

改良 LC-Ⅱ 螺钉固定钉道的数字化分析与验证

邓京骐 李涛 朱振华 李嘉成 陈社强 莫嘉俊 廖奕岚 刘沛一 樊仕才

【摘要】 目的 通过数字医学软件,构建改良 LC-Ⅱ 螺钉最优钉道并行分析及测量,以期提高置钉的安全性及准确性。方法 收集2021年1月至2022年12月期间南方医科大学第三附属医院的40例成人正常骨盆CT数据,男、女各20例,年龄为20~65岁,平均(48.72±14.95)岁。运用 Mimics 19.0 软件三维重建骨盆模型确定最优钉道测量其直径和长度,并导入 3-Matic 13.0 软件测量改良 LC-Ⅱ 螺钉中轴线与皮肤交点距离髂前上棘的垂直距离 Dv1、水平距离 Dh1;测量改良 LC-Ⅱ 螺钉中轴线与冠状面、矢状面、水平面的夹角 $\angle\alpha$ 、 $\angle\beta$ 、 $\angle\gamma$ 及在骨盆正位、入口位状态下改良 LC-Ⅱ 螺钉中轴线与骨盆正中线的夹角 $\angle\text{LPM}$ 、 $\angle\text{LPM}'$, 比较不同性别、不同侧别之间的差异。结果 40 例骨盆中,双侧置钉区域均可规划出全程改良 LC-Ⅱ 螺钉钉道。通过观察数字化骨盆三维模型,改良 LC-Ⅱ 螺钉骨性进钉点均位于髌白顶上缘,髌前下棘偏外后侧。改良 LC-Ⅱ 的最大通道直径男、女性分别为(12.33±1.04)mm, (10.33±0.90)mm;通道最大长度男、女性分别为(95.37±6.60)mm, (92.51±5.59)mm。改良 LC-Ⅱ 螺钉与正中矢状面夹角 $\angle\beta$, 男、女分别为(33.04±4.04)°, (35.18±2.84)°($P<0.05$);螺钉轴线与骨盆水平面夹角 $\angle\gamma$, 男、女分别为(35.97±4.70)°, (39.83±6.16)°($P<0.05$);在骨盆入口位状态下,螺钉轴线与骨盆正中线夹角 $\angle\text{LPM}'$, 男、女分别为(35.09±2.85)°, (33.35±3.14)°($P<0.05$)。结论 数字医学是研究改良 LC-Ⅱ 螺钉骨通道解剖结构的理想工具,运用数字医学软件测量,改良 LC-Ⅱ 通道是存在且安全的。我们的数字化测量为改良 LC-Ⅱ 螺钉的临床应用提供了理论依据。

【关键词】 骨盆骨折; 骨折固定术; 数字医学; 解剖学

Digital analysis and optimization of the modified LC-Ⅱ screw fixation path Deng Jingqi, Li Tao, Zhu Zhenhua, Li Jiacheng, Chen Sheqiang, Mo Jiajun, Liao Yilan, Liu Peiyi, Fan Shicai. Department of Traumatic Surgery, Center for Orthopaedic Surgery, the Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510630, China

Corresponding author: Fan Shicai, Email: 553924952@qq.com

【Abstract】 Objective Using digital medical software, the modified LC-Ⅱ screw optimal path has been designed for parallel analysis and measurement to improve the safety and accuracy of nail placement. **Methods** We collected CT data from 40 adult normal pelvic patients from the Third Affiliated Hospital of Southern Medical University between January 2021 and December 2022. They were 20 men and 20 women, aged 20 to 65 years old (mean 45.6 years). First, the Mimics19.0 software was used to reconstruct the pelvic model to determine the optimal nail path and measure its diameter and length, then the 3-Matic13.0 software was used to measure the vertical distance Dv1 and the horizontal distance Dh1 of the central axis of the modified LC-Ⅱ screw between the anterior iliac skin junction and the anterior superior iliac spine, the included angles between the central axis of the modified LC-Ⅱ screw and the coronal, sagittal and horizontal planes, $\angle\alpha$ 、 $\angle\beta$ 、 $\angle\gamma$, and the angles of $\angle\text{LPM}$ and $\angle\text{LPM}'$ between the central axis of the modified LC-Ⅱ screw and the midline of the pelvis under the condition of the pelvis in the upright position and the entry position were measured and compared between sexes and sides. **Results** In 40 pelvic cases, the entire modified LC-Ⅱ screw path could be planned in both lateral screw placement areas. Based on the three-dimensional digital pelvic model, the bony entry points of the modified LC-Ⅱ screws were located at the superior bor-

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2023.03.001

基金项目:国家自然科学基金(82072411);国家骨科与运动康复临床医学研究中心创新基金(2021-NCRC-CXJJ-PY-06);国家重点研发计划(2022YFC2504303)

作者单位:510630 广州,南方医科大学第三附属医院骨科医学中心创伤骨科

通信作者:樊仕才,Email:553924952@qq.com

der of the acetabulum and at the outer and posterior sides of the anterior inferior iliac spine. The maximum channel diameter of the modified LC- II was (12.33 ± 1.04) mm for male and (10.33 ± 0.9) mm for female. The maximum channel length was (95.37 ± 6.6) mm for male and (92.51 ± 5.59) mm for female. The angle of $\angle\beta$ between the modified LC- II screw and the median sagittal plane was $(33.04 \pm 4.04)^\circ$ for male and $(35.18 \pm 2.84)^\circ$ for female ($P < 0.05$). The angle between the axis of the screw and the horizontal plane of the pelvis is $\angle\gamma$, which is $(35.97 \pm 4.70)^\circ$ for males and (39.83 ± 6.16) for females ($P < 0.05$), the angle of $\angle\text{LPM}'$ between the axis of the screw and the median line of the pelvis is $(35.09 \pm 2.85)^\circ$ for males and (33.35 ± 3.14) for females ($P < 0.05$). **Conclusions** Digital medicine is an ideal tool to study the anatomy of the modified LC- II screw bone channels. As measured by digital medical software, the modified LC- II channels exist and are safe. Our digital measurement provides a theoretical basis for the clinical application of the modified LC- II screws.

【Key words】 Pelvic fracture; Fracture fixation; Digital medicine; Natomy

经济社会的快速发展和公共卫生系统的进步,与之伴随的是我国正加速迈进老龄化社会,我国的第7次人口普查数据表示,我国60岁以上人口占18.70%,相较于2010年的第6次人口普查数据上升了5.44%。有相关文献预测我国60岁以上人口在2030年将达到25%左右^[1],同时老年骨质疏松性骨折的发生率也正在逐年增加^[2]。

老年骨质疏松性骨折是以低能量损伤为主的骨折,其特点是韧带未损伤而骨性结构破坏^[2]。Rommens和Hofmann^[3]基于245例低能量高龄骨质疏松特点总结归纳出骨质疏松性骨折(fragility fractures of the pelvis, FFPs)分型。此分型以骨折的稳定性为依据将骨质疏松性骨折分为四型。其中FFP III型约占所有病例的11%,指的是骨盆前环骨折合并单侧移位的骨盆后环骨折,再根据后环骨折线的位置进一步分为3个亚型。FFP III a型指的是单侧完全髌骨骨折合并前环损伤,髌骨骨折线始于髌骨内缘,向后外侧走行通过髌骨翼到达髌嵴的不同水平。在形态上FFP III a型是更严重的侧方挤压损伤(Tile: B2型或者Young Burgess分型的LC- II型)^[4-5],同时软组织的破坏更严重^[6]。FFP III b型是指后环损伤累及髌髌关节同时合并前环损伤。FFP III c型是指髌骨单侧完全骨折合并骨盆前环骨折。

针对FFP III a和III b骨折,为了尽早使患者恢复活动功能,采用微创方式进行复位、固定是可行且有效的方法^[6]。2002年Starr等^[7]首次介绍了经皮沿髌前下棘向髌后上棘骨性通道置钉,固定髌骨翼骨折的LC- II螺钉的内固定方法。20年来,在成人髌骨骨折治疗中其得到较为广泛的应用。但由于老年人骨质疏松,采用LC- II螺钉固定内固定松动、失效等风险较高,且置钉通道弧度大容易出现in-out-in的现象。然而老年人髌髌关节具有骨质硬化的特点^[8-9],可

为螺钉提高更好的把持力。参考S2AI螺钉的通道特点(三层皮质固定)^[10],我们通过调整传统LC- II螺钉的置钉通道,跨越髌髌关节,实现3层皮质固定,首次提出了改良LC- II螺钉的置钉方法,增加了固定的稳定性,从而利于患者的早期活动。本研究采用数字化手段,测量与分析改良LC- II螺钉置入通道,报告如下。

资料与方法

一、一般资料

选取40名健康成年志愿者,男女各20名;年龄为20~65岁,平均 (48.72 ± 14.95) 岁。研究对象排除标准:①有骨性畸形者,②有金属植入物的患者,③肿瘤、结核患者,④其他原因不能耐受CT检查者。

本研究已获得南方医科大学第三附属医院伦理委员会批准(南医三院伦理审核201704006),所有志愿者均知情同意。

二、改良LC- II螺钉固定钉道的数字化分析

(一)数据采集

腹盆部行64排CT(德国,西门子)薄层(1 mm)扫描。以DICOM格式文件储存并刻录到CD-ROM保存。

(二)利用Mimics软件测量参数

1.骨盆三维模型的建立:将患者骨盆CT数据以DICOM格式导入Mimics Research 19.0软件(Materialise公司,比利时,由南方医科大学第三附属医院创伤骨科提供),重建骨盆三维模型(图1~3),以STL文件格式储存。

2.构建改良LC- II理想通道及通道参数的测量:将骨盆模型透明化,透明度(40%~70%)。分别在左、右侧髌骨、髌骨骨质内建立虚拟改良LC- II通道

圆柱体(髌臼上缘水平,在髌前下棘(AⅡS)外约2 cm,圆柱体通过髌翼骨通道,穿过骶髌关节进入骶翼)作为改良LC-Ⅱ螺钉替代物。反复确认虚拟圆柱体在髌骨、骶骨骨质区域内。将置入的虚拟圆柱体的直径以0.1 mm为单位逐次递增,反复观察虚拟改良LC-Ⅱ通道圆柱体在骨质中位置,并多次调整圆柱体在髌骨骨质内的置入角度和置入部位及圆柱体远端与骶髌关节的位置关系,直至虚拟圆柱体边缘与髌骨内外侧皮质相切,而远端未进入骶孔内。最后观察透明化的骨盆三维模型,并行放大、旋转处理,于骨盆入口位、闭孔斜位、髌骨斜位平面及以虚拟改良LC-Ⅱ通道圆柱体重建坐标系后在冠状面、横截面和矢状面的连续CT图像上反复确认虚

拟改良LC-Ⅱ通道圆柱体边缘未穿透骨质(图4~9),在圆柱体穿透骨皮质之前测得的直径即为此模型所能通过的改良LC-Ⅱ螺钉实际最大可用直径;该圆柱体与髌骨外侧皮质的交到骶髌关节后缘的长度即为改良LC-Ⅱ的最大可用长度(图10)。

(三)利用3-Matic软件测量改良LC-Ⅱ螺钉进钉参数

将Mimics 19.0重建后模型导入3-Matic 13.0,以双侧耻骨结节点、双侧髌前上棘点为基础构建平面,即体表冠状面;90°旋转冠状面,分别得到身体矢状面及身体水平面(图11)。由3名研究者对螺钉参数指标独立测量3次,对测量结果取平均值。(1)测量虚拟改良LC-Ⅱ通道圆柱体中轴线和身体冠状面

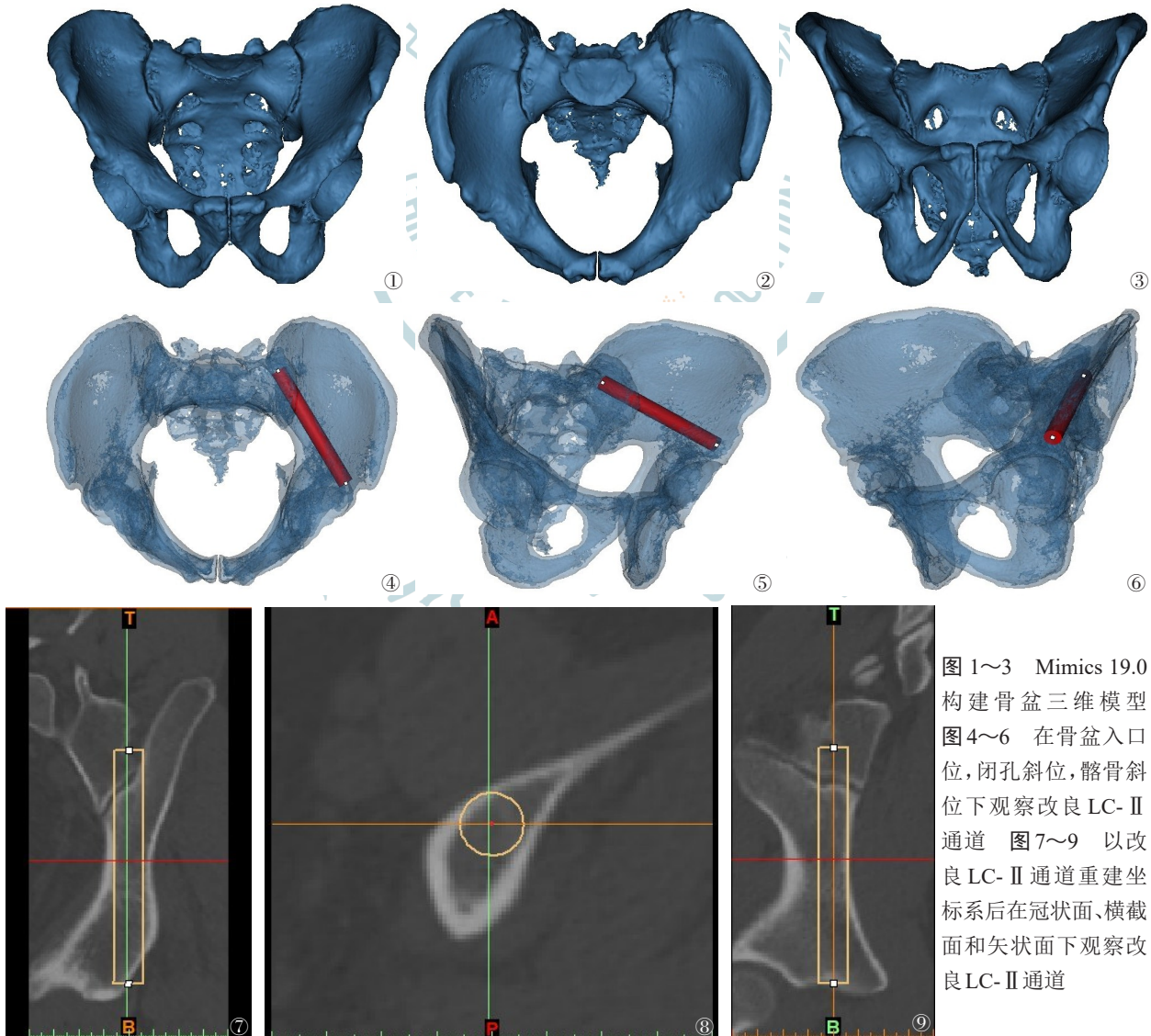


图1~3 Mimics 19.0构建骨盆三维模型 图4~6 在骨盆入口位,闭孔斜位,髌骨斜位下观察改良LC-Ⅱ通道 图7~9 以改良LC-Ⅱ通道重建坐标系后在冠状面、横截面和矢状面下观察改良LC-Ⅱ通道

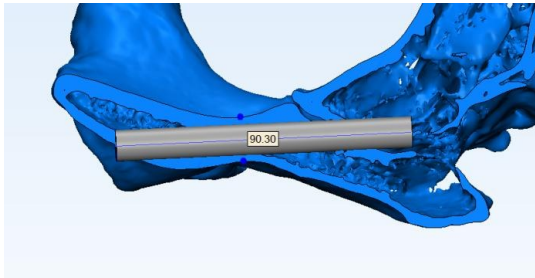


图10 改良LC-II最大可用长度的测量

的夹角 $\alpha(\angle\alpha)$,与矢状面的夹角 $\beta(\angle\beta)$,与水平面的夹角 $\gamma(\angle\gamma)$,分别代表置入改良LC-II螺钉与冠状面、矢状面及水平面所成的夹角(图12~14);(2)确定髂骨外板虚拟圆柱体入钉点中心(A),以虚拟圆柱体中心A点为测量起始点,分别测量A点到髂前下棘(I)、髂前上棘(S)、髋臼顶(C)、坐骨大切迹(N)距离(图15);(3)创建虚拟改良LC-II通道圆柱体中轴线和体表冠状面的交点,标记为Psn,表示改良LC-II螺钉的皮肤进针点。测量Psn至髂前上棘水平面的距离,标记为Dv1,代表改良LC-II螺钉皮肤进针点与髂前上棘的垂直距离;测量Psn至髂前上棘矢状面的距离,标记为Dh1,代表改良LC-II螺钉皮肤进针点与髂前上棘的水平距离(图16~18);(4)测量虚拟改良LC-II通道圆柱体在骨盆正位、入口位状态下与骨盆正中线(Pelvic Midline, PM)形成夹角($\angle LPM, \angle LPM'$)(图19~20),夹角度数即为改良LC-II螺钉在骨盆正位、入口位下与骨盆正中形成的夹角。比较不同性别,不同侧别之间的差异。

四、统计学处理

运用SPSS 25.0统计学软件(IBM公司,美国)对数据进行统计学分析。首先运用Shapiro-Wilk检验判断数据是否符合正态分布,改良LC-II螺钉的最大直径、最大长度;与冠状面、矢状面、水平面的夹角;骨性入钉点与髂前下棘、髂前上棘、髋臼顶部的距离;在骨盆正位及入口位的情况下螺钉置钉角度与骨盆正中线的夹角;及皮肤入钉点与髂前上棘的垂直距离及水平距离均符合正态分布数据,且方差齐性,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,男性与女性之间改良LC-II螺钉的通道参数及置钉参数采用两独立样本t检验进行比较,同一性别左侧与右侧改良LC-II螺钉的通道参数及置钉参数采用配对t检验进行比较, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

一、改良LC-II通道总体参数

在40个骨盆(80个半骨盆)模型中,改良LC-II通道的最大通道直径为8.60~15.00(11.33±1.39)mm,长度为82.67~109.57(93.94±6.25)mm。骨性入钉点到髂前下棘距离16.66~42.71(25.37±5.08)mm,到髂前上棘距离为39.82~67.17(52.49±5.35)mm,到髋臼上缘距离为9.71~21.97(14.16±2.54)mm,到坐骨大切迹的距离41.39~69.33(55.88±6.11)mm。螺钉轴线与骨盆冠状面的角度为22.77~46.78°

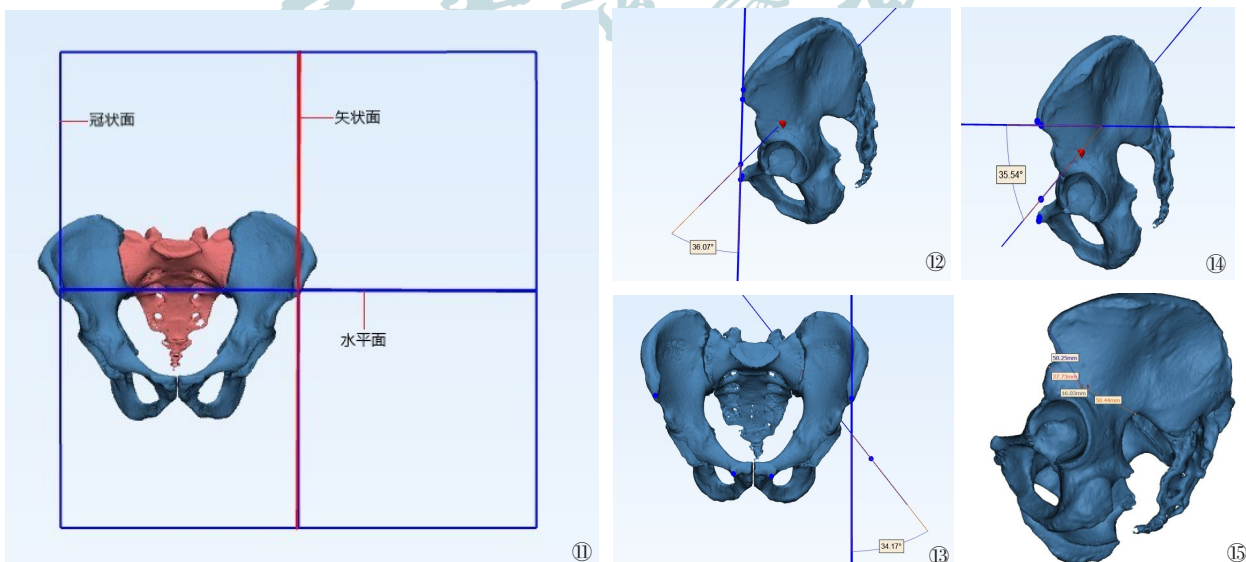


图11 构建人体冠状面、矢状面、水平面 图12~14 测量改良LC-II螺钉与冠状面、矢状面、水平面的夹角 图15 改良LC-II螺钉骨性进钉点与髂前上棘、髂前下棘、髋臼顶及坐骨大切迹的位置关系

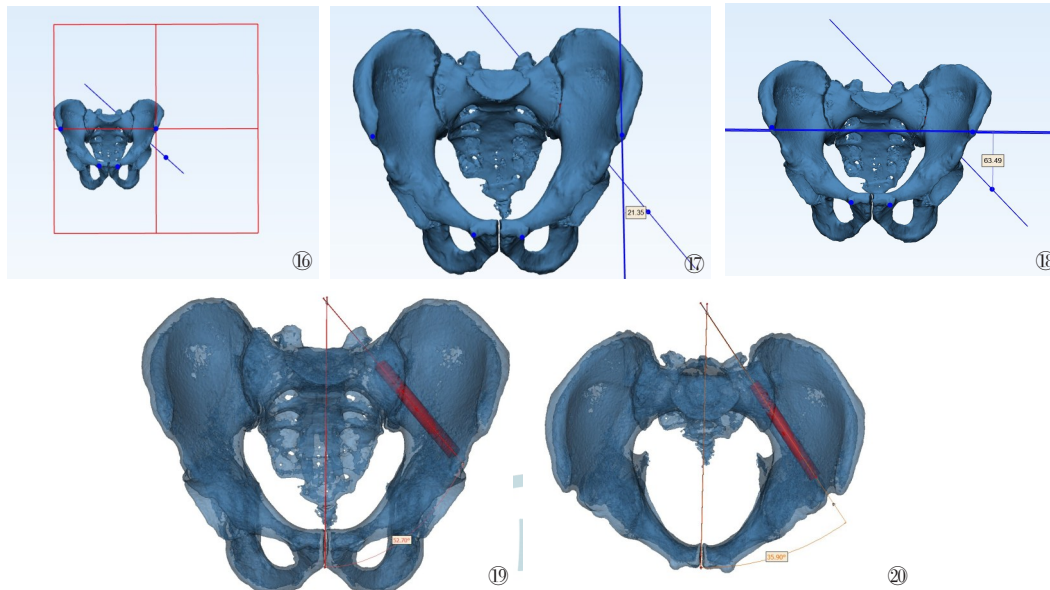


图16~18 确定改良LC-II皮肤进钉点与髂前上棘的位置关系 图19~20 测量改良LC-II通道螺钉在骨盆前后位、入口位状态下与骨盆正中中线形成夹角

(33.19 ± 5.69)°, 方向为前下方向后上方, 螺钉轴线与正中矢状面的角度为 $21.33 \sim 42.86$ ° (34.11 ± 3.63)°, 方向为前外方向后内方, 螺钉轴线与骨盆水平面的角度为 $24.20 \sim 49.13$ ° (37.9 ± 5.78)°, 方向为前下方向后上方。在骨盆正位的状态下, 螺钉轴线与骨盆正中线的角度为 $32.20 \sim 65.93$ ° (43.27 ± 4.84)°, 在骨盆入口位的状态下, 螺钉轴线与骨盆正中线的角度为 $27.70 \sim 40.64$ ° (34.22 ± 3.11)°。改良LC-II螺钉皮肤进钉点至髂前上棘的垂直距离为 $47.37 \sim 111.90$ (74.27 ± 15.25)mm, 至髂前上棘的

水平距离为 $0.70 \sim 84.44$ (24.47 ± 14.12)mm, 见表1。

二、改良LC-II通道参数男女性比较

在改良LC-II通道男女性各项参数中, 除了虚拟改良LC-II螺钉轴线与骨盆冠状面夹角、螺钉骨性入钉点与髂前上棘及髌白上缘的距离、骨盆正位状态下骨盆正中线与虚拟改良LC-II螺钉轴线的夹角及皮肤进钉点至髂前上棘的水平距离的差异无统计学意义外, 其余测量结果差异均有统计学意义。男性的改良LC-II的最大通道直径和最大长度均大于女性 (12.33 ± 1.04)mm vs. (10.33 ± 0.90)mm ($P < 0.001$)和 (95.37 ± 6.60)mm vs. (92.51 ± 5.59)mm ($P <$

表1 改良LC-II通道在不同性别间的比较 ($\bar{x} \pm s$)

参数	总体	男性	女性	t值	P值
最大直径(mm)	11.33±1.39	12.33±1.04	10.33±0.90	-8.964	<0.001
最大长度(mm)	93.94±6.25	95.37±6.60	92.51±5.59	-2.039	0.045
∠α(°)	33.19±5.69	34.24±5.06	32.15±6.14	-1.622	0.109
∠β(°)	34.11±3.63	35.18±2.84	33.04±4.04	-2.669	0.009
∠γ(°)	37.90±5.78	35.97±4.70	39.83±6.16	3.072	0.003
AI(mm)	25.37±5.08	23.85±3.76	26.89±5.78	2.714	0.008
AS(mm)	52.49±5.35	51.94±4.92	53.04±5.77	0.886	0.378
AC(mm)	14.16±2.54	13.72±1.72	14.60±3.12	1.518	0.133
AN(mm)	55.88±6.11	59.58±3.57	52.18±5.89	-6.628	<0.001
∠LPM(°)	43.27±4.84	42.89±3.15	43.64±6.10	0.673	0.503
∠LPM'(°)	34.22±3.11	35.09±2.85	33.35±3.14	-2.531	0.013
Dv1(mm)	74.27±15.25	70.54±12.52	78.01±16.92	2.188	0.032
Dh1(mm)	24.47±14.12	21.94±10.93	27.00±16.48	1.578	0.119

表2 双侧改良LC-Ⅱ通道参数比较($\bar{x} \pm s$)

参数	男性(n=20)		t值	P值	女性(n=20)		t值	P值
	左侧	右侧			左侧	右侧		
最大直径(mm)	12.33±0.93	12.34±1.17	-0.031	0.976	10.29±0.95	10.38±0.86	-0.302	0.764
最大长度(mm)	94.64±6.92	96.11±6.37	-0.68	0.501	91.62±5.01	93.40±6.13	-0.982	0.333
∠α(°)	33.63±5.17	34.85±5.00	-0.741	0.464	31.54±6.29	32.75±6.10	-0.603	0.550
∠β(°)	35.04±3.14	35.31±2.58	-0.291	0.773	34.11±4.01	31.96±3.89	1.682	0.101
∠γ(°)	36.68±4.44	35.25±4.97	0.937	0.355	39.49±6.21	40.17±6.26	-0.334	0.740
AI(mm)	24.08±3.64	23.62±3.96	0.37	0.714	27.54±5.61	26.24±6.03	0.689	0.495
AS(mm)	52.65±5.11	51.24±4.76	0.886	0.382	53.12±5.92	52.95±5.77	0.089	0.930
AC(mm)	13.75±1.78	13.69±1.71	0.097	0.923	15.3±3.53	13.90±2.56	1.394	0.172
AN(mm)	58.72±4.19	60.45±2.66	-1.518	0.138	50.78±4.51	53.58±6.84	-1.49	0.145
∠LPM(°)	42.22±2.59	43.57±3.56	-1.34	0.189	43.87±5.55	43.42±6.76	0.224	0.824
∠LPM'(°)	34.55±2.99	35.64±2.67	-1.184	0.244	33.52±3.28	33.17±3.08	0.338	0.737
Dv1(mm)	73.05±13.53	68.0±11.22	1.244	0.222	79.06±18.53	76.96±15.58	0.379	0.707
Dh1(mm)	23.16±12.03	20.72±9.88	0.683	0.499	31.29±18.33	22.72±13.55	1.639	0.110

0.05); 髂前下棘与入钉点的距离男性近于女性(23.85±3.76)mm vs. (26.89±5.78)mm($P < 0.05$); 坐骨大切迹与入钉点的距离男性远于女性(59.58±3.57)mm vs. (52.18±5.89)mm($P < 0.05$); 在螺钉轴线与骨盆冠状面关系中, 男性和女性的测量角度差异无统计学意义(34.24±5.06)° vs. (32.15±6.14)°($P > 0.05$), 在螺钉轴线与正中矢状面关系中, 女性螺钉轴线较男性更加贴近于矢状面(33.04±4.04)° vs. (35.18±2.84)°($P < 0.05$), 在螺钉轴线与骨盆水平面的关系中, 男性螺钉轴线更加贴近与水平面(35.97±4.70)° vs. (39.83±6.16)°($P < 0.05$); 在骨盆入口位状态下, 女性螺钉轴线较男性更加贴近骨盆正中线(33.35±3.14)° vs. (35.09±2.85)°($P < 0.05$); 改良LC-Ⅱ皮肤进钉点至髂前上棘的垂直距离男性小于女性(70.54±12.52)mm vs. (70.54±12.52)mm($P < 0.05$), 见表1。同性别骨盆左右两侧改良LC-Ⅱ螺钉通道测量数据之间差异均无统计学意义, 见表2。

二、临床典型病例

患者为71岁老年女性, 在家中走路时不慎摔倒致右髋部疼痛, 经保守治疗3个月后, 疼痛无缓解, 遂来我院就医, 诊断为陈旧性骨盆骨折(Tile分型C2型; 右侧骨盆新月形Day II型; FFP III b)。完善相关术前检验、检查后, 未见明显手术禁忌, 在气管插管全麻下行“骨盆骨折闭合复位内固定术、髌骨闭合复位内固定术”。在C臂监视下于髂前下棘外侧进针置入改良LC-Ⅱ螺钉和传统LC-Ⅱ螺钉各一枚固

定后环。前环使用INFIX内固定支架进行固定。手术时间75 min, 术中出血20 ml。术后X线检查可见改良LC-Ⅱ螺钉跨越骶髂关节进入骶骨翼。术后可见髌骨骨折愈合良好, 予以拆除INFIX内固定支架(图21~32)。

讨 论

目前我国老年骨盆脆性骨折发病率逐年升高。与青壮年骨盆骨折不同, 老年患者多由低能量暴力导致骨盆骨折, 骨折移位程度较轻。因此, 国内的临床实践中, 对于老年骨盆骨折患者多采用严格卧床的保守治疗^[6]。但有文献回顾^[11-12]表明, 骨质疏松的骨盆骨折的远期死亡率较高, 保守治疗可能对患者的功能恢复产生严重影响, 并且患者的自理能力和心理健康也受到一定程度的影响。Yoshida等^[13]通过对340名老年骨盆脆性骨折进行回顾性分析表明, 仅有4.7%的患者在伤后接受手术治疗, 并且只有不到40%的人在伤后1年能够恢复站立和行走活动功能。国外越来越多循证学证据^[14-15]表明, 对于不稳定老年骨盆骨折应尽量早期采用微创技术行内固定治疗, 使患者恢复早期活动, 生活自理, 骨折愈合, 减轻疼痛兼顾骨质疏松治疗^[6]。微创固定技术中的通道螺钉技术的优点包括手术创伤小、固定可靠^[7, 16-19]。如何快速、安全、准确地置入通道螺钉是通道螺钉技术的关键点, 因而首要任务是研究螺钉钉道参数。

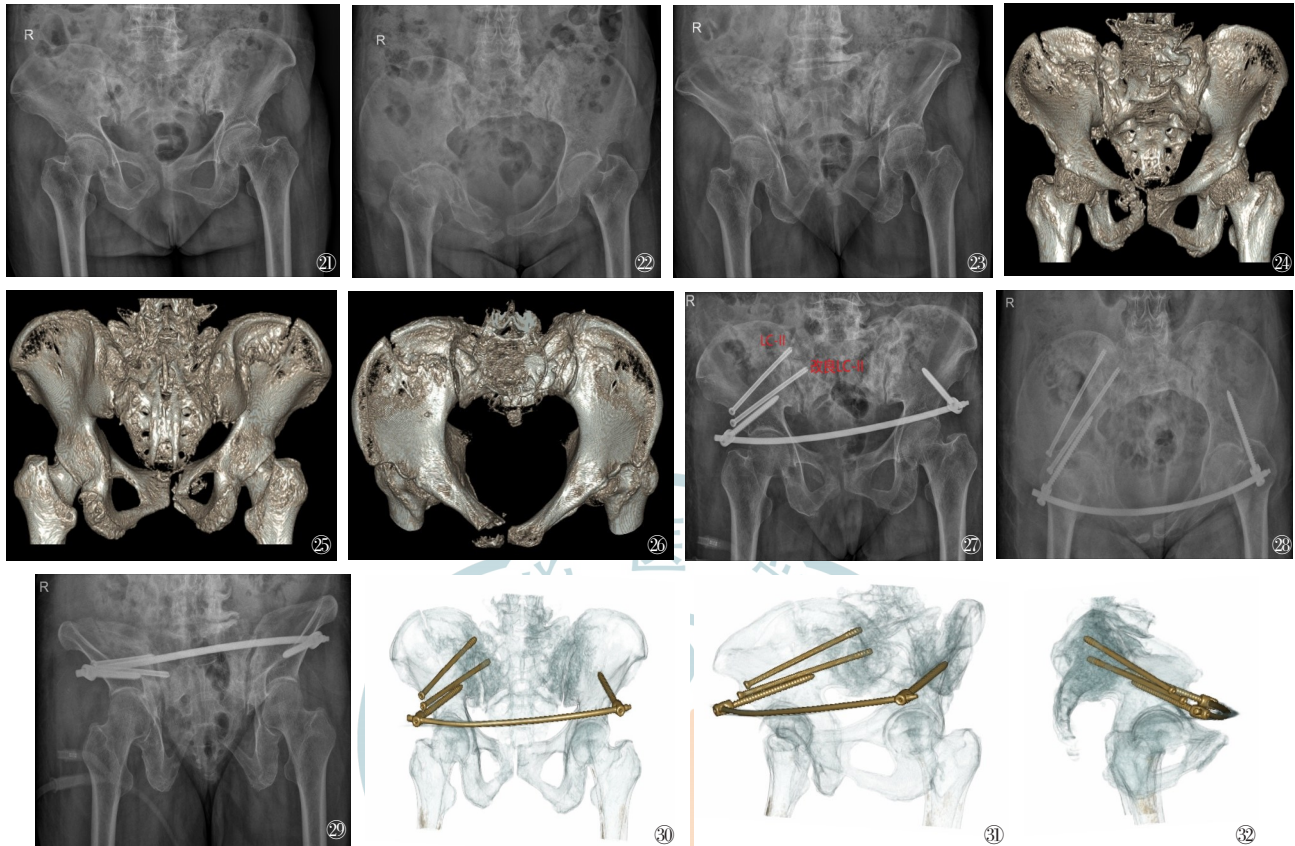


图21~32 女,71岁,陈旧性骨盆骨折(Tile分型C2型;右侧骨盆新月形Day II型;FFP IIIb)经改良LC-II螺钉固定FFP IIIb骨折。图21~23 骨盆正位、入口位、出口位提示右侧髂骨骨折合并骶髂关节损伤,右耻骨上支骨折;图24~26 骨盆骨折三维重建,髂骨翼可见明确骨折线,周围骨痂生长;图27~29 经改良LC-II螺钉、LC-II螺钉以及INFIX内固定支架对骨盆前后环进行固定;图30~32 内固定物三维重建可见改良改良LC-II螺钉位于骨性通道内跨越骶髂关节进入骶骨翼固定,未进入骶孔或椎管

基于骨盆的影像解剖学研究及尸体标本解剖学研究是当前的主要研究方法。但近年来,数字医学在骨科研究中的运用越来越广泛,已有多名学者运用数字医学对骨盆髌臼骨性固定通道进行了构建、分析及测量^[20-22]。在2010年Tian等^[23]通过对18例骨盆标本进行尸体标本解剖学测量,影像学测量及运用数字医学方法重建骨盆三维模型测量,三种测量方法得出的结果表明,对同一LC-II螺钉钉道参数是一致的,所以运用数字医学对改良LC-II螺钉钉道参数进行规划、分析和测量,是完全可行的。

张元智等^[23]利用Imageware 2.0软件对数字化三维骨盆模型髌臼后柱进行多层剖分,拟合每层边界的最大内切圆,得到后柱的最优钉道。该方法通过多层切割,层面间隔距离的大小对结果易产生偏差,准确性较低。李佳兵等^[24]运用Mimics 15.0重建得到髌臼前柱三维模型,进行布尔逻辑减法运算得到髌臼前柱阴模模型。通过在阴模内置入小球、采

用无线逼近的方法得到阴模内及阴模内耻骨上支部分最狭窄部位,计算出通过两球心的直线,然后推导出最优钉道。该方法仅关注到阴模最狭窄部位而忽略了模型的整体结构,故而结果可能存在偏差。本研究中通过将骨盆模型透明化处理,反复多角度观察,确定螺钉完全位于骨质内,并以改良LC-II通道为基础重建坐标系,通过通道的冠状面、矢状面及水平面多平面观察通道在骨质内部的情况,本方法多方面验证了通道的真实性,准确性高,同时可重复性好。

本研究测量得出在同一性别骨盆左、右两侧的改良LC-II通道的最大直径及最大长度比较差异无统计学意义($P>0.05$);而男、女性别之间的差异有统计学意义($P<0.05$),这或许是骨盆的生理结构在不同性别中存在差异导致的。FFP III型骨折为前环骨折+后环单侧骨折且移位的,骨折的移位对置钉的安全性会产生影响,但由于老年骨盆脆性骨折为

低能量损伤骨折,具有韧带未损伤而骨质发生破坏的特点,故而骨折移位的程度并不大。而无论置入传统LC-Ⅱ螺钉还是改良LC-Ⅱ螺钉,骨折的移位都会导致置钉通道狭窄,但相对于传统LC-Ⅱ螺钉,改良LC-Ⅱ螺钉的置钉范围更广,可以根据骨折移位方向调整入钉点位置,减小骨折移位的影响,且直径为6.5 mm、7.0 mm、7.3 mm的LC-Ⅱ螺钉是目前临床中常用的空心拉力螺钉。本研究的测量结果表明40例骨盆均可规划出全程改良LC-Ⅱ螺钉通道,其中通道的最小直径为8.6 mm,因此建议所有患者均可常规置入直径7.3 mm空心螺钉。针对FFPⅢ型无明显移位的骨折或可闭合复位的骨折,Rommens^[3]推荐使用微创的方式对前、后环进行固定,骨盆后环可使用LC-Ⅱ螺钉对其固定。传统LC-Ⅱ螺钉通道为髂前下棘和髂后上棘连线,在泪滴位上置钉较为便捷,但由于髂窝弧度的存在,有切割穿出髂骨内侧皮质的风险^[7];对于老年脆性骨盆骨折,骨盆骨质疏松严重,存在内固定失效、退钉的风险。改良LC-Ⅱ螺钉进钉点位于髂前下棘偏外后方向,范围选择较大;且由于此通道斜行通过髂骨骨性通道与传统LC-Ⅱ通道存在5~10°夹角进入到骶髂关节,可有效的避免LC-Ⅱ螺钉通道上髂骨内外径畸形,髂骨曲率较大,骶髂关节区域耳状面后方狭窄明显或在狭窄区域又出现明显凹陷等问题,降低了置钉难度;虽然老年骨盆骨质疏松严重、骨盆骨质明显减少,但老年人骨盆骶髂关节存在自发融合和硬化的特点^[8-9];而通过更多层数骨皮质及硬化骶髂关节的固定,有利于增加骨折断端及骶髂关节的稳定性,对于FFPⅢa、FFPⅢb及累及骶髂关节的后环骨折更加适用。因此,与传统LC-Ⅱ螺钉通道相比,我们团队提出的改良LC-Ⅱ螺钉有更广泛的适应症;理论上在老年脆性骨盆骨折中更有优势。

在通道螺钉的临床应用中,骨科医生最关心的问题是如何安全、准确、快速的置入螺钉。本研究发现,改良LC-Ⅱ螺钉的皮肤进针点在髂前上棘下方男性(70.54±12.52)mm,女性(78.01±16.92)mm,髂前上棘外侧男性(21.94±10.93)mm,女性(27.00±16.48)mm,这两个位置参数对改良LC-Ⅱ螺钉经皮置入皮肤进针点的选择具有指导作用。本研究也测量了改良LC-Ⅱ螺钉的进钉角度,和冠状面夹角男性(34.24±5.06)°,女性(32.15±6.14)°;和矢状面夹角男性(33.04±4.04)°,女性(35.18±2.84)°;和水平面夹角男性(35.97±4.70)°,女性(39.83±6.16)°;在骨盆正

位的状态下,改良LC-Ⅱ螺钉的进钉角度和骨盆正中线的夹角,男性(42.89±3.15)°,女性(43.64±6.1)°,在骨盆入口位状态下进钉角度和骨盆正中线的夹角男性(35.09±2.85)°,女性(33.35±3.14)°,可以为改良LC-Ⅱ螺钉的进钉角度提供理论依据。尽管本研究测量出了改良LC-Ⅱ螺钉的皮肤进钉点和进钉角度,但个体间进钉参数差异较大,我们建议个体化应用,同时我们认为术中影像学检测也是不可或缺的,但可减少透视调整次数,从而减少射线暴露,缩短手术时间。

尽管我们验证了改良LC-Ⅱ螺钉通道的存在,以及对置钉参数进行了描述,但在应用改良LC-Ⅱ螺钉时也应当关注一些问题:(1)此研究仅为影像标本测量,有待于通过尸体标本进一步验证通道参数;(2)需要进一步生物力学分析验证螺钉的力学稳定性;(3)目前尚缺乏特异性的透视位置,在临床应用改良LC-Ⅱ螺钉时应当多体位透视确认螺钉位置,警惕螺钉穿出造成副损伤的风险。

综上所述,数字医学是研究改良LC-Ⅱ螺钉骨通道解剖结构的理想工具,通过数字医学软件测量,改良LC-Ⅱ通道是存在且安全的。我们的数字化测量为改良LC-Ⅱ螺钉的临床应用提供了理论依据。

参 考 文 献

- 1 佚名. 国务院关于印发国家人口发展规划(2016—2030年)的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2017(06): 24-35.
- 2 王颢, 吴新宝. 老年骨质疏松性骨盆骨折(一)[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(11): 1007-1012.
- 3 Rommens PM, Hofmann A. Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: Recommendations for surgical treatment[J]. Injury, 2013, 44(12): 1733-1744.
- 4 Dalal SA, Burgess AR, Siegel JH, et al. Pelvic fracture in multiple trauma: classification by mechanism is key to pattern of organ injury, resuscitative requirements, and outcome[J]. J Trauma, 1989, 29(7): 981-1000, 1000-1002.
- 5 Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? [J]. J Bone Joint Surg Br, 1988, 70(1): 1-12.
- 6 王颢, 吴新宝. 老年骨质疏松性骨盆骨折(二)[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(12): 1099-1104.
- 7 Starr AJ, Walter JC, Harris RW, et al. Percutaneous screw fixation of fractures of the iliac wing and fracture-dislocations of the sacro-iliac joint (OTA Types 61-B2.2 and 61-B2.3, or Young-Burgess "lateral compression type II" pelvic fractures) [J]. J Orthop Trauma, 2002, 16(2): 116-123.
- 8 Eno JJ, Boone CR, Bellino MJ, et al. The prevalence of sacroiliac joint degeneration in asymptomatic adults [J]. J Bone Joint Surg Am, 2015, 97(11): 932-936.
- 9 Ha KY, Lee JS, Kim KW. Degeneration of sacroiliac joint after instrumented lumbar or lumbosacral fusion: a prospective cohort study

- over five-year follow-up [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(11): 1192-1198.
- 10 O'Brien JR, YU WD, Bhatnagar R, et al. An anatomic study of the S2 iliac technique for lumbopelvic screw placement [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(12): E439-E442.
- 11 Morris RO, Sonibare A, Green DJ, et al. Closed pelvic fractures: characteristics and outcomes in older patients admitted to medical and geriatric wards [J]. Postgrad Med J, 2000,76(900): 646-650.
- 12 van Dijk WA, Poeze M, van Helden SH, et al. Ten-year mortality among hospitalised patients with fractures of the pubic rami [J]. Injury, 2010, 41(4): 411-414.
- 13 Yoshida M, Tajima k, Saito Y, et al. Mobility and mortality of 340 patients with fragility fracture of the pelvis [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2021, 47(1): 29-36.
- 14 Rommens PM, Ossendorf C, Pairo P, et al. Clinical pathways for fragility fractures of the pelvic ring: personal experience and review of the literature [J]. J Orthop Sci, 2015, 20(1): 1-11.
- 15 Wagner D, Ossendorf C, Gruszka D, et al. Fragility fractures of the sacrum: how to identify and when to treat surgically? [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2015, 41(4): 349-362.
- 16 Cole PA, Dyskin EA, Gilbertson JA. Minimally-invasive fixation for anterior pelvic ring disruptions [J]. Injury, 2015, 46 Suppl 3: S27-S34.
- 17 Routt MJ, Kregor PJ, Simonian PT, et al. Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position [J]. J Orthop Trauma, 1995, 9(3): 207-214.
- 18 Ochs BG, Stuby FM, Ateschrang A, et al. Retrograde lag screw placement in anterior acetabular column with regard to the anterior pelvic plane and midsagittal plane -- virtual mapping of 260 three-dimensional hemipelvises for quantitative anatomic analysis [J]. Injury, 2014, 45(10): 1590-1598.
- 19 王钢. 骨盆与髌臼骨折的治疗进展及思考 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2018, 20(3): 185-186.
- 20 杨运平, 凌伟, 王钢. 3D影像模型测量S₁ 髌髌关节螺钉最佳通道及其临床应用 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 2(02): 138-143.
- 21 张元智. 经皮横向髌髌关节螺钉固定S1椎体钉道的数字化分析与应用 [C]//中华医学会第十八届骨科学术会议暨第十一届COA国际学术大会论文集8, 北京, 2016-11-17, 2016: 1-1.
- 22 张元智, 华子恺, 陈滨, 等. 髌髌前柱顺行拉力螺钉固定钉道的数字化分析与验证 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2016,18(11): 927-931.
- 23 Tian X, Li J, Sheng W, et al. Morphometry of iliac anchorage for transiliac screws: a cadaver and CT study of the Eastern population [J]. Surg Radiol Anat, 2010,32(5): 455-462.
- 24 李佳兵, 项舟. 数字化仿真技术在髌髌前柱安全置钉的研究 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2016,34(04): 397-401.

(收稿日期:2023-02-22)

(本文编辑:吕红芝)

邓京骐, 李涛, 朱振华, 等. 改良LC-II螺钉固定钉道的数字化分析与验证 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2023, 9(3): 129-137.



中华医学学会