

老师要用这个文章去答辩，怕到时候评审老师问问题
黄的标注的给解释一下或者修改更直白一点

有修改批注的 按批注修改

三维重建技术在法医临床骨折畸形愈合鉴定中的精准化应用

张旋

北京赛博威锋科技有限公司司法鉴定中心 北京市
(100020)

【摘要】目的 研究及讨论三维重建技术在法医临床骨折畸形愈合鉴定中的精准化应用。方法 选择 2025. 1-2025. 11 月于我司法鉴定机构进行法医临床鉴定的 58 例患者进行研究，依据影像学检查方法不同分成对照组（n=28）和实验组（n=30），对照组提供传统 X 线评估，实验组为薄层 CT 扫描并进行三维体积重建，分析两组畸形类型检出率、测量数据一致性、判断结论争议率差异。结果 实验组畸形检出率明显高于对照组 $p<0.05$ ，三维重建打磨可以实现成角、旋转、短缩和关节面塌陷程度的准确化测量，其一致性明显高于对照组， $p<0.05$ ，三维重建技术的鉴定结论争议率更低， $p<0.05$ 。结论 选择三维重建技术在法医临床骨折畸形愈合鉴定中具有良好的应用价值。

【关键词】 三维重建技术；法医；临床；骨折畸形；愈合；鉴定；精准化应用；

在开展法医临床鉴定的过程中，骨折后畸形愈合是引发纠纷和鉴定的常见原因。其鉴定的核心在于客观、准确地评估畸形类型、程度和关节功能丧失、神经血管损伤或者后遗症等因素^[1]。传统的方式是依据 X 线平片，但其二维叠加成像，会导致旋转畸形、复杂平面成角或者关节内骨折块移位评价存在不足，测量结果因投照角度、技师经验影响相对较大，易发生争议，当前医学影像技术不断进步，计算机图形学不断发展，基于 CT 数据的三维重建技术日趋成熟。从临床的角度来看，成角角度是指骨折愈合后骨干在冠状位上偏离生理轴线的角度，也是评估力线的核心参数；旋转角度是指骨折远端绕骨纵轴发生的扭转曲度，对肢体的旋转功能造成影响；短缩长度是指骨折愈合后患侧对于健侧的实际长度损伤，与肢

删除[洋气的名字]: 讨论及研究

删除[洋气的名字]:

删除[洋气的名字]: ；

删除[洋气的名字]:

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: ，

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色, 突出显示

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色

删除[深水的鱼]: 空位移

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色, 突出显示

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: ，

删除[洋气的名字]: 挠

删除[洋气的名字]: 。

删除[洋气的名字]: 肢

体功能、步态相关；关节面台阶指关节内骨折愈合后关节面的不平整程度，也是评估创伤性关节炎风险的重要指标。上述分类为法医学理化评估提供了依据。本文通过分析三维重建技术在法医临床骨折畸形愈合鉴定中的精准化应用进行讨论，现报道如下：

1 资料与方法

1.1 一般资料

本次研究患者的数量为 58 例，时间跨度为 2025 年 1 月份至 2025 年 11 月份。男性 30 例，女性 28 例，年龄范围 28-74 岁，平均 52.52±2.41 岁，分析损伤部位包括胫腓骨 22 例；股骨 12 例；肱骨及尺桡骨 15 例，踝关节及跟骨 9 例，患者伤后时间超过了 6 个月，行临床治疗和影像学确认已经达到骨性愈合标准，所有患者的性别、年龄、损伤部位分布差异不大，p>0.05，差异具备统计学意义。

纳入标准：外伤史明确，经临床影像学确诊；伤后时间超过 6 个月，影像学确诊已达临床治疗终结状态；

排除标准：病理性骨折；合并严重的骨关节疾病影像测量的患者；影像学资料不全的患者；

1.2 方法

对照组：依据《法医临床影像学检验实施规范》的要求，对受伤部分分别拍摄正面和侧面的标准 X 光片。

实验组薄层 CT 扫描并进行三维体积重建，选择西门子 SOMATOM Force 双源 CT 扫描仪完善患者的患侧以及健侧相应部位的薄层扫描，管电压 120kv；自动管电流调制，层厚 0.625mm，螺距 0.8，依据高分辨率骨算法重建，将原始数据导出。之后在矢状位、冠状位和任意斜面进行重建，完善精准测量成角角度管理；设置合适的阈值，生成骨髓表面三维模型，可 360 度旋转观察，直观评估整体畸形情况，了解骨赘生成和关节对应关系^[2]。将侧健骨骼的 3D 模型完成镜像翻转，之后通过特征点或者表面配准算法，与患侧模型完成空间对比，量化患侧的旋转畸形角度和长度管理，沿关节面走行或者骨髓长轴完成曲面重建，评估关节面台阶的连续性、长骨生理弧度改变。

1.3 观察指标

1.3.1 对比两组各类畸形的识别能力。

删除[洋气的名字]: 。

删除[洋气的名字]: 伤口已经愈合

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色, 突出显示

设置格式[深水的鱼]: 字体颜色: 紫色

删除[深水的鱼]: 拍摄患处或者健侧的对照部位标准正、侧位 X 线平片。

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

1.3.2 采用组内相关系数 ICC 评估不同测量者之间以及同一测量者多次测量结果之间的一致性，通常认为，ICC 值大于 0.75 就表示一致性很好。

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

1.3.3 分析鉴定意见出具后，当事人因对畸形认定不服提出正式异议的案例比例。

删除[洋气的名字]: 理

1.4 统计学方法

研究所得到的数据均采用 SPSS 23.0 软件进行处理。（ $\bar{x} \pm s$ ）用于表示计量资料，用 t 检验；（%）用于表示计数资料，用（ χ^2 ）检验。 $P < 0.05$ 。

删除[深水的鱼]: 间及测量者内的一致性，其中有物
ICC>0.75 为一致性良好；

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

2 结果

2.1 实验组检出数量为 30 例，占比 100.00%，明显高于对照组 5 例，占比 17.90%；

$\chi^2=40.861, p < 0.05$ ；

2.2 三维重建技术各项测量 ICC 值高于 0.95，具有极高的可重复性。X 线片测量的 ICC 值在 0.65-0.85 之间，旋转畸形测量的 ICC 最低为 0.42，具有较强的主观差异。

分析两组测量指标一致性

测量指标	实验组（3D 重建）		对照组（X 线）	
	测量者间 ICC	测量者内 ICC	测量者间 ICC	测量者内 ICC
成角角度（°）	0.982	0.99	0.823	0.851
旋转角度（°）	0.973	0.981	0.42	0.518
短缩长度（mm）	0.991	0.995	0.781	0.812
关节面台阶（mm）	0.961	0.985	0.654	0.723

2.3 实验组 30 例患者有 2 例有异议，占比 6.67%；对照组 28 例，异议为 9 例，占比 32.14%；差异具有统计学意义， $p < 0.05$ 。

3 讨论

在法医临床鉴定的过程中，对骨折后畸形愈合的准确评估是依据损伤的程度、评定伤残的等级、分析医疗过错以及损害后果之间的因果关系进行评估，也是处理相关医疗纠纷和人身伤害伴并发症争议的关键技术环节^[3]。从传统的角度来看，评估是依据 X 线平片，但二维成像存在明显的局限性，一旦出现图像重叠无法有效地显示旋转畸形或者复杂的三维空间关系，在描绘不足或者测量结果受投照的角度以及阅片人员经验的影响时，会导致鉴定结论存在争议或者挑战^[4]。当前计算机断层扫描技术的普及，计算机图形学、数字图像处理技术迅速发展，基于 CT 数据的三维重建技术为法医学领域提供了全新的可视化定量分析工具。

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[深水的鱼]: 解决医疗弹性组织增生

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[洋气的名字]: 的

依据研究可以看出，实验组的畸形检出率达到了 100%，对照组只是 17.90%，差异具备统计学意义， $p < 0.05$ 。分析原因：传统的 X 线平片是依据三维解剖结构

在二维平面上的投影叠加，若为单纯的前后或者侧方成角，明显的缩短畸形，X线片虽然可以提供一定的信息，但对于旋转畸形的诊断，在长骨骨折畸形愈合当中对肢体功能影响重大的畸形类型，X线平片的诊断能力受到限制^[5-6]。旋转移位评估是依据骨性标志的间接观察和丰富的经验推断，主观性强，误差也更大。对照组在旋转畸形测量上的组内相关系数明显偏低，充分地说明了主观评估并不可靠。除此之外，对于关节内骨折畸形愈合，若胫骨平台塌陷、踝关节关节面台阶状态错位，X线平片因结构重叠无法清晰地显示骨折块的精确位移以及关节面的连续性中断。

通常来看，三维重建技术是通过阈值分割、表面渲染等算法，将连续的薄层CT数据重建成可以任意角度旋转、缩放、透视的三维立体模型，充分地突破了二维视野的束缚，鉴定人员可以结合实物骨骼标本，从冠状位、矢减位、轴位和余自定义斜面全方位审视愈合后的状态^[7]。旋转移位在三维模型当中一目了然，将患侧模型与镜像释放后的健侧模型完成空间的配置，可以精确量化旋转的角度。对于出现关节内畸形的患者三维重建可以清晰地显示关节面的塌陷范围、深度，依据多平面重建沿关节面走行的方向，生成曲面重建图像，精确地测量关节面台阶的高度，为创伤性关节炎的发生风险提供影像学依据^[8]。

法医书写要求客观、公正，测量数据可靠性和一致性作为鉴定结论科学的基石，依据研究 ICC 分析为此提供了有力的数据支持，实验组在成角角度、旋转角度、短缩长度以及关节面台阶的相关指标明显高于对照组，具有较高的一致性。三维重建技术的高一致性与其提供了稳定的唯一的数字化模型，从原始 CT 数据生成三维模型，可能为后续测量提供依据，不会受到后续的观察角度的变化影响^[9]。测量者可以在模型上准确地选择解剖的标志点，由软件来计算角度、距离和体积，有效地减少了人为划线，目测估读带来的随机误差。而健患侧匀配技术可以为旋转以及长度差异测量提供指导价值。依据计算机算法可以精确计算，避免了依赖肉眼在 X 线片上寻找对称轴或者参考线的主观性。而且三维测量通常具备保存测量路径和参数的功能，在完全相同的条件下再次测量，保证了结果的准确性。

鉴定结论的争议率高低与鉴定技术的公信力和沟通效率相关。传统的 X 线片因为影像的抽象性以及释放的主观性，导致非专业人员出现困惑，依据研究可以

删除[洋气的名字]: 。

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[深水的鱼]: 组内相关系数对更低

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: 的

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[深水的鱼]: 记录

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]:

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: 评估

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]:

删除[洋气的名字]: 的

看出，三维重建技术的争议率更低， $p<0.05$ ，三维重建技术具有直观可视化的说服力，三维模型生动、立体，可以清晰的看到骨骼畸形的形态、成角的方向、旋转的错位，而且具有精确角度、长度数据管理的功能，提升了鉴定的准确性。而且该种诊断方式沟通效率更佳，可以直观地记录畸形如何导致活动受限、力线改变或者继发性损伤，以提升论证的高效性^[10]。

综上所述，与传统的X线相比，基于CT数据的三维重建技术在法医临床骨折畸形愈合鉴定当中，可以实现畸形的全景式、无死角的检出，提供高客观、可重复的精确量化数据，具有较佳的可视化效果，值得推广实施。

参考文献

[1] 陈兵,陈运久,侯伟,罗容智,黄昀桀,曹成安.运用CT三维重建技术测量骨质疏松性椎体压缩骨折与中青年创伤性胸腰椎骨折患者椎弓根宽度的临床价值[J].西部医学,2024,36(8):1175-1179.

[2] 高岩,刘震钢,李小硕,韩子旭.MSCT三维骨重建技术在髋关节骨折诊断及治疗中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(2):157-159.

[3] 高艳,潘小文,董晚亭,肖鹏.64层螺旋CT联合三维重建在股骨颈骨折治疗方案选择和预后评估中的价值[J].武汉大学学报(医学版),2024,45(7):836-841.

[4] 李鹏,韩小松,向柄彦,何颖异,黄坤,刘利,罗洪建,阮世强.数字化三维重建在老年股骨转子间骨折半髋关节置换中的应用及经济学效果[J].中国组织工程研究,2024,28(18):2814-2818.

[5] 赵梓杨,张玲娟,王云肖,代福月,董欣.CT平扫联合三维重建诊断不同下颌髁突骨折类型、骨骼移位类型和软组织损伤的效能分析[J].生物医学工程与临床,2024,28(2):180-185.

[6] 陶克波.对比X线平片与CT三维重建技术在脊椎骨折诊断中的临床应用价值[J].中国实用医药,2025,20(17):74-76.

[7] 江湛涛,庄润周.肋骨骨折切开复位内固定术前CT三维重建联合超声定位对患者预后的影响研究[J].中国实用医药,2025,20(22):69-71.

[8] Xiong W ,Wu Y ,Lu D , et al.P427 – Robot-assisted posterior urethral reconstruction with quantitative three-dimensional reconstruction for the treatment of male traumatic urethral atresia following complex pelvic fractures: The preliminary experience from a Chinese robotic reconstruction urological surgery center[J].European Urology,2025,87(S2):S434-S434.DOI:10.1016/J.EURURO.2025.09.2867.

[9] Fan Y ,Zhengang L ,Pengfu L , et al.Analysis of Potential Risk Factors for Cement Leakage into Paraspinal Veins after Vertebroplasty for Acute Osteoporotic Vertebral Fractures Based on a 3D Reconstruction Technique: A Retrospective Matched Case-Control Study.[J].Orthopaedic surgery,2023,15(12):3209-3222.DOI:10.1111/OS.13924.

[10] Guangzhou L ,Qing W .Detailed observation of anatomical location and pattern in Hangman's fracture based on computed tomography three-dimensional

删除[洋气的名字]: 、

删除[洋气的名字]: 的

删除[洋气的名字]: 关

删除[深水的鱼]: 可以降低地论的争议率，说明了法医临床影像学的主观、定性，提升鉴定的科学

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

删除[深水的鱼]: 性

设置格式[洋气的名字]: 突出显示

reconstruction.[J].Journal of orthopaedic surgery and
research,2023,18(1):136-136.DOI:10.1186/S13018-023-03622-X.