

数字建模分析倒退旋转法在腰椎椎体单侧穿刺椎体后凸成形术的适用性

王雷宁, 赵刘军, 于亮, 顾勇杰, 徐荣明, 王力冉, 张吉辉, 肖武
(宁波市第六医院脊柱外科, 浙江 宁波 315000)

【摘要】 目的: 利用 Mimics 软件建立腰椎的 3D 模型, 使用模拟穿刺来观察倒退旋转法在腰椎椎体单侧穿刺椎体后凸成形术的适用性及进针参数。方法: 选取 24 例全腰椎螺旋 CT 扫描初次胸椎骨质疏松性骨折、腰椎无异常骨质破坏的影像学资料, 其中男女各 12 例, 应用 Mimics 软件对原始 DICOM 文件进行 3D 建模, 分离出各节段椎体, 直接导入 3-matic 软件后约束其椎体后壁进行标准化测量后以椎弓根中点作一垂直于中切面及椎体后壁的素描图, 在素描图上进行模拟穿刺, 记录穿刺针可活动范围的角度参数及距离参数, 记录穿刺针在最大外倾角时落在椎体中切线前、中、后区的穿越点, 并进行比较分析。结果: 所有数据在左右两侧差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 不同节段数据在两性差异有统计学意义 ($P<0.05$), 男女性 L_1-L_5 最大外倾角均逐渐增大, 男性从 $(33.41\pm 1.31)^\circ$ 到 $(56.53\pm 4.71)^\circ$, 女性从 $(28.58\pm 2.55)^\circ$ 到 $(53.86\pm 2.68)^\circ$, 所有穿越点未落在前区, 其中女性 26.67% 落在中区, 男性 3.33% 落在中区, A、B、C 分区在性别上差异有统计学意义 ($P<0.05$)。结论: 倒退旋转法理论上均能满足椎体压缩性骨折对穿刺点的要求, 其中男性及下腰椎更加适用倒退旋转法。最大外倾角的测定对倒退旋转法有指导性意义。

【关键词】 穿刺术; 椎体后凸成形术; 计算机, 模拟; 骨质疏松性骨折

中图分类号: R683

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.06.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Digital modeling and analysis of the applicability of backward rotation method in lumbar kyphoplasty with unilateral puncture WANG Lei-ning, ZHAO Liu-jun, YU Liang, GU Yong-jie, XU Rong-ming, WANG Li-ran, ZHANG Ji-hui, and XIAO Wu. Department of Spinal Surgery, No.6 Hospital of Ningbo, Ningbo 315000, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: The 3D model of lumbar spine was established by using Mimics software. To observe the applicability and needling parameters of lumbar vertebral kyphoplasty with unilateral puncture by backward rotation method using simulated puncture. **Methods:** Twenty-four patients (12 males and 12 females) with osteoporotic thoracic fracture in the first time and no signs of lumbar misalignment and bone destruction were scanned by spiral CT on the lumbar spine. The original DICOM file was modeled in 3D with Mimics software, and the vertebral bodies were separated. After being imported into 3-matic software, the posterior wall of the vertebral body was restrained for standardized measurement. A sketch perpendicular to the mid-section of the pedicle and the posterior wall of the vertebral body was drawn. The simulated puncture was performed on the sketch. The angle and distance parameters of the range of motion of the puncture needle were recorded, and the puncture needle was recorded at the top. The crossing points of the anterior, middle and posterior zones of the tangential line of the vertebral body were located at the high extraversion angle, and the results were compared and analyzed. **Results:** All the data in the left and right sides had no significantly differences ($P>0.05$). Data of different segments in different gender were significantly differences ($P<0.05$). The maximal extraversion angle in lumbar spine increased gradually from (33.41 ± 1.31) degree to (56.53 ± 4.71) degree in males, as same as in females from (28.58 ± 2.55) to (53.86 ± 2.68) degree. There was no crossing point in area A, 3.3% of males and 26.67% of females in area B, rest in area C. The distribution areas on gender showed statistically significance ($P<0.05$). **Conclusion:** Backward rotation method can theoretically meet the requirements of puncture point for vertebral compression fracture, especially for males and lower lumbar spine. The determination of the maximum inclination angle is of guiding significance to the backward rotation method.

KEYWORDS Punctures; Kyphoplasty; Computers, analog; Osteoporotic Fractures

经皮穿刺球囊扩张椎体后凸成形术(percuta-

neous kyphoplasty, PKP) 自本世纪初引入我国以来, 已经成为脊柱骨质疏松性椎体骨折患者手术治疗的主要方法, 再结合抗骨质疏松药物治疗, 为众多患者解除了痛苦、改善了生活质量^[1-2]。PKP 术中一个非

通讯作者: 赵刘军 E-mail: zhaoliujun555@sina.com

Corresponding author: ZHAO Liu-jun E-mail: zhaoliujun555@sina.com

常关键的步骤是穿刺,穿刺的位置好坏,直接决定了球囊的放置方位,进而影响骨水泥灌注在椎体内的分布。特别是单侧穿刺的 PKP 术,如果穿刺位置不佳,将导致骨水泥灌注后分布于椎体的一侧,影响手术疗效^[3-4]。由于单侧穿刺技术对于穿刺位置要求较高,为取得良好的穿刺位置,国内外学者尝试研究各种方法,试图提高穿刺的准确性^[5-7]。但由于前期准备工作较多、操作复杂,有一定局限性,不利于临床广泛使用。然而,在 PKP 临床实践过程中,常有首次穿刺位置不佳的病例,如果拔出穿刺针重新穿刺或者反复盲目调整穿刺针角度,费时费力,增加医患双方的射线暴露。因此,探索一种能够快速有效、易于掌握的调整方法具有重要的临床意义。通过反复的临床实践,笔者总结出一套倒退旋转法,能快速有效地调整穿刺针的方向及角度,收到了良好的临床效果。现将该方法介绍如下,并运用数字建模进一步验证其可行性,为临床运用提供一定理论参考依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料及数据获取

自 2016 年 1 月至 2016 年 12 月,24 例初次胸椎骨质疏松性骨折、腰椎无异常骨质破坏患者,行倒退旋转法穿刺进针。倒退旋转法主要包括 2 个步骤:倒退手法,改变穿刺针的进针点和进针方向;旋转手

法,可以有效扩大原穿刺针道,从而快速改变穿刺的部位和方向(图 1)。24 例中男 12 例,女 12 例;年龄 62~88 岁,平均 73.17 岁;平均骨密度 -3.22 g/cm^3 。行全腰椎螺旋 CT 扫描 (SIEMENS/SOMATOM Definition AS+ 64 排 128 层 CT 机,扫描层厚 0.75 mm,层距 0.50 mm,球管电压 120 kV,电流 280 mA,窗宽 1 500,窗位 350),最后将数据导出 DICOM 格式,刻入光盘。

1.2 模型重建

先将扫描获取的 24 例全腰椎 CT 原始数据导入 Mimics 17.0 软件中 (Materialise 比利时)。在读取 CT 的序列图像后,先通过阈值选取技术 (Threshold),以骨组织的正常阈值 (226~3 000 亨氏单位)来选定腰椎的骨性结构,然后获得原始蒙板。再经过 3D 蒙板处理,去除肋骨,分割多余的椎体及部分相连关节突关节,运用区域增长工具,分别获得 L₁-L₅ 椎体新蒙板,对蒙板进行必要切割和光滑处理后,通过三维重建计算获得重建模型(图 2)。

1.3 标准化定义

首先将 Mimics 软件中的 L₁₋₅ 椎体重建模型导入 3-matic Research 9.0 软件中 (Materialise 比利时)。选取一椎体,隐藏其他椎体,约束其椎体后壁进行标准化测量。利用分析 (Analyze) 工具,以椎体后

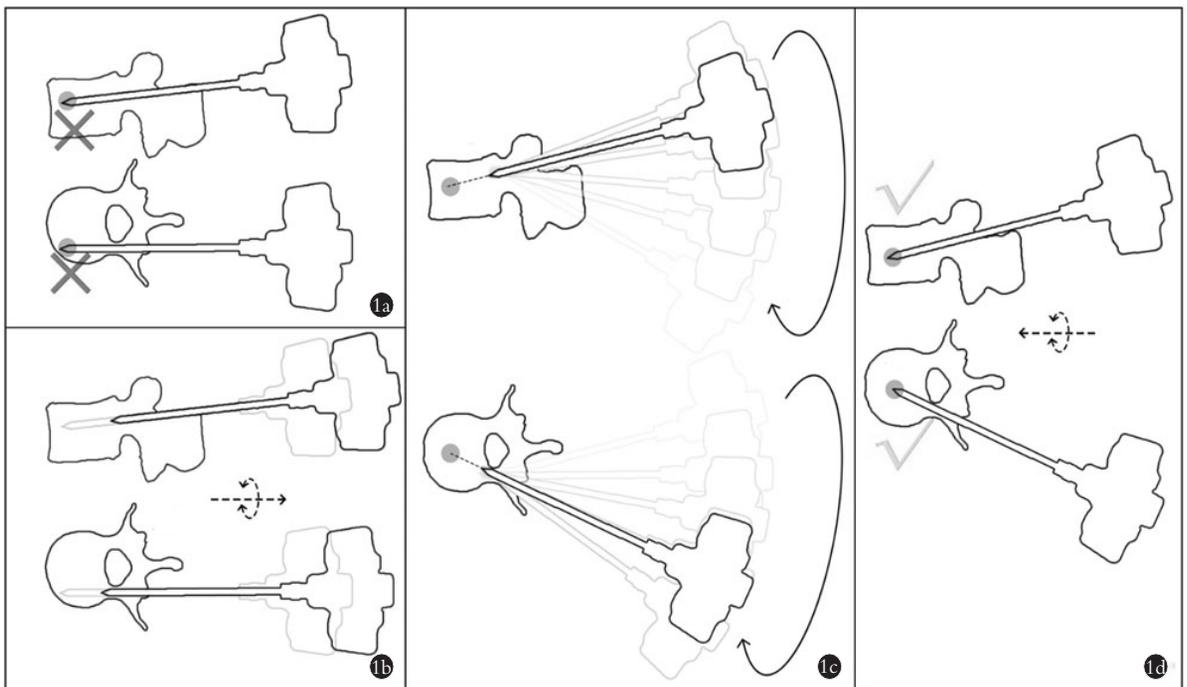


图 1 倒退旋转法演示 1a. 首次穿刺不良 1b. 穿刺针自转退出至椎弓根与椎体后壁交界处 1c. 穿刺针公转调整方向, 选择最佳进针点 1d. 垂直穿刺进入最佳位置

Fig.1 Demonstration of backward rotation method 1a. A kind of first puncture malposition 1b. The puncture needle is withdrawn to the junction between the pedicle and the posterior wall of the vertebral body via "self-rotation" 1c. The puncture needle is adjusted to the best puncture point via "revolution" 1d. The puncture needle vertically enters the best position

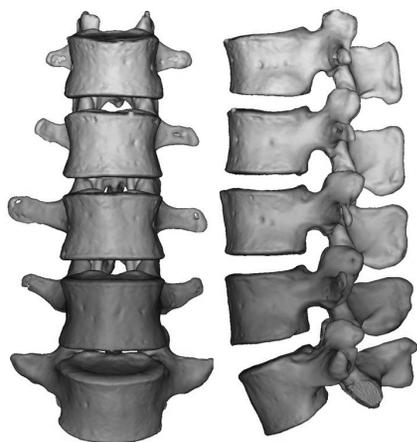


图 2 通过腰椎 CT 数据进行腰椎三维模型重建

Fig.2 A lumbar CT was selected to reconstruct the 3-d model of each vertebrae

壁为基准作为新定义的基准冠状面(standardized coronal plane,SCP),在此基础上在矢状位椎弓根前缘中点作一垂直于中切面及椎体后壁的横断面(图 3)。

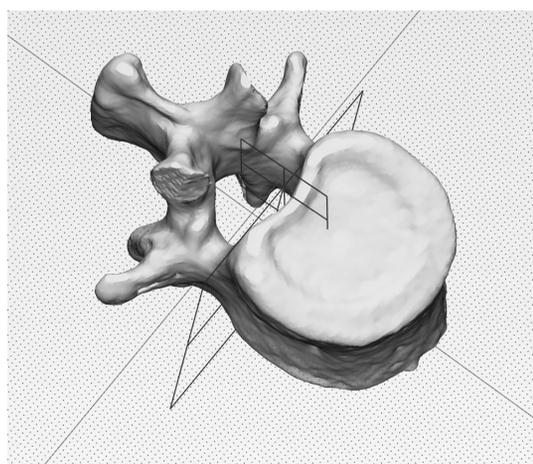


图 3 选取一节段腰椎,约束其椎体后壁进行标准化,重建标准平面,并确定经过椎弓根矢状位中点的横断面建立素描图(Sketch)

Fig.3 Constrained the posterior vertebral body walls as a standardized coronal planes, set new coordinate planes including the mid-sagittal plane

以此横断面为基准新建素描图(Sketch),导入椎体与此素描图的交界面(interscetion),形成一椎体横断面的素描图。根据何伟等^[8]的研究,椎弓根内外侧皮质骨厚度之和约 2.7 mm,受测者平均年龄 57 岁。又根据 Ward 等^[9]的皮质骨每 10 年丢失 14% 厚度,测得本年龄组内外侧皮质骨之和接近 2.0 mm,穿刺针直径 2.0 mm,以增粗穿刺针至 4.0 mm 代替皮质骨厚度。利用 autoCAD 2007 软件(Autodesk 美国)做一直径为 4.0 mm 的穿刺针并转化为 STL 格式,导入 3-matic Research 9.0,调整至素

面图(Sketch)平面。在素描图(Sketch)上进行模拟穿刺,每个椎体内模拟穿刺针模拟最大内倾角及最大外倾角 2 个,定义椎管及棘突骨质为不可穿透,进行微调,达到理想位置。将穿刺针的投影(Outline)至素描图(Sketch)上(图 4)。

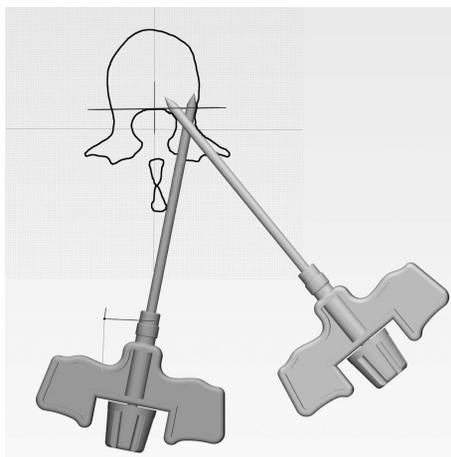


图 4 以经过椎弓根矢状位中点的横断面生成素描图(Sketch)并进行模拟穿刺

Fig.4 Sketches were created in perpendicular to the mid-sagittal plane and the standardized coronal plane through the sagittal middle pedicle point and simulate punctures on the sketches

1.4 标准化测量

分别在素描图(Sketch)中标记生成各点各线,其中包括 2 条穿刺针轴线,最大内倾角时穿刺针的内侧破骨点,最大外倾角时穿刺针的外侧破骨点,利用 3-matic 软件中的测量功能,其中利用线到面测量穿刺针最大内倾角(maximal introversion angle, MI-A),最大外倾角(maximal extraversion angle, MEA),两者相加得出活动角度范围(angular range of motion, ARoM)。利用点到面测量破骨近点距矢状中切面距离,即穿刺针在最大内倾角时穿刺针内侧壁距矢状中切面距离(distance from the medial point of bone destruction to mid-sagittal plane, DMMS);破骨远点距矢状中切面距离,即穿刺针在最大外倾角时穿刺针外侧壁距矢状中切面距离(distance from the lateral point of bone destruction to mid-sagittal plane, DLMS);破骨距离,即上述两者之差(distance from the medial point to lateral point of bone destruction, DML);椎管侧壁至矢状中切面距离(distance from spinal canal lateral wall to mid-sagittal plane, DSLM);向外破骨距离,即椎管侧壁至破骨远点距离(distance from spinal canal lateral wall to the lateral point of bone destruction, DSLL),如图 5。记录穿刺针在满足后 2 个约束条件时,穿刺针落在椎体

中切线前区,椎体中切线中区及椎体后区。

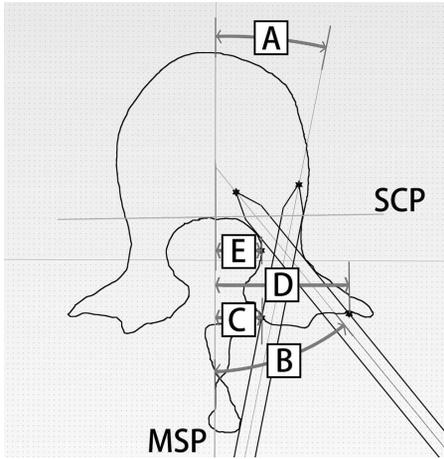


图 5 穿刺针投影至素描图(Sketch),并测量穿刺针角度参数及距离参数。A: MIA,最大内倾角;B: MEA,最大外倾角;C: DMMS,破骨近点距矢状中切面距离,即穿刺针在最大内倾角时穿刺针内侧壁距矢状中切面距离;D: DLMS,破骨远点距矢状中切面距离,即穿刺针在最大外倾角时穿刺针外侧壁距矢状中切面距离;E: DSLML,椎管侧壁至矢状中切面距离;SCP:基准冠状面;MSP:矢状中切面

Fig.5 The puncture needle was outlined onto the Sketch, the angular and linear parameters of puncture needle was measured. A: MIA, maximal introversion angle; B: MEA, maximal extraversion angle; C: DMMS, distance from the medial point of bone destruction to mid-sagittal plane; D: DLMS, distance from the lateral point of bone destruction to mid-sagittal plane; E: DSLML, distance from spinal canal lateral wall to mid-sagittal plane; SCP: standardized coronal planes; MSP: mid-sagittal plane

1.5 统计学处理

采用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析,定量资料以($\bar{x} \pm s$)表示。对男女的数据采用独立样本 *t* 检验,同个椎体双侧比较采用配对样本 *t* 检验,男女组间

数据符合方差齐性,组间比较采用独立样本 *t* 检验,反之,组内比较采用独立样本 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

对男性、女性所测得的双侧数据分别进行配对样本 *t* 检验, P 均 > 0.05 ,差异无统计学意义,予以双侧合并后进行统计学分析,两性分别每椎节共 24 组数据;对合并后的两性数据进行方差分析,发现 MEA、MIA、ARoM、DMMS、DLMS、DML、DSLML、DSL 比较时, P 均 < 0.05 ,两性差异有统计学意义,分别予以统计学描述(表 1)。对相同性别同一指标各节段间两两采用 LSD 法多重比较,相同性别的 DMM、DLM、DML、DSLML 在各相邻椎节间差异均无统计学意义($P > 0.05$),MEA、MIA、ARoM 及 DSL 在 L₁-L₄ 各相邻椎节间差异均无统计学意义($P > 0.05$),在 L₄、L₅ 椎节间 MEA、MIA、ARoM 及 DSL 的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

男性 L₁-L₅ 椎节 MEA 逐渐增大,从 $(33.41 \pm 1.31)^\circ$ 到 $(56.53 \pm 4.71)^\circ$,女性 L₁-L₅ 椎节 MEA 逐渐增大,从 $(28.58 \pm 2.55)^\circ$ 到 $(53.86 \pm 2.68)^\circ$ (表 1),各节段男性 DML 从 (14.44 ± 1.72) mm 到 (18.03 ± 3.29) mm,各节段女性 DML 从 (13.08 ± 0.71) mm 到 (20.92 ± 1.61) mm(表 2)。

男性、女性在 A、B、C 区的频数分布采用卡方检验(表 3),男性、女性仅在 B、C 两区分布,两性在 B、C 两区卡方检验的结果 $P < 0.05$,差异有统计学意义,所有穿越点未落在椎体中切线前区(A 区),其中女性 26.67%落在椎体中切线中区(B 区),男性 3.33%落在椎体中切线中区(B 区),穿越点在性别上差异有统计学意义($P < 0.05$),所有穿越点落在 B 区的均

表 1 腰椎穿刺针角度参数($\bar{x} \pm s, ^\circ$)
Tab.1 Angular parameters of puncture needle($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

节段	男性(n=24)			女性(n=24)		
	MEA	MIA	ARoM	MEA	MIA	ARoM
L ₁	33.41±1.31	12.56±0.94	45.97±1.41	28.58±2.55 ^{1a}	10.36±1.15 ^{1b}	38.93±2.78 ^{1c}
L ₂	36.63±3.97	11.46±2.69	48.10±5.48	33.88±1.55 ^{2a}	12.60±2.89 ^{2b}	46.49±2.20 ^{2c}
L ₃	40.15±2.71	14.03±2.53	54.19±4.49	36.40±1.95 ^{3a}	12.96±3.27 ^{3b}	49.37±3.68 ^{3c}
L ₄	43.97±2.66	17.25±1.79	61.22±4.16	41.51±3.60 ^{4a}	16.11±3.09 ^{4b}	57.62±5.54 ^{4c}
L ₅	56.53±4.71	33.17±2.98	89.70±6.98	53.86±2.68 ^{5a}	32.78±8.09 ^{5b}	86.64±9.52 ^{5c}

注: MIA,最大内倾角;MEA,最大外倾角;ARoM,活动角度范围;与男性同椎节同参数比较,^{1a} $t=8.297, P=0.000$;^{1b} $t=7.256, P=0.000$;^{1c} $t=11.060, P=0.000$;^{2a} $t=3.161, P=0.003$;^{2b} $t=1.415, P=0.164$;^{2c} $t=1.336, P=0.188$;^{3a} $t=5.503, P=0.000$;^{3b} $t=1.268, P=0.211$;^{3c} $t=4.067, P=0.000$;^{4a} $t=2.692, P=0.010$;^{4b} $t=1.564, P=0.125$;^{4c} $t=2.546, P=0.014$;^{5a} $t=2.418, P=0.020$;^{5b} $t=0.222, P=0.826$;^{5c} $t=1.270, P=0.211$

Note: MIA, maximal introversion angle; MEA, maximal extraversion angle; ARoM, angular range of motion; Compared with males in the same parameters, ^{1a} $t=8.297, P=0.000$;^{1b} $t=7.256, P=0.000$;^{1c} $t=11.060, P=0.000$;^{2a} $t=3.161, P=0.003$;^{2b} $t=1.415, P=0.164$;^{2c} $t=1.336, P=0.188$;^{3a} $t=5.503, P=0.000$;^{3b} $t=1.268, P=0.211$;^{3c} $t=4.067, P=0.000$;^{4a} $t=2.692, P=0.010$;^{4b} $t=1.564, P=0.125$;^{4c} $t=2.546, P=0.014$;^{5a} $t=2.418, P=0.020$;^{5b} $t=0.222, P=0.826$;^{5c} $t=1.270, P=0.211$

表 2 腰椎穿刺针距离参数 ($\bar{x}\pm s$, mm)
Tab.2 Linear parameters of puncture needle ($\bar{x}\pm s$, mm)

节段	男性(n=24)					女性(n=24)				
	DMMS	DLMS	DSLM	DSLl	DML	DMMS	DLMS	DSLM	DSLl	DML
L ₁	10.31±0.78	24.75±1.08	10.55±0.66	14.19±1.03	14.44±1.72	8.68±1.00 ^{1a}	21.77±0.64 ^{1b}	9.58±0.41 ^{1c}	12.18±0.64 ^{1d}	13.08±0.71 ^{1e}
L ₂	11.01±1.00	25.94±2.16	10.43±0.75	15.51±2.31	14.93±2.35	9.24±1.54 ^{2a}	24.20±1.18 ^{2b}	9.70±0.67 ^{2c}	14.50±1.55 ^{2d}	14.95±1.54 ^{2e}
L ₃	12.25±1.13	28.52±0.48	10.65±0.65	17.87±0.71	16.27±1.37	9.94±1.26 ^{3a}	26.09±1.20 ^{3b}	10.23±0.51 ^{3c}	15.85±1.37 ^{3d}	16.14±1.65 ^{3e}
L ₄	13.61±1.10	28.59±2.87	10.59±0.77	17.26±2.45	14.97±3.60	10.21±1.94 ^{4a}	26.98±1.58 ^{4b}	10.96±0.47 ^{4c}	16.02±1.48 ^{4d}	16.77±1.48 ^{4e}
L ₅	21.14±5.09	39.18±2.58	14.53±1.43	24.64±2.43*	18.03±3.29	16.43±2.36 ^{5a}	37.35±2.18 ^{5b}	14.25±0.95 ^{5c}	23.10±1.82 ^{5d}	20.92±1.61 ^{5e}

注:DMMS,破骨近点距矢状中切面距离,即穿刺针在最大内倾角时穿刺针内侧壁距矢状中切面距离;DLMS,破骨远点距矢状中切面距离,即穿刺针在最大外倾角时穿刺针外侧壁距矢状中切面距离;DSLM,椎管侧壁至矢状中切面距离;DSLl,向外破骨距离,即椎管侧壁至破骨远点距离;DML,破骨距离,即破骨近点与破骨远点之差;与男性同椎节同参数比较,^{1a}t=6.296,P=0.000;^{1b}t=11.630,P=0.000;^{1c}t=6.116,P=0.000;^{1d}t=8.120,P=0.000;^{1e}t=3.581,P=0.003;^{2a}t=4.722,P=0.000;^{2b}t=3.463,P=0.001;^{2c}t=3.556,P=0.001;^{2d}t=1.779,P=0.082;^{2e}t=0.035,P=0.972;^{3a}t=6.686,P=0.000;^{3b}t=9.211,P=0.000;^{3c}t=2.490,P=0.016;^{3d}t=6.413,P=0.000;^{3e}t=0.297,P=0.946;^{4a}t=7.469,P=0.000;^{4b}t=2.407,P=0.020;^{4c}t=2.009,P=0.050;^{4d}t=2.122,P=0.039;^{4e}t=2.266,P=0.082;^{5a}t=4.113,P=0.000;^{5b}t=2.654,P=0.011;^{5c}t=0.799,P=0.428;^{5d}t=2.485,P=0.017;^{5e}t=3.865,P=0.002

Note:DMMS,distance from the medial point of bone destruction to mid-sagittal plane;DLMS,distance from the lateral point of bone destruction to mid-sagittal plane;DSLM,distance from spinal canal lateral wall to mid-sagittal plane;DSLl,distance from spinal canal lateral wall to the lateral point of bone destruction;DML,distance from the medial point to lateral point of bone destruction;Compared with males in the same parameters,^{1a}t=6.296,P=0.000;^{1b}t=11.630,P=0.000;^{1c}t=6.116,P=0.000;^{1d}t=8.120,P=0.000;^{1e}t=3.581,P=0.003;^{2a}t=4.722,P=0.000;^{2b}t=3.463,P=0.001;^{2c}t=3.556,P=0.001;^{2d}t=1.779,P=0.082;^{2e}t=0.035,P=0.972;^{3a}t=6.686,P=0.000;^{3b}t=9.211,P=0.000;^{3c}t=2.490,P=0.016;^{3d}t=6.413,P=0.000;^{3e}t=0.297,P=0.946;^{4a}t=7.469,P=0.000;^{4b}t=2.407,P=0.020;^{4c}t=2.009,P=0.050;^{4d}t=2.122,P=0.039;^{4e}t=2.266,P=0.082;^{5a}t=4.113,P=0.000;^{5b}t=2.654,P=0.011;^{5c}t=0.799,P=0.428;^{5d}t=2.485,P=0.017;^{5e}t=3.865,P=0.002

来自上位腰椎(L₁、L₂),L₃₋₅ 节段均落在椎体中切线后区(C区)。

表 3 穿刺针到达椎体中切面区域分布(例)

Tab.3 Distribution of the puncture needle crossing point to mid-sagittal plane(case)

计数	穿刺针到达区域			合计
	前区(area A)	中区(area B)	后区*(area C)	
性别 男	0	4	116	120
女	0	32	88	120
合计	0	36	204	240

注:*与中区相比, $\chi^2=23.82,P=0.000$

Note:compared with area B, $\chi^2=23.82,P=0.000$

3 讨论

3.1 数字建模分析方法的可行性

随着计算机技术的发展,数字化技术已广泛运用医学研究领域。近年来,有限元分析已逐渐成为研究人体相关解剖及生物力学的重要工具^[10-13]。有限元建模方法是通过 CT 等数据导入计算机软件建立有限元的几何模型,能够较逼真地模拟人体的形态并进行相关的研究。将其用于“数字腰椎”解剖学研究及虚拟腰椎手术,可以在术前制定出直观、针对性的手术方案,并仿真模拟手术过程,以提高手术成功率,降低手术并发症^[10]。陈路遥等^[12]运用数字三维重

建技术建立胸腰椎模型,通过术前精确测量获得胸腰椎椎弓根螺钉的最佳进钉点及进钉角度,结果显示其置钉准确性明显高于徒手置钉组(99% vs. 85%)。陆建华等^[13]应用 CT 和数字骨科技术,术前通过三维重建并虚拟腰椎双皮质椎弓根螺钉置入,定位并测量置钉相关数据,从而提高螺钉固定的安全性和精确性。本研究通过建立数字模型,进行模拟椎体成形手术,获得在椎体成形术中穿刺的进针点范围及最大内、外角度,避免在运用倒退旋转法调整穿刺角度时过大或过小,导致位置不良,为倒退旋转法提供理论参考依据。

3.2 研究结果的临床意义

从本研究结果可以得出,最大内倾与外倾角对应的穿刺进针投影点之间的范围均可作为穿刺进针点,其中男性 L₁-L₅ 的 DML 从(14.44±1.72) mm 逐渐增大到(18.03±3.29) mm,而女性 L₁-L₅ 的 DML 从(13.08±0.71) mm 到(20.92±1.61) mm,说明不论男性还是女性其 L₁-L₅ 的穿刺进针点范围都是逐渐增大,越靠近下腰椎其穿刺进针点选择范围也越大。而最大外倾角在穿刺操作时更具有临床指导意义,可以避免因角度过大,穿刺针进入椎管内,导致脊髓或神经的损伤;其含义是指穿刺针能够达到的最大角度,即穿刺针前交点紧贴椎弓根前内侧壁,穿刺针后交点紧贴椎弓根或横突后外侧壁。当达到最大外倾角时,内外侧壁的骨质会阻挡外倾,而椎板后壁的骨

质相较于椎弓根侧壁更为疏松。在使用倒退旋转法外倾穿刺针时,随着穿刺针的活动,进针点被破坏,形成一椭圆形开放骨质破损,只要穿刺针进入椎弓根,穿刺点的不同对倒退旋转法的使用并无影响。本研究显示,男性 L₁-L₅ 的 MEA 逐渐增大,从(33.41±1.31)°到(56.53±4.71)°,女性 L₁-L₅ 的 MEA 也逐渐增大,从(28.58±2.55)°到(53.86±2.68)°,说明不论男性还是女性其 L₁-L₅ 的外倾可调整角度范围均逐渐增大。理论上,在运用倒退旋转法时,一般只要不超过最大外倾角可避免穿刺针进入椎管内。当然,最大外倾角只是给临床上提供一个参考,并非使用倒退旋转法的病例均需要将穿刺针外倾至最大外倾角。倒退旋转法的意义是在首次穿刺不良的情况下,在穿刺点不变的情况下将穿刺针调整至最佳穿刺角度的一种方法,而不是再次进行二次穿刺。最大外倾角的测定是为了防止外倾时破坏内外侧壁,术者能有一个参考值判断倒退旋转法时,穿刺针是否穿破侧壁。虽然,最大外倾角可以提供一定的理论参考价值,但术中亦不能盲目地完全据此来判断,仍需结合 C 形臂 X 线机透视定位的实际情况来看综合判断。

3.3 倒退旋转法的适应证及注意事项

倒退旋转法适用于所有行 PVP 或 PKP 手术穿刺不良的患者。同时,对于 PKP 或 PVP 结合内固定治疗骨质疏松性骨折的患者也可运用^[14]。对于双侧穿刺的患者,只要穿刺位置未达到理想位置的,也可以采用倒退旋转法调整穿刺的进针点及进针方向。但对于椎体后缘破裂的骨质疏松骨折患者需慎重使用,有骨质硬化的患者运用倒退旋转法时可能会遇到困难,必要时需加用对侧穿刺,以免影响术后疗效。

采用倒退旋转法时的关键点是倒退的尺度。为保证穿刺的安全性,笔者建议穿刺针尖倒退到椎体后缘线前方较为合适,这样可以避免穿刺针在调整过程中进入椎管伤及椎管内重要组织结构,倒退旋转时不突破椎弓根的内侧壁和下侧壁是该方法的关键所在。

由于行 PKP 手术的患者多数存在骨质疏松,倒退旋转法调节穿刺针道非常容易。在公转变身时要根据穿刺需要的位置做相应调整:比如穿刺针太靠近穿刺侧,估计单侧穿刺灌注水泥后对侧灌注不足时,需要加大穿刺针内倾的角度,旋转时就要适当向有利于改变穿刺的方向旋转,此时可以体会到穿刺针在椎弓根松质骨中扩大的“沙沙”感,一边旋转一边前进,始终保持穿刺针在椎弓根内前进,当前进 1~2 cm 时,再次 C 形臂 X 线机透视,会发现穿刺针已进入了理想的穿刺位置。当穿刺针靠近下终板而骨折位于上终板位置时:同上退出后在椎弓根内

旋转,以扩大椎弓根利于改变穿刺方向,注意将穿刺针向上终板方向前进,直到 C 形臂 X 线机透视发现穿刺针头位于满意位置。对于穿刺外倾角过大的患者,往往会发现正位片穿刺针尖已到达了椎弓根的内侧壁,而侧位片上穿刺针尖尚未到达椎体的后缘线,此时应该适当倒退旋转,减小穿刺针外倾角,使穿刺针先安全穿过椎弓根到达椎体内。然后再次使用倒退旋转手法,主要通过进针点的改变获得理想的穿刺位置。如果单侧穿刺经调整针道后,依然未能获得理想的穿刺位置,则可能需要加用对侧穿刺。此外,还要注意获得满意穿刺位置只是 PKP 手术成功的关键步骤之一,球囊扩张和骨水泥灌注过程同样是决定手术疗效的关键步骤,临床操作过程中亦不能忽视。

倒退旋转法是一种临床总结出来的实用方法,在数字建模模拟单侧穿刺 PKP 治疗腰椎椎体骨质疏松性压缩骨折患者中,对于首次穿刺位置不良者,使用倒退旋转法理论上均能过椎体中切线并落在椎体中区及椎体后区,基本能满足椎体压缩性骨折对穿刺点的要求,其中男性比女性更加适用倒退旋转法,其活动角度范围更大,全腰椎均适用倒退旋转法,下腰椎相对更加安全。但由于髂嵴的阻挡会减少穿刺针的活动范围,本研究仅考虑安全适用性,减少活动范围的障碍并不是其适用性的限制因素。最大外倾角的测定对倒退旋转法有指导性意义。

参考文献

- [1] Yan L, Jiang R, He B, et al. A comparison between unilateral transverse process-pedicle and bilateral puncture techniques in percutaneous kyphoplasty[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39: B19-26.
- [2] Huang Z, Wan S, Ning L, et al. Is unilateral kyphoplasty as effective and safe as bilateral kyphoplasties for osteoporotic vertebral compression fractures? A meta-analysis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2014, 472(9): 2833-2842.
- [3] 赵永生, 李强, 厉强, 等. 骨水泥弥散类型对治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的影响[J]. 中国骨伤, 2017, 30(5): 446-452. ZHAO YS, LI Q, LI Q, et al. Effect of different bone cement dispersion types in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(5): 446-452. Chinese with abstract in English.
- [4] 廖旭昱, 周雷杰, 马维虎, 等. 经皮椎体后凸成形术中单侧经椎弓根穿刺角度与骨水泥分布情况的关系[J]. 临床骨科杂志, 2012, 15: 241-244. LIAO XY, ZHOU LJ, MA WH, et al. Percutaneous kyphoplasty: observations between unipedicular puncturing angle and bone cement distribution[J]. Lin Chuang Gu Ke Za Zhi, 2012, 15: 241-244. Chinese with abstract in English.
- [5] 孙志峰, 曹晓建. 单侧穿刺经皮椎体成形术的影像学研究及临床应用[J]. 中国骨伤, 2016, 29(12): 1135-1139. SUN ZF, CAO XJ. Imaging study and applied research of the puncture angle in unilateral percutaneous vertebroplasty[J]. Zhongguo Gu

- Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(12):1135-1139. Chinese with abstract in English.
- [6] Wang S, Wang Q, Kang J, et al. An imaging anatomical study on percutaneous kyphoplasty for lumbar via a unilateral transverse process-pedicle approach [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39: 701-706.
- [7] Ge Z, Ma R, Chen Z, et al. Uniextrapedicular kyphoplasty for the treatment of thoracic osteoporotic vertebral fractures [J]. Orthopedics, 2013, 36: 1020-1024.
- [8] 何伟, 钱宇, 杨万雷, 等. 胸腰段窄小椎弓根的应用解剖学研究 [J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(1): 36-43.
HE W, QIAN Y, YANG WL, et al. Applied anatomic study of narrow pedicle in thoracolumbar spine of adults [J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2017, 37(1): 36-43. Chinese.
- [9] Ward KA, Adams JE, Hangartner TN. Recommendations for thresholds for cortical bone geometry and density measurement by peripheral quantitative computed tomography [J]. Calcif Tissue Int, 2005, 77(5): 275-280.
- [10] 杨波, 方世兵, 唐雷, 等. 数字化虚拟腰椎的三维重建及可视化研究 [J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(1): 71-75.
YANG B, FANG SB, TANG L, et al. Research on three-dimensional reconstruction and visualization of digitized virtual lumbar [J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2013, 33(1): 71-75. Chinese.
- [11] 范宁, 藏磊, 海涌, 等. 脊柱侧凸有限元建模方法的应用进展 [J]. 中国骨伤, 2018, 31(4): 391-394.
FAN N, ZANG L, HAI Y, et al. Progression on finite element modeling method in scoliosis [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(4): 391-394. Chinese with abstract in English.
- [12] 陈路遥, 胡世镛, 王小平, 等. 骨科数字三维重建技术辅助胸腰椎椎弓根螺钉置钉的准确性 [J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(3): 373-377.
CHEN LY, HU SQ, WANG XP, et al. Accuracy of digital orthopedic three-dimensional reconstruction for thoracolumbar pedicle screw placement [J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2017, 21(3): 373-377. Chinese.
- [13] 陆建华, 王志刚, 黄莉, 等. 应用数字骨科技术获取腰椎双皮质椎弓根螺钉的置入参数 [J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(52): 9732-9736.
LU JH, WANG ZG, HUANG L, et al. Parameters of bi-cortical pedicle screws implantation in the lumbar vertebrae with digital orthopedic technology [J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2012, 16(52): 9732-9736. Chinese.
- [14] 何登伟, 盛孝永, 朱焯, 等. 经皮椎体后凸成形术与联合内固定治疗老年胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折 [J]. 中华骨科杂志, 2013, 33: 1183-1189.
HE DW, SHENG XY, ZHU Y, et al. A comparative study of percutaneous kyphoplasty alone and percutaneous pedicle instrumentation combined with percutaneous kyphoplasty for osteoporotic type-A3 thoracolumbar fractures in elderly patients [J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2013, 33: 1183-1189. Chinese.

(收稿日期: 2018-11-27 本文编辑: 连智华)