

计算机模拟在儿童发育性髋关节脱位 Salter 骨盆截骨术中的应用



姜 海¹ 苗武胜¹ 吴 革¹ 吴永涛¹ 汪 兵¹ 邱裕生²

【摘要】 目的 观察基于三维 CT 重建的计算机模拟在 Salter 骨盆截骨术治疗儿童发育性髋关节脱位的术前评估、术前手术设计以及术后效果分析的使用效果。**方法** 从 2010 年 10 月至 2011 年 10 月,我们对 18 例(18 髋)发育性髋关节脱位儿童,通过 Mimics 10.01 软件的专用截骨工具进行术前模拟 Salter 骨盆截骨。测量术前、术后的三维髋臼指数及髋臼前倾角并进行比较。采用 McKay 临床功能评定标准,Severin 影像学评定标准,对术后效果进行评价。**结果** 18 髋患侧术前与对侧比较,术后与术前比较, $P < 0.01$,差异有统计学意义。术后患侧与对侧比较, $P > 0.05$,差异无统计学意义。术后 14 髋(77.8%)髋臼指数获改善,髋臼前倾角改善与术前设计相符。2 髋髋臼指数改善不良,1 髋髋臼前倾角改善不良,1 髋髋臼指数与髋臼前倾角均改善不良。按照 McKay 临床功能评定标准,优 10 例,良 8 例。Severin 影像学评定标准,优 12 例,良 4 例,可 2 例。**结论** 基于三维 CT 重建的 Salter 骨盆截骨计算机模拟可使术者了解合适的截骨位置、截骨远端旋转角度以及截取三角骨块大小,以指导实际的截骨手术。三维重建也有利于更好的术前评估和术后效果分析。

【关键词】 计算机模拟;髋关节;骨盆;截骨术;儿童

Application of preoperative computer simulation based on three dimensional computed tomography reconstruction during Salter pelvic osteotomy of children with developmental dislocation of the hip. JIANG

Hai, MIAO Wu-sheng, WU Ge, et al. 1. Department of Pediatric Orthopedics, Affiliated Honghui Hospital, School of Medicine, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, China; 2. Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China, Corresponding author: Qiu Yu-sheng, E-mail: yusheng.qiu@mail.xjtu.edu.cn

【Abstract】 Objective To explore the preoperative analysis & plan and postoperative outcome analysis of computer simulation based on 3-dimensional (3D) computed tomography (CT) reconstruction during Salter's pelvic osteotomy. **Methods** From October 2010 to October 2011, there were 18 children (18 hips) of developmental dislocation of hip. Mimics 10.01 software was used for preoperative simulation of Salter's pelvic osteotomy. And 3D acetabular index and acetabulum anteversion were measured before operation, after operation and compared with each other. The McKay's clinical function and Severin's imaging evaluation were used for evaluating the postoperative outcomes. **Results** The preoperative 3D acetabular index and acetabulum anteversion data had statistically significant differences between affected and contralateral sides. And the preoperative and postoperative data of affected side were statistically different. No significant difference existed between affected and contralateral sides postoperatively. For 14 hips (77.8%), acetabular index and anteversion improved as preoperative design. Acetabular index improved inadequately in 2 hips. And acetabulum anteversion improved inadequately in 1 hip. Acetabular index and anteversion improved inadequately both in 1 hip. According to the McKay's functional criteria, the outcomes were excellent ($n = 10$) and good ($n = 8$). Based upon the Severin's imaging criteria, the outcomes were excellent ($n = 12$), good ($n = 4$) and fair ($n = 2$). **Conclusions** Computer simulation of Salter's pelvic osteotomy may facilitate an understanding of proper osteot-

doi:10.3969/j.issn.1671-6353.2016.03.012

基金项目:西安市科技局社会发展项目,项目编号:YF07149。

作者单位:1,西安交通大学医学院附属红会医院儿骨科(陕西省西安市,710054),2,西安交通大学第一附属医院骨科(陕西省西安市,710061),通讯作者:邱裕生, E-mail: yusheng.qiu@mail.xjtu.edu.cn

omy site, rotation angle and triangular bone block size. And it offers better preoperative evaluations and postoperative outcome analysis.

【Key words】 Computer Simulation; Hip Joint; Pelvis; Osteotomy; Child

Salter 骨盆截骨术是治疗低龄发育性髋关节脱位儿童的主要术式。很多临床研究证明,Salter 骨盆截骨术能取得良好的术后效果。本研究通过三维 CT 重建,在术前进行三维髋臼指数及髋臼前倾角的测量,同时行计算机手术模拟,设计截骨的部位,旋转的角度,以指导术中操作。术后复查三维 CT,测量术后患侧髋关节的三维髋臼指数及髋臼前倾角,对比观察 Salter 骨盆截骨术对髋臼指数和髋臼前倾的改善作用。采用 McKay 临床功能评定标准,Severin 影像学评定标准对术后效果进行评价。18 例单侧发育性髋关节脱位儿童采用该方法进行治疗,取得了较为满意的临床效果,报道如下。

材料与方法

一、临床资料

1. 一般资料:本组选择对象为 2010 年 10 月至 2011 年 10 月收治的经临床及 X 线平片确诊为发育性髋关节脱位预行手术治疗的单侧患儿,共 18 例,其中男性 6 例,女性 12 例;左侧 15 例,右侧 3 例。年龄最小 1 岁 6 个月,最大 5 岁 8 个月,平均 3.4 岁。

2. 仪器与方法:采用美国 Philips 公司生产的 Brilliance16 排螺旋 CT 机,在独立工作站进行多平面重建法(MPR)、三维表面遮盖法(SSD)及容积重建技术(VRT)等三维观察和相关数据测量。运用 Mimics10.01 软件在电脑上进行术前模拟。工作平台:AMD Athlon(tm) II Dual-CoreM320 2.09G 处理器,显卡 ATI Mobility Radeon HD 4200。

3. 术前测量:将患儿原始 CT 数据导入 Mimics10.01 软件,重建出骨盆及股骨近端的三维图像。通过冠状位测量双侧髋关节的三维髋臼指数,即前、中、后髋臼指数^[1](图 1a 至图 1c),通过横断位测量双侧髋关节的髋臼前倾角^[2](图 1d)。

二、模拟步骤

通过工具栏中的截骨工具,选择患侧髋臼,在髂前上棘与髂前下棘之间,沿髂骨作与身体纵轴垂直的横行截骨线,直至坐骨切迹处。截断后,选择旋转工具,将截骨远端以耻骨联合为铰链进行向下和向前的旋转。在髂骨上用截骨工具截取一三角骨块,

将其移动至截骨断端。最后运用移位工具将脱位的患侧股骨头移动至新形成的髋臼内,同时旋转股骨近端以矫正前倾角(图 2a~f)。

整个术前模拟过程结束,可以在工作平台上各个角度观察截骨后髋臼的形态,对股骨头包容的情况。如果觉得髋臼指数改善不满意,可以重新进行以前的步骤,直到获得满意的模拟效果。在操作过程中,可以进行数据的测量。髋臼远端向下、向前旋转的角度,截骨断端所需的三角骨块的大小,股骨近端旋转的角度都有精确的数值(图 2g)。记录各种数值以便术中操作时参考使用。

典型病例 1:患儿,女,1 岁 8 个月,右侧发育性髋关节脱位,Tonnis 分度为 II 度

三、统计学处理

采用 SPSS19.0 软件进行统计学处理,各组间数据比较采用 t 检验。

结 果

18 例患儿全部进行术前测量和形态学观察,术前手术模拟,术中采用切开复位,Salter 骨盆截骨并股骨近端旋转截骨矫形术治疗,术后 1 周复查三维 CT 观察手术效果。本组病例患侧三维髋臼指数、髋臼前倾角均较正常侧大,经组间 t 检验比较,差异有统计学意义(表 1)。术后患侧髋关节三维髋臼指数及髋臼前倾角均较术前明显降低,经组间 t 检验比较,差异有显著性意义(表 2)。术后患侧髋关节三维髋臼指数与髋臼前倾角与对侧比较,差异无统计学意义(表 3)。术后 14 髋(77.8%)髋臼指数改善,髋臼前倾角改善与术前设计相符。2 髋髋臼指数改善不良,1 髋髋臼前倾角改善不良,1 髋髋臼指数与

表 1 DDH 儿童两侧髋关节前、中、后髋臼指数(AI)及髋臼前倾角的比较(n=18, $\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparisons of anterior, middle and posterior values of acetabular index and anteversion for bilateral hip joints in DDH children(n=18, $\bar{x} \pm s$)

项目	前 AI(°)	中 AI(°)	后 AI(°)	髋臼前倾角(°)
正常侧	21.65 ± 5.43	22.78 ± 5.64	21.42 ± 6.27	12.37 ± 3.16
患侧	36.46 ± 8.37	37.89 ± 9.64	38.63 ± 9.58	16.28 ± 4.29
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 2 DDH 儿童患侧髋关节手术前后前、中、后髋臼指数 (AI) 及髋臼前倾角的比较 ($n=18, \bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparisons of anterior, middle and posterior values of acetabular index and anteversion for unilateral affected hip joint in preoperative and postoperative DDH children ($n=18, \bar{x} \pm s$)

项目	前 AI(°)	中 AI(°)	后 AI(°)	髋臼前倾角(°)
术前	36.46 ± 8.37	37.89 ± 9.64	38.63 ± 9.58	16.28 ± 4.29
术后	20.54 ± 6.85	21.34 ± 8.17	22.92 ± 9.35	12.53 ± 5.16
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

髋臼前倾角均改善不良。按照 McKay 临床功能评定标准, 优 10 例, 良 8 例。Severin 影像学评定标

表 3 DDH 儿童患侧髋关节手术后与对侧前、中、后髋臼指数 (AI) 及髋臼前倾角的比较 ($n=18, \bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparisons of preoperative versus postoperative anterior, middle and posterior values of acetabular index and anteversion for unilateral affected hip joint in DDH children ($n=18, \bar{x} \pm s$)

项目	前 AI(°)	中 AI(°)	后 AI(°)	髋臼前倾角(°)
对侧术后	21.65 ± 5.43	22.78 ± 5.64	21.42 ± 6.27	12.37 ± 3.16
患侧术后	20.54 ± 6.85	21.34 ± 8.17	22.92 ± 9.35	12.53 ± 5.16
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

准, 优 12 例, 良 4 例, 可 2 例。
典型病例 2 (图 4a ~ c): 患儿, 女性, 3 岁 1 个

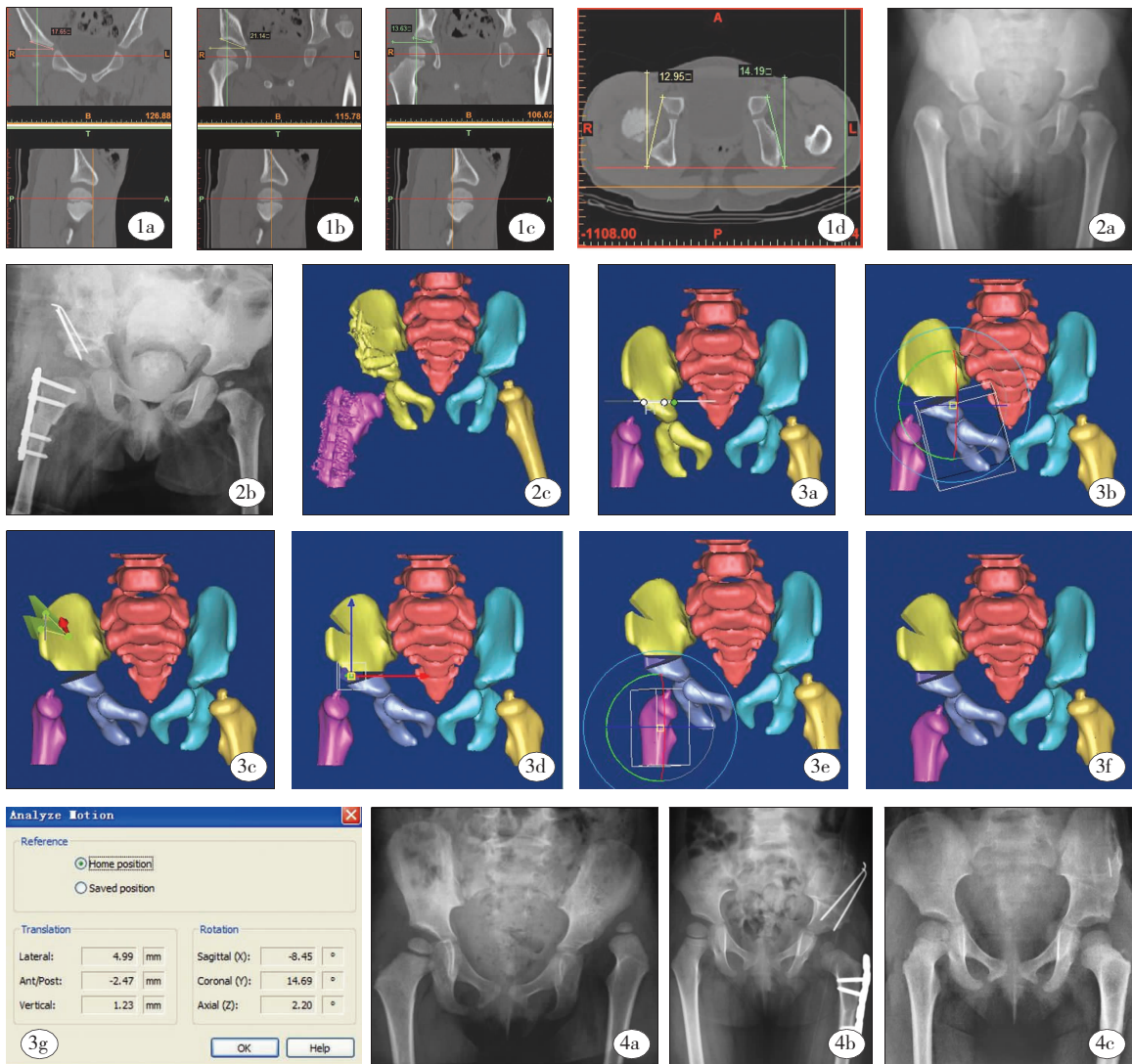


图 1a: 前髋臼指数; 1b: 中髋臼指数; 1c: 后髋臼指数; 1d: 髋臼前倾角 图 2a: 术前 X 线片; 2b: 术后 1 周 X 线片; 2c: 术后 1 周三维 CT 正面观; 图 3 a-f 为病例 1 详细的术前手术模拟操作过程。3a: 选择截骨平面进行髋骨的完全截骨; 3b: 将截骨远端向下、向外、向前旋转; 3c: 从髋骨上截骨三角骨块; 3d: 将三角骨块植入截骨断端; 3e: 将股骨近端移位于髋臼内并进行旋转; 3f: 模拟结束后新形成的髋臼及对股骨头的包容情况; 3g: 截骨远端矢状面向前旋转 8.45°, 冠状面向外旋转 14.69°, 横断面旋转 2.2° 图 4a: 术前 X 线片; 4b: 术后 3 个月 X 线片; 4c: 术后 1 年 8 个月 X 线片

Fig. 1 1a: Anterior AI; 1b: Middle AI; 1c: Posterior AI; 1d: Acetabulum anteversion angle; Fig. 2a: Preoperative plain film; 2b: Postoperative plain film at 1 week; 2c: Postoperative front view of 3D CT at 1 week; Fig. 3 a-f Detailed preoperative stimulations; Fig. 4a: Pre-operative plain film; 4b: Post-operative plain film at 3 months; 4c: Post-operative plain film at 20 months

月,左侧发育性髋关节脱位,Tonnis 分度为Ⅳ度。

形态学观察见患侧股骨头向外或外上方脱出,脱出的股骨头骨骺形态多变,大小不一,普遍较对侧变小,股骨头表面粗糙不光滑,多失去正常的半球型。髋臼变浅、变陡,外缘呈不同程度的弧形或蝶状骨质缺损,臼内多凹凸不平。按 Kim 的髋臼形态分型,Ⅰ型髋臼轻微缺损、伴 Shenton' S 线轻度中断 4 髋,Ⅱ型前上缺损 5 髋,Ⅲ型中上缺损 7 髋,Ⅳ型全缺损 2 髋。术后观察股骨头位于髋臼内,新髋臼对股骨头包容明显改善。

讨 论

在发育性髋关节脱位儿童的诊断与治疗中,髋臼指数通常被作为一个重要指标。但普通 X 线片,髋臼前后缘重叠显影,要确定髋臼外缘很困难,因此很难精确测量髋臼指数。通过三维 CT,采用 Mimics 10.01 软件的测量工具,可以在冠状面对髋臼的前、中、后缘准确判断,从而可以精确测量出三维髋臼指数,以指导诊断和治疗。发育性髋关节脱位儿童患侧髋臼不但有形态学改变,还有方向的改变。有研究表明,患侧髋臼的前倾较对侧增加^[3]。Salter 骨盆截骨术通过截断髂骨,将截骨远端以耻骨联合为绞链,向前方、下方、外侧旋转,使髋臼顶壁向前、下、外方移位,从而改变 DDH 异常的髋臼方向,增加对股骨头前、外缘的包容。同时,因髂骨骨骺位于髋臼上方,是形成髋臼顶壁的主要结构,截骨部位正处于髂骨骨骺上方,可以直接刺激髋臼骨骺加速发育,使髋臼增宽加深,有利于髋臼的发育塑形。选用三维髋臼指数和髋臼前倾角两种指标可以直观观察出 Salter 骨盆截骨术对髋臼形态和方向的作用。

旋转截骨治疗髋臼发育不良期望达到两种理想的结果。一是截骨后将应力更好的分配至有用的关节软骨表面。二是稳定股骨,防止再脱位。关节软骨表面应力的减小有助于或阻止延缓关节的变性。本组术后三维髋臼指数均较术前明显减小,提示截骨后股骨头在髋臼内更稳定。术后髋臼的前倾角也较术前减小,与对侧接近,可能会使股骨头与髋臼间的应力能达到一个更好的分配。

三维 CT 已被广泛的运用于观察 DDH 儿童髋臼形态改变,以及髋臼方向的各种角度的测量^[4-5]。但基于三维 CT 的计算机模拟报道较少。蒋增辉等^[6]报道了 16 例(18 髋)的 Bernese 髋臼周围截骨术使用基于三维 CT 重建的计算机模拟技术。认为

基于三维 CT 重建的计算机模拟技术能够直观、立体地再现髋臼发育不良的畸形特点,与二维图像可互为补充,通过模拟截骨操作可使术者了解合适的截骨位置和旋转角度,以指导实际的截骨手术。Tsumura^[7]等曾对髋臼旋转截骨术进行计算机模拟,通过力学模型对不同角度的截骨块位置调整造成的关节接触应力的变化进行分析。认为存在一个最佳的位置使得髋关节接触应力最小。其中改善最显著的病例的关节接触应力可减少 40%。Hipp^[8]等也有根据关节接触应力进行截骨块旋转设计的报告。我们认为通过这种形态学与力学分析的结合,能有效地帮助术者判断截骨块调整的最佳位置以及选择合适的截骨手术,从而提高髋臼周围截骨术的远期成功率。

三维 CT 重建有其局限性,只能重建髋臼及股骨近端骨性成分,不能重建髋臼软骨及股骨头软骨的情况。该手术模拟及截骨位置的判断也是基于骨性的标志。如何将三维 CT 与 MRI 检查的软骨重建结合,以便能真实地了解模拟截骨术后软骨覆盖情况,是未来研究的方向。

总之,基于三维 CT 重建的计算机模拟能够全方位直观的观察儿童发育性髋关节脱位髋臼的病理改变特点,方便各种数据的测量。通过模拟 Salter 骨盆截骨操作可使术者了解合适的截骨位置、截骨远端旋转角度,以及截取三角骨块大小,以指导实际的截骨手术。术后能取得更好的临床和影像学结果。Salter 骨盆截骨术能减小三维髋臼指数,减小髋臼的前倾,有利于维持股骨头在髋臼内的稳定。

参 考 文 献

- 1 范清,陈挺,张菁. CT 测量儿童髋臼指数的临床意义[J]. 临床骨科杂志,2007,10(5):399-401.
- 2 陈挺,沈品泉,王秋艳,等. 儿童髋臼前倾角的 CT 测量与分析[J]. 中华小儿外科杂志,2005,26(2):90-92.
- 3 倪庆宾,郭宗远,王继孟,等. 发育性髋关节脱位髋臼方向的三维改变及其意义[J]. 中华小儿外科杂志,2003,24(5):446-449.
- 4 路真,楼跃. CT 三维成像技术在发育性髋脱位治疗的作用[J]. 中华临床医师杂志(电子版),2012,6(6):1538-1541.
- 5 李宏,秦海燕,朱秀兰. 三维 CT 在发育性髋关节脱位骨性病理形态评价中的应用[J]. 实用放射学杂志,2010,26(11):1639-1642.
- 6 蒋增辉,张洪,张建立,等. 基于三维 (下转第 253 页)