松的发生,椎体骨强度下降,以至于不能承担日常活动所产生的压力,最终导致骨折或微骨折^[13]。有文献报道,随着 BMD 的降低,终板的凹陷性可逐渐增加^[14],这说明,在年长的人群,特别是女性人群中,凹陷角可能会逐渐变小。然而,亦有文献表明,在发生骨质疏松性椎体骨折时,仅仅椎体前缘高度会下降,而后缘高度不变^[13],照此趋势,凹陷角应随着骨质疏松的发展逐渐增大。在既往的一篇文献中,作者报道,随着年龄的增长,椎体上终板的凹陷程度可逐渐增大,年龄每增长 1 岁,上终板深度大约增加 0.01 mm^[10]。在本实验中,4 个亚组的 SCA 和 CCA 差异均无统计学意义,提示年龄和性别并未对终板凹陷程度产生显著性影响。但是,由于此次实验为回顾性地收集影像学资料,无法得知大于 40 岁的被检测者的骨质疏松情况。同时,虽然本实验未显示出年龄对终板凹陷程度的显著性影响,但是,作者发现,在部分大于 40 岁组的被检测者中,终板表面平滑度降低且不规则,在这类被检测者中,终板最凹陷点的定位十分困难,同时随意性亦较大。Gruber 等^[15]亦报道,与年轻沙鼠相比较,年老沙鼠的椎体终板凹凸不平,且终板边缘亦不规则。该现象原因尚不明了,但也许与年龄增大所致的椎间盘退变导致的椎体间应力传导方式改变有关。

本研究的结果可为人工椎体端面形态的改良提供初步数据,例如分别在矢状面和冠状面上将人工椎体上下端面设计成带有特定角度的弧形结构,以便获得良好的终板-人工椎体界面匹配以及较大的接触面积。同时,根据本研究的结果,在正中矢状面上,终板最凹陷处并不位于其正中,而是位于终板中央稍偏后的位置,最凹陷处至终板前缘与至终板后缘的距离比约为 1.3:1,此参数在设计 and 安放人工椎体时也应被考虑在内。

参考文献:

[1] Berry JL, Moran JM, Berg WS, et al. A morphometric

study of human lumbar and selected thoracic vertebrae [J]. *Spine*, 1987, 12(4): 362-367.

- [2] Panjabi MM, Goel V, Oxland T, et al. Human lumbar vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy [J]. *Spine*, 1992, 17(3): 299-306.
- [3] Gilad I, Nissan M. A study of vertebra and disc geometric relations of the human cervical and lumbar spine [J]. *Spine*, 1986, 11(2): 154-157.
- [4] Hall LT, Esses SI, Noble PC, et al. Morphology of the lumbar vertebral endplates [J]. *Spine*, 1998, 23(14): 1517-1523.
- [5] Robertson PA, Rawlinson HJ, Hadlow AT. Radiologic stability of titanium mesh cages for anterior spinal reconstruction following thoracolumbar corpectomy [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2004, 17(1): 44-52.
- [6] Tomford WW. Transmission of disease through transplantation of musculoskeletal allografts [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1995, 77(11): 1742-1754.
- [7] 蒋电明, 权正学, 欧云生, 等. n-HA/PA66 复合生物活性支撑材料在重建椎体结构中的初步临床应用 [J]. *重庆医学*, 2007, 36(11): 1010-1012.
- [8] 王群波, 蒋电明, 安洪, 等. 纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 复合人工椎体在胸腰椎骨折中的应用 [J]. *中华创伤杂志*, 2005, 21(9): 690-692.
- [9] Edwards WT, Zheng Y, Ferrara LA, et al. Structural features and thickness of the vertebral cortex in the thoracolumbar spine [J]. *Spine*, 2001, 26(2): 218-225.
- [10] Rockoff SD, Sweet E, Bleustein J. The relative contribution of trabecular and cortical bone to the strength of human lumbar vertebrae [J]. *Calcif Tissue Res*, 1969, 3(2): 163-175.
- [11] Lowe TG, Hashim S, Wilson LA, et al. A biomechanical study of regional endplate strength and cage morphology as it relates to structural interbody support [J]. *Spine*, 2004, 29(21): 2389-2394.
- [12] van der Houwen EB, Baron P, Veldhuizen AG, et al. Geometry of the intervertebral volume and vertebral endplates of the human spine [J]. *Ann Biomed Eng*, 2010, 38(1): 33-40.
- [13] Ferguson SJ, Steffen T. Biomechanics of the aging spine [J]. *Eur Spine J*, 2003, Suppl 2: S97-103.
- [14] Twomey LT, Taylor JR. Age changes in lumbar vertebrae and intervertebral discs [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 11(224): 97-104.
- [15] Gruber HE, Ashraf N, Kilburn J, et al. Vertebral endplate architecture and vascularization: application of micro-computerized tomography, a vascular tracer, and immunocytochemistry in analyses of disc degeneration in the aging sand rat [J]. *Spine*, 2005, 30(23): 2593-2600.

(收稿日期: 2010-05-01 修回日期: 2010-10-11)