

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.09.021

文章编号: 1005-8982 (2018) 09-0108-05

Slot 双下肢全长摄影在全膝关节置换术中的应用价值

韩瑞, 董进, 蒋鸿, 孙秋, 梅海清, 蒋宇宏

(湖北省武汉市第一医院 放射科, 湖北 武汉 430022)

摘要: 目的 探讨动态平板透视的狭缝全景摄影技术 (Slot) 双下肢全长摄影在膝关节置换术的临床应用价值。**方法** 回顾性分析 2013 年 11 月 -2017 年 3 月 89 例膝关节置换患者, 共 99 个膝关节进行全膝关节置换术, 每位患者在手术前后分别使用动态平板透视摄影系统的狭缝全景技术进行负重位的双下肢全长摄影, 采用 0 ~ 2 分的评分方式对图像质量进行评估, 0 分图像质量差, 1 分图像质量中等, 2 分者为图像质量优良, 并在图像质量优良的图片上通过后处理软件对患者的手术膝进行术前和术后下肢力线及股股角进行测量, 对术前进行全面评估, 同时通过对比分析评价手术效果。**结果** ① 89 例患者 Slot 双下肢全长摄影一次成功率 100%, 成像时间短, 操作简便、快捷, 每位患者图像质量评分均为 2 分, 质量优良, 完全满足诊断及临床的要求; ② 89 例患者术前均得到全面准确的评估, 80 例为骨性关节炎, 9 例为创伤性骨关节炎, 其中, 合并膝内翻畸形 17 例, 膝外翻畸形患者 8 例, 无合并内外翻畸形者 64 例; ③ 术后所有患者假体对位、对线良好, 假体周围无骨折, 所有患者下肢力线和股股角均为正常范围, 17 例膝关节内翻畸形患者, 股股角手术前后比较差异有统计学意义 ($t = -6.590, P = 0.000$); 8 例膝外翻畸形患者, 股股角手术前后比较差异有统计学意义 ($t = 5.597, P = 0.001$), 膝内外翻畸形较术前均得到良好的校正; 无合并内外翻畸形 64 例患者术后下肢力线与重力垂线夹角和股股角与手术前后比较, 差异无统计学意义 ($t_{前者} = 0.725, P = 0.487, t_{后者} = -2.090, P = 0.070$)。**结论** 使用狭缝全景摄影技术对双下肢全长进行成像, 其成功率高、检查时间短、辐射剂量低, 且图像拼接操作简便, 质量优良, 满足临床诊断需求, 对临床术前手术方案制定及术后评估具有重要应用价值。

关键词: 狭缝全景摄影技术; 下肢; 膝关节置换术; 膝内翻畸形; 膝外翻畸形

中图分类号: R816

文献标识码: A

Application value of Slot-radiography of whole lower extremities in total knee arthroplasty

Rui Han, Jin Dong, Hong Jiang, Qiu Sun, Hai-qing Mei, Yu-hong Jiang

(Department of Radiology, Wu Han No.1 Hospital, Wuhan, Hubei 430022, China)

Abstract: Objective To investigate the clinical application value of Slot of dynamic flat-panel X-ray photography system of whole lower extremities in total knee arthroplasty. **Methods** From November 2013 to March 2017, a retrospective analysis was made that a total of 89 total knee arthroplasty patients, which were 99 knee joints, received the radiography of whole lower extremities in standing position by slot of dynamic flat-panel X-ray photography system pre-and post-surgery, respectively. Score manner (0 - 2 marks) was used to evaluate the image quality. The lower limb alignment and femorotibial angle of patients' surgery knee were measured with the post-processing software. All knees were evaluated completely before surgery and the surgery effect was evaluated by comparing X-ray findings pre- and post-surgery. **Results** (1) All the 89 patients with the slot examination had a

收稿日期: 2017-03-30

[通信作者] 蒋宇宏, E-mail: whyyyjyh@126.com

success rate of 100% with short imaging time, simple and convenient surgery, high quality images (mark 2), which completely met diagnostic and clinical requirements. (2) All the patients with Genu varum ($n = 17$), genu valgum ($n = 8$) and no Genu varum or valgum ($n = 64$) were fully and accurately evaluated before surgery. The surgery effects for all 89 patients were good, and 25 patients of genu varum or valgum has been corrected well. (3) All patients' prosthesis have good alignment, without fracture around the prosthesis. The lower limb line and femorotibial angle (FTA) were all in normal reference range. Compared with the pre-surgery ones, the FTA in 17 cases with varus knee deformity was statistically significant ($t = -6.59, P < 0.001$); in 8 cases of valgus knee deformity, the difference of FTA was statistically significant ($t = 5.597, P < 0.05$), the varus and valgus deformity of knee was corrected better than pre-surgery; there were no statistically significant differences for the angle between lower limb line and gravity of vertical and the angle between lower limb line and FTA between pre- and post-surgery ($t_{pre} = 0.725, P = 0.487$, and $t_{post} = -2.09, P = 0.07$, respectively). **Conclusions** Slot radiography of whole lower extremities has high success rate, fast acquisition and low radiation dose. It is also with simple image stitching performance and excellent quality images, which meets the needs of clinical diagnosis and is of important value for preoperative planning and postoperative evaluation.

Keywords: Slot-radiography; lower extremities; total knee arthroplasty; genu varum; genu valgum

随着影像技术的发展和临床需求, 双下肢全长摄影技术已经被广泛应用于临床。但以往双下肢摄影主要采用计算机 X 射线摄影 (computered radio graphy, CR) 或数字化 X 射线摄影 (digital radio graphy, DR) 分段摄影, 后经拼接而成^[1], 然而这种拼接往往存在一些拼接伪影, 严重影响图像质量, 近年来, 狭缝摄影技术 (Slot radiography) 双下肢全长摄影已经应用于临床, 其较以往技术具有无可比拟的优势, 本研究将从 Slot 双下肢成像技术、图像质量及其在膝关节置换术的临床应用进行全面探讨。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2013 年 11 月 -2017 年 3 月本院 89 例以膝关节疼痛进行全膝关节置换术患者, 手术膝关节 99 个, 年龄 46 ~ 89 岁, 平均 68.1 岁。所有患者手术前后均行 Slot 双下肢全长摄影术。

1.2 方法

所有检查通过 Sonialvision safire 动态平板透视摄影系统 (日本岛津公司) 完成, 选择 Slot 中的高质量正位片 (high quality front, HQF), 扫描参数如下: 管电压 85 kV; 管电流 400 mA; 扫描采取分段进行, 一般扫描 24 ~ 26 段, 每段长度约 80 ~ 100 mm。检查方法如下: 患者直立于摄影床的脚踏板上, 背部紧靠床面, 双下肢伸直, 两脚稍分开, 脚尖向前, 呈标准前后位体位, 双手扶稳两侧扶手, 胸、腹可用固定带固定, 焦片距 150 cm。体位摆好, 用脉速率为 3.75 帧/s 脉冲

模式进行快速透视定位, 定位像: 先定下缘, 下以踝关节下缘 2 cm 为准, 透视下双踝关节位于视野正中, 然后定上缘, 上以股骨头髁臼上缘 3 cm 为准, 透视下双髁关节位于视野正中。透视下机器自动设定曝光参数, 然后松开透视脚闸, 按下曝光按钮, 球管自动从上至下摄影, 当显示屏上出现踝关节影像时, 松开按钮停止曝光。

1.3 图像处理

将采集的分段图像 (约 24 ~ 26 分段图像) 传输至 Syngo (X VB20D) Workplace, 选中分段图像, 点击工作站中的 Slot, 选择 Slot HQF, 其他选项采用默认值, 对图像进行自动拼接及相关的后处理, 得到患者双下肢全长摄影图像。

1.4 图像质量评分

22 位具有 >20 年的放射诊断医师分别对图像质量进行独立评分。评分方法, 该研究采取 0 ~ 2 分的主观评分办法: 0 分: 图像模糊不清, 拼接伪影严重, 部分关节存在拼接错位; 1 分: 图像质量尚可, 部分区域存在少许拼接伪影, 部分骨皮质欠清晰; 2 分: 图像质量清晰, 无拼接伪影, 骨皮质显示清晰。0 分表示图片质量差不能用于诊断; 1 分表示图像中等, 勉强可用; 2 分图像质量优良, 可以完全满足诊断需求, 每位患者的图像质量最终得分最终以 2 位放射科医师的评分均分作为图像质量的最终得分。

1.5 下肢力线及胫股角的测量及假体植入效果评估

1.5.1 在 Syngo (X VB20D) Workplace 对所有患者质量优良的双下肢图像进行下肢应力线及胫股角的测

量 具体测量标准：下肢力线为由髌关节中点至膝关节中点再至踝关节中点的连线，膝关节外翻畸形，下肢力线位于膝关节的外侧，膝关节内翻畸形，下肢力线位于膝关节内侧，正常下肢力线与重心垂直线夹角为 3° 左右；胫股角：应用 MORELAND 等提出的方法^[2]，股骨轴线与胫骨轴线相较于胫骨髁中点所形成的向内侧的夹角，正常组 ($182^\circ \sim 184^\circ$)，外翻畸形 ($>184^\circ$)，内翻畸形 ($<182^\circ$)，并对比手术前后下肢力线和胫股角。

1.5.2 人工膝关节假体植入效果的 X 射线评估 主要从以下进行评估：①假体对位、对线是否良好，上下假关节面有无错位；②假体周围有无骨折；③置换膝关节下肢力线与胫股角是否恢复正常范围^[3]。

1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 19.0 统计软件，计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，术前术后应力线、胫股角采用配对 t 检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

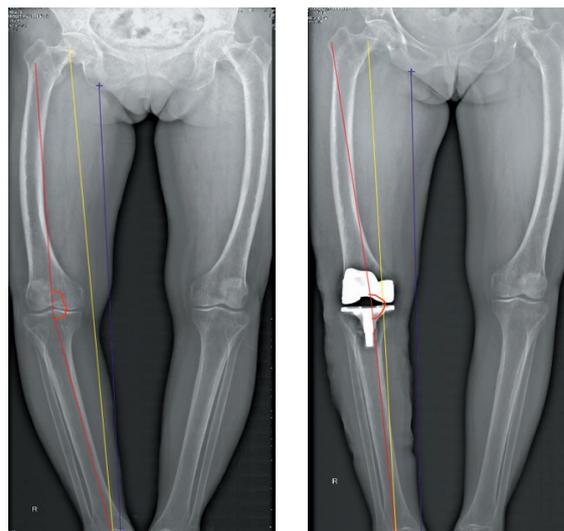
2 结果

89 例患者 Slot 双下肢全长摄像一次成功率 100%，成像时间短，操作简便、快捷，每位患者图像质量评分均为 2 分，质量优良，完全满足诊断及临床的要求。

89 例患者术前均得到全面准确的评估，80 例为骨性关节炎，9 例为创伤性骨关节炎，其中，合并膝内翻畸形 17 例，下肢力线均位于膝关节的内

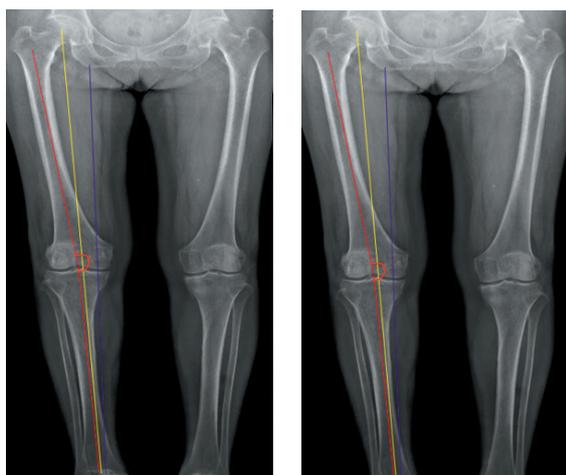
侧，平均胫股角 (171.28 ± 5.55) $^\circ$ ；膝外翻畸形患者 8 例，下肢力线均位于膝关节的外侧，平均胫股角 (189.34 ± 3.48) $^\circ$ ；无合并内外翻畸形者 64 例，下肢力线与重力垂线夹角 (2.86 ± 0.18) $^\circ$ ，胫股角 (183.08 ± 0.81) $^\circ$ 。典型病例见图 1 ~ 3。

术后所有患者假体对位、对线良好，假体周围无骨折，所有患者下肢力线和胫股角均为正常范围，17 例



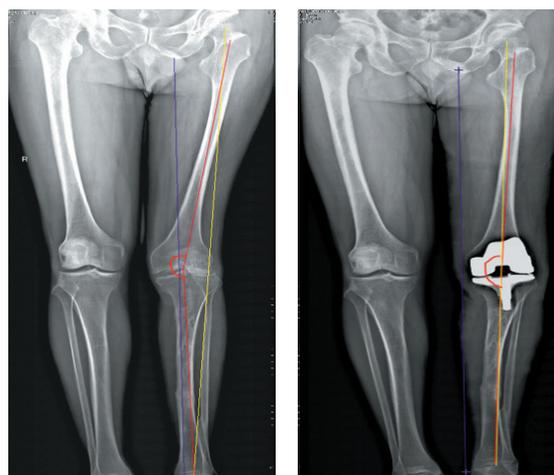
右侧膝关节骨性关节炎，合并膝内翻畸形，术后假体植入效果良好，下肢力线、胫股角均为正常范围（下肢力线与重力垂线为 2.8° ，右侧胫股角为 183° ），膝内翻畸形得到良好的校正，手术效果满意

图 2 患者，女性，71 岁，右侧膝关节置换术前及术后 Slot 双下肢全长摄影图



骨性关节炎，无合并膝内外翻畸形，术后假体植入效果良好，右下肢力线、胫股角均为正常范围（右下肢力线与重力垂线为 3.3° ，术后为 182° ），手术效果满意

图 1 患者，女性，72 岁右侧膝关节置换术前及术后 Slot 双下肢全长摄影图



右侧膝关节创伤性骨性关节炎，合并膝外翻畸形，术后左膝关节植入效果良好，假体周围无骨折，术后左下肢力线与重力垂线夹角 3° ，胫股角 182° ，左膝膝外翻畸形得到良好的校正

图 3 患者，男性，59 岁，左膝关节置换术前及术后 Slot 双下肢全长摄影图

膝关节内翻畸形患者,术后下肢力线与重力垂线夹角(3.01 ± 0.21)°, 胫股角(183.09 ± 0.60)°, 胫股角较术前比较差异有统计学意义($t = -6.59, P = 0.015$); 8例膝外翻畸形患者,术后下肢力线与重力垂线夹角(3.00 ± 0.18)°, 胫股角(183.08 ± 0.72)°, 胫股角较术前比较差异有统计学意义($t = 5.597, P = 0.001$), 膝内外翻畸形较术前均得到良好的校正; 无合并内外翻畸形64例患者术后下肢力线与重力垂线夹角(2.97 ± 0.05)°, 胫股角(182.88 ± 0.53)°, 两者与术前比较,差异均无统计学意义($t_{前者} = 0.725, P = 0.487, t_{后者} = -2.090, P = 0.070$)。

3 讨论

膝关节是人体最大的关节之一,其解剖结构复杂,易受到外伤和多重病变的困扰,导致其功能受损,严重影响患者的日常生活质量,近年来随着医学的发展,全膝关节置换术已经成为膝关节病变患者有效的治疗手段,并具有很好的安全性和有效性,但其手术精确度要求高,特别对一些合并膝内外翻畸形患者,所做的手术计划也不尽相同,稍有偏差可能会影响患者的手术效果,因此在术前及术后都要对其进行全面的评估^[4-6],限于影像技术的发展,以往膝关节置换术患者仅能通过拍摄双膝关节正位来观察患膝关节的局部情况,无法对整个下肢(如下肢力线、胫股角等)进行有效的评估,因而不能对手术患者术前手术方案制定及术后疗效评估提供有用的参考。

随着医学影像技术的不断发展,当YANIV等人^[7]提出X射线图像拼接技术理论,使得重构人体长骨全景图像的愿望成为现实。但是在模拟X射线成像时代,因为没有相对长的暗盒及胶片,只能拍摄骨盆、股骨中上段、股骨中下段、膝关节、胫腓骨及踝关节片,然后从上到下依次将照片进行重合拼接和测量相关数据,该技术耗时长,射线剂量高,图像质量不佳。上世纪80年代,X射线摄影进入数字化摄影时代,许多CR厂家都开发长骨拼接软件,但获得的图像在“IP板”交界处拼接处痕迹明显,多次拼接也可导致整体密度不均匀^[8],不能完全满足临床的需求。DR的临床应用,使得双下肢全长摄影得到一定的改善^[9],许多DR生产厂家并为之提供相应的硬件和软件支持系统^[10],但大都是采用分段、分次曝光摄影技术,由于拍摄角度的不完全相同、曝光条件的不同,患者在拍摄过程中坚持不久会有细微或较大的晃动等原因,可导致拼接时存在误差、

出现重叠过多或少或拼接不上等问题。为避免该问题,也有医院采用多层螺旋CT或MR双下肢扫描后再进行图像后处理获得下肢骨全长的图像,但存在辐射剂量较高,扫描时间长,且价格昂贵等缺点^[11-14]。

动态平板系统的狭缝拼接摄影技术弥补以上各种方法的缺陷和不足,是在整个影像系统滑动的同时X射线做狭缝状摄影,成像速度更快,检查床和球管在成像过程中可以任意角度进行投射,保证X射线的垂直摄入,在一定程度上消除因体位方向上的放大效应,其探测器采集数据敏感性高,加入多重提高图像质量的功能,如最少脉速率为3.75 FPS的脉冲透视功能、自动透视滤波器、自动格式准直系统、自动剂量率控制功能等,使图像更加精确。同时在射线剂量方面,X射线的垂直摄入、探测器采用多重降低辐射剂量的功能在一定程度上减少患者的辐射剂量^[15-17]。

89例使用狭缝全景技术双下肢全长摄影,检查时间快,部分相对较重的患者也很容易扫描成功,同时成像时球管与平板同步运动,床面保持不动,保持患者和床面的相对稳定,再加上扫描前使用固定带将患者的胸部及腹部固定,进一步减少因晃动而产生的伪影,保证采集的每段图像质量,杜绝后期图像拼接过程中的错位现象。所有患者检查前均严格摆好体位,在极短的时间内透视确定自动设定曝光参数,患者所受的辐射剂量也大大减低。在图像后处理方面,扫描的原始分段(24~26段)的图像传输至工作站,通过点击Slot软件进行拼接,拼接时间一般在3s左右,同时可对图像的窗宽、窗位进行适当的调节,进一步保证图像的质量,计算机自动拼接有效地避免一些人为的错误。

通过笔者从成像技术、图像质量,以及在膝关节置换术的临床应用对Slot双下肢全长摄影全面的探讨。笔者认为,与传统的双下肢成像技术比较,其具有操作简单、成功率高、畸变率低、测量精度高、图像质量好以及无拼接痕迹等优点,对患者术前评估及术后复查具有重要的临床价值。但是在检查中要求技师必须熟练掌握其性能,严格摆位,在图像拼接完成后必须标有相应的比例刻度标尺,以利于胶片打印长度的测量计算。而且对严重“X”形或“O”形腿患者,由于扫描部位不在视野范围内,不能进行检查。同时全景影像涉及到图像拼接技术和后处理方法,设备的可靠性及效准很重要,需要定期进行质控和调试。

参考文献:

[1] 陈汉忠,徐向东.与在下肢全长摄影中的应用比较[J].放射学实

- 践, 2009, 24(2): 209-211.
- [2] MORELAND J R, BASSETT, L W, HANKER G J. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity[J]. Bone Joint Surg Am, 1987, 69(5): 745-749.
- [3] SIKORSKI J M. Alignment in total knee replacement[J]. Bone Joint Surg Br, 2008, 90(9): 1121-1127.
- [4] 李玉安, 谷长跃, 王佳音. 膝关节置换术及假体的研究进展 [J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(6): 1462-1464.
- [5] 童培建. 复杂全膝关节置换术的手术策略 [J]. 中医正骨, 2013, 25(1): 3-6.
- [6] 谭基明, 吴伟康, 黄培春, 等. 外科病理生理学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 1019.
- [7] YANIV Z, JOSKOWICS L. Long bone panoramas from fluoroscopic X-ray images[J]. IEEE Trans Medical Imaging, 2004, 23(1): 26-36.
- [8] 白亚妮, 贺洪德, 邓振生, 等. CR 在双下肢全长投照技术中的应用 [J]. 实用放射学杂志, 2006, 22(9): 1141-1142.
- [9] 付贝, 王敏杰, 汪军, 等. DR 全脊柱成像技术应用探讨 [J]. 生物医学工程学进展, 2008, 29(1): 32-33.
- [10] 陈华平, 蒋书情, 杜云, 等. Foto Canvas 软件在全脊柱摄影中的应用 [J]. 放射学实践, 2009, 24(9): 1044-1046.
- [11] 罗志鸿, 陈胜利, 谢琦, 等. CR 双下肢全长图像拼接的摄影参数探讨及其临床应用价值 [J]. 医疗卫生装备, 2009, 30(6): 71-73.
- [12] 宋维通, 李忠, 李旭明, 等. 全脊柱 DR 与 CR 成像质量的对比分析 [J]. 实用放射学杂志, 2008, 24(7): 973-975.
- [13] SAMEI E, FLYNN M J. An experimental comparison of detector performance for direct and indirect digital radiography systems[J]. Med Phys, 2002, 29(4): 447-459.
- [14] 范志刚, 许波, 潘林鑫, 等. 图像拼接软件在数字化摄影中的应用 [J]. 中国医学影技术, 2010, 2(4): 782-783.
- [15] 付丽媛, 梁永刚, 陈自谦, 等. Slot 双下肢全长负重位 X 线摄影在全膝关节置换术前的应用 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2011, (6): 480-482.
- [16] NOTO, K, et al. [Optimization of X-ray conditions for full spine X-ray examinations in slot-scan digital radiography[J]. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2011., 67(11): 1438-1442.
- [17] LEE K H, et al. Slot-scan digital radiography of the lower extremities: a comparison to computed radiography with respect to image quality and radiation dose[J]. Korean J Radiol, 2009, 10(1): 51-57

(王荣兵 编辑)