

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.20.055

## 螺旋 CT 三维重建指导股骨转子间骨折分型及稳定性评估\*

冯吉庆<sup>1</sup> 祁学强<sup>2△</sup> 曹华佗<sup>2</sup> 贺世集<sup>1</sup> 谢斌<sup>1</sup>

(延安市人民医院 1 骨科三病区; 2 骨科一病区 陕西 延安 716000)

**摘要 目的:**探究螺旋 CT 三维重建指导股骨转子间骨折(IFF)分型及稳定性评估的应用价值。**方法:**选取 2022 年 1 月-2023 年 11 月于本院接受手术治疗的 102 例 IFF 患者为对象,所有患者均于术前接受 X 线、螺旋 CT 扫描,分析患者 CT 三维重建成像典型影像表现;以术中诊断的 Evans-Jensen 分型为"金标准",评估 CT 三维重建对 IFF 分型、稳定性诊断的准确性。**结果:**102 例 IFF 患者中,Evans-Jensen 分型为 I 型 17 例、II 型 48 例、III 型 27 例、IV 型 6 例、V 型 4 例。术前 CT 三维重建诊断 IFF 分型的准确率为 94.12%(Kappa 值=0.864),明显高于术前 X 线片诊断 IFF 分型的准确率(84.31%、Kappa 值=0.725),差异比较有统计学意义( $P<0.05$ )。术前 CT 三维重建对冠状位骨折、外侧壁不完整及骨折端不稳定的检出率均高于 X 线片( $P<0.05$ )。**结论:**螺旋 CT 三维重建对 Evans-Jensen 分型的诊断准确率较高,与术中诊断结果一致性较好,同时可准确呈现 IFF 骨折的详细解剖学变化。

**关键词:**股骨转子间骨折; X 线; 螺旋 CT 三维重建; Evans-Jensen 分型; 稳定性

中图分类号:R604 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2024)20-3996-05

## Effect of Spiral CT Three-Dimensional Reconstruction in Guiding Classification and Stability Evaluation of Intertrochanteric Femoral Fracture\*

FENG Ji-qing<sup>1</sup>, QI Xue-qiang<sup>2△</sup>, CAO Hua-tuo<sup>2</sup>, HE Shi-ji<sup>1</sup>, XIE Bin<sup>1</sup>

(1 Orthopedic Third Ward; 2 Orthopedic First Ward, Yan'an People's Hospital, Yan'an, Shaanxi, 716000, China)

**ABSTRACT Objective:** To explore the application value of spiral CT three-dimensional reconstruction in guiding classification and stability evaluation of intertrochanteric femoral fracture (IFF). **Methods:** A total of 102 patients with IFF who underwent surgical treatment in the hospital from January 2022 to November 2023 were selected as the subjects. All patients underwent X-ray and spiral CT scanning before surgery. The typical imaging manifestations of CT three-dimensional reconstruction were analyzed. With Evans-Jensen classification of intraoperative diagnosis as the gold standard, the accuracy of CT three-dimensional reconstruction in diagnosing the type and stability of IFF was evaluated. **Results:** In this study, Evans-Jensen classification results showed 17 cases of type I, 48 cases of type II, 27 cases of type III, 6 cases of type IV, and 4 cases of type V. The accuracy of preoperative CT three-dimensional reconstruction for diagnosing the type of IFF was 94.12% (Kappa value=0.864), which was significantly higher than that of preoperative X-ray (84.31%, Kappa value=0.725) ( $P<0.05$ ). The detection rates of preoperative CT three-dimensional reconstruction for coronary fractures, incomplete lateral wall, and unstable fracture ends were higher than those of X-ray ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** Spiral CT three-dimensional reconstruction is accurate for diagnosing Evans-Jensen type of IFF, and is consistent with intraoperative diagnostic results. At the same time, it can accurately present detailed anatomical changes of IFF.

**Key words:** Intertrochanteric Femoral Fracture; X-Ray; Spiral CT Three-Dimensional Reconstruction; Evans-Jensen Classification; Stability

**Chinese Library Classification(CLC):** R604 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2024)20-3996-05

### 前言

股骨转子间骨折( IFF)是发生于股骨近端的关节囊外骨折,是老年人最常见的骨折类型之一<sup>[1]</sup>。积极手术治疗是目前临床治疗 IFF 的主要趋势,然而受股骨粗隆部生物力学特点、内外侧壁完整性、骨折稳定性等因素的影响,仍存在较高的术后内固定物失效风险,不利于患者康复<sup>[2]</sup>。因此,术前准确分型,不仅有利于提高手术成功率,对改善患者预后、提高其生活质

量也具有重要意义<sup>[3]</sup>。螺旋 CT 在 IFF 诊断方面优势明显,而 CT 三维重建可多角度、多方位连续观察骨折形态,直观呈现骨折线走向、移位程度,有效避免了 CT 诊断漏诊的缺陷<sup>[4]</sup>。为进一步明确螺旋 CT 三维重建在 IFF 分型及稳定性评估中的指导价值,本研究以 102 例 IFF 患者为对象,探究不同分型患者螺旋 CT 三维重建的影像学特征,分析其对骨折端稳定性的评估价值。

\* 基金项目:延安市科技计划项目(2021YF-18)

作者简介:冯吉庆(1988-),男,本科,主治医师,研究方向:骨科相关疾病诊断与治疗, E-mail: fjq2024@163.com

△ 通讯作者:祁学强(1986-),男,本科,主治医师,研究方向:骨科, E-mail: qxq2024@163.com

(收稿日期:2024-04-30 接受日期:2024-05-26)

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 102 例 IFF 患者为对象, 病例纳入时间为 2022 年 1 月-2023 年 11 月。纳入标准: ① 经临床病史、影像学检查证实为 IFF; ② 均为非开放性骨折, 不合并血管损伤或神经损伤; ③ 具有手术指征; ④ 术前行 X 线检查、CT 三维重建, 相关影像学资料完整。排除标准: ① 既往合并 IFF 史、股骨颈骨折史或髋部手术史者; ② 合并股骨头坏死、先天髋关节异常或下肢畸形者; ③ 合并严重心脑血管疾病者。其中, 男 59 例, 女 43 例, 年龄 55~85 岁, 平均年龄(69.74±3.48)岁; 骨折原因: 跌倒伤 69 例、高空坠落伤 23 例、车祸 10 例; 受伤至就诊时间 2~10 h, 平均(5.23±1.48)h。研究经医院伦理委员会批准。

### 1.2 方法

X 线检查: 采用数字化 X 线成像系统(Digital Diagnost 型, philips 公司)进行扫描, 取仰卧位或直立位, 以患者身体中央矢状面为中心线, 摄患侧髋关节正位片。

螺旋 CT 扫描: 患者取仰卧位, 采用 64 层螺旋 CT 扫描仪(PHILIPS Brilliance, philips 公司)进行扫描。扫描范围: 自髌前上棘至股骨中段, 于骨折区扩大 2 cm 位置。

扫描参数: 管电流 220 mA, 管电压 120 kV, 层厚 0.5 mm, 层间距 0.5 mm, 螺距 1.0, 矩阵 512×512 图像重建层厚 0.8 mm。首先行 CT 平扫, 扫描结束后, 对原始图像数据进行薄层重建,

将重建后的图像数据传输至工作站进行后处理, 应用多平面重组(MPR)、表面重建图像(SSD)等技术完成三维重建。

### 1.3 观察指标

(1) 分析 IFF 患者 CT 三维重建成像的典型影像表现; (2) 以术中诊断的 Evans-Jensen 分型为 "金标准", 比较 X 线片、CT 三维重建对 IFF 分型的诊断准确性; (3) 比较 X 线片、CT 三维重建对冠状位骨折、外侧壁完整性及骨折端稳定性的诊断结果。

### 1.4 统计学处理

SPSS24.0 软件进行数据分析。计数资料以  $n(\%)$  表示, 行  $\chi^2$  检验或秩和检验; 一致性采用 Kappa 值进行评价; 检验水准:  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 IFF 患者 CT 三维重建成像典型影像表现分析

102 例 IFF 患者中, 经手术诊断 Evans-Jensen 分型为 I 型 17 例, I 型患者骨折线由远端经粗隆间, 无移位; II 型 48 例, II 型患者骨折无移位或部分移位, 大转子完整, 可伴随有小转子撕脱骨折, 股骨距完整; III 型 27 例, III 型患者骨折明显移位, 骨折涉及大转子和股骨距, 外侧骨皮质不完整, 内侧皮质无法对合; IV 型 6 例, IV 型患者可见粉碎性骨折线, 骨折线不清晰, 骨折明显移位; V 型 4 例, V 型患者可见明显的粉碎性骨折, 骨折远端脱离。

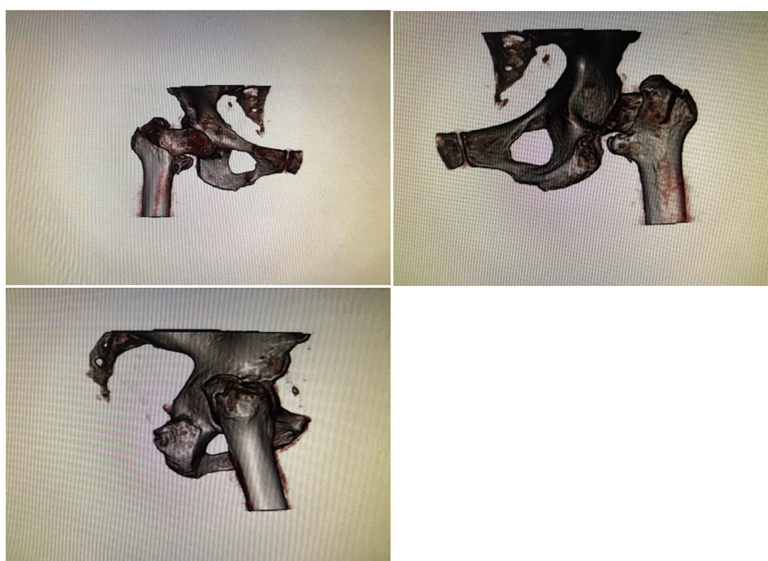


图 1 Evans-Jensen 分型 III 型患者 CT 三维重建图像。患者女, 76 岁, 右股骨转子间骨折, 骨折累及大转子及股骨距

Fig. 1 CT three-dimensional reconstruction images of an Evans-Jensen type III patient. A female patient aged 76 with right intertrochanteric femoral fracture involving the greater trochanter and femoral calcar

### 2.2 X 线片、CT 三维重建诊断 IFF 分型的结果比较

术前 X 线片、CT 三维重建诊断 IFF 分型的准确率分别为 84.31%、94.12%, Kappa 值分别为 0.864、0.725。CT 三维重建对 IFF 患者分型的诊断准确率明显高于 X 线片( $P<0.05$ )。见表 1。

### 2.3 X 线片、CT 三维重建诊断冠状位骨折、外侧壁完整性及骨折端稳定性的结果比较

X 线片与 CT 三维重建诊断冠状位骨折、外侧壁完整性及

骨折端稳定性的结果比较, 差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 2。

## 3 讨论

IFF 在临床中较为常见, 约占髋部骨折的 29%~44%, 治疗方式主要包括保守治疗和手术治疗<sup>[5]</sup>。受保守治疗并发症发生风险较高、患者预后较差等因素的影响, 手术治疗成为目前治疗 IFF 公认的首选方法<sup>[6]</sup>。合理的手术方案、精准的手术指导是

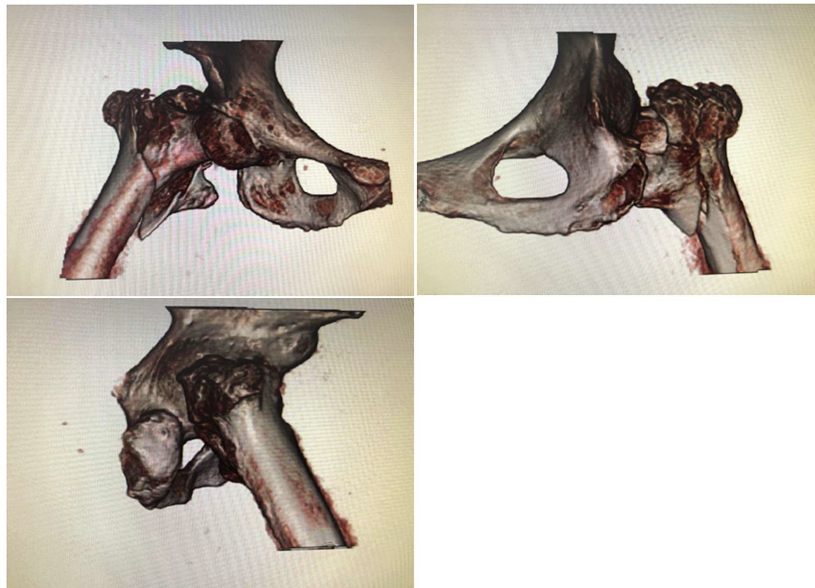


图 2 Evans-Jensen 分型IV型患者 CT 三维重建图像。患者女,81 岁,右股骨转子间骨折,骨折累及大小转子及股骨距,骨折为粉碎性骨折  
Fig. 2 CT three-dimensional reconstruction images of an Evans-Jensen type IV patient. A female patient aged 81 with right intertrochanteric femoral fracture involving the greater trochanter and femoral calcar. The fracture type is comminuted fracture.



图 3 Evans-Jensen 分型V型患者 CT 三维重建图像。患者男,72 岁,左股骨转子间骨折,骨折累及大小转子及股骨距,骨折线由内上斜向外下  
Fig. 3 CT three-dimensional reconstruction images of an Evans-Jensen type V patient. A male patient aged 72 with left intertrochanteric femoral fracture involving the greater and lesser trochanter. The fracture line shows a direction from inside superior oblique to outside inferior oblique.

表 1 X 线片、CT 三维重建对 IFF 患者分型的诊断准确性比较[n(%)]

Table 1 Comparison of diagnostic accuracy between X-ray and CT three-dimensional reconstruction in the classification of patients with IFF [n(%)]

Inspection methods	Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V	Accuracy rate
X-ray film	22(21.57)	43(42.16)	24(23.53)	6(5.88)	7(6.86)	86(84.31)
CT three-dimensional reconstruction	15(14.71)	48(47.06)	29(28.43)	7(6.86)	3(2.94)	96(94.12)
$\chi^2$						5.095
<i>P</i>						0.024

提高患者生存质量的重要举措,术前明确 IFF 分型,对指导手术的顺利进行意义重大。影像学检查是骨折常用的辅助诊断方

法,可通过准确分型为骨折的临床诊疗提供参考<sup>[7]</sup>。

X 线片检查可直观显示股骨骨髓基底部至小粗隆以上部

表 2 X 线片、CT 三维重建诊断冠状位骨折、外侧壁完整性及骨折端稳定性的比较[n(%)]

Table 2 Comparison between X-ray film and CT three-dimensional reconstruction for diagnosing coronary fracture, lateral wall integrity and fracture end stability [n (%)]

Inspection methods	Coronary fracture		Lateral wall integrity		Fracture end stability	
	Existence	Inexistence	Complete	Incomplete	Stable	Unstable
X-ray film	53(51.96)	49(48.04)	75(73.53)	27(26.47)	78(76.47)	24(23.53)
CT three-dimensional reconstruction	77(75.49)	25(24.51)	61(59.80)	41(40.20)	63(61.76)	39(38.24)
$\chi^2$		12.215		4.928		4.347
P		<0.001		0.026		0.037

分解剖结构的改变,帮助判断骨折分型,是骨科辅助诊断的首选方法。但 X 线片只提供二维图像,检查结果易受体位改变或图像重叠的影响,显示骨折线的效果有限<sup>[8,9]</sup>。螺旋 CT 可清晰显示骨折位置的三维解剖结构及骨折线形态,在避免重叠伪影的同时,从三维角度准确评估骨折线方向、骨皮质情况、骨折移位程度及稳定性等,为临床治疗提供指导意见<sup>[10]</sup>。当前,IFF 分型方式较多,常见分型方式包括 AO 分型、六部分分型、Evans-Jensen 分型等<sup>[11]</sup>。其中,AO 分型将 IFF 分为 3 型共 9 个亚型;六部分分型是依据骨折粉碎的区域及大小、外侧壁的状况提出的分型标准,共有 5 个分型;Evans-Jensen 分型将 IFF 分为 6 型。有学者研究<sup>[12]</sup>发现,基于计算机辅助系统的 CT 三维重建可充分显示股骨转子部三维结构,与六部分分型具有较高的一致性。周海东等<sup>[13]</sup>分析了 CT 三维重建在 IFF 患者 AO 分型中的应用价值,发现 CT 三维重建能识别 X 线片显示是稳定性骨折而实际是不稳定性骨折的情况,基于 CT 三维重建的 AO 分型的一致性、分型准确性均高于 X 线片。但 CT 三维重建对 Evans-Jensen 分型的指导作用有待进一步明确。本研究结果显示,不同 Evans-Jensen 分型患者 CT 三维重建影像特征不同,I 型、II 型患者骨折无移位,粗隆间清晰斜向骨折线;III 型患者骨折移位明显。CT 三维重建能弥补 CT 平扫和 X 线平片的不足,在提供断面扫描图像的同时,还能提供多平面二维重建图像及表面重建图像,多角度立体、直观地显示股骨近端各方向的骨折形态、骨折块数量、大小及骨块翻转移位情况<sup>[14,15]</sup>;此外,CT 三维重建无特殊体位要求,对不同类型骨折的骨折线走向、骨皮质完整情况等均有特征性表现,因而在 IFF 的诊断分型中更具优势<sup>[16,17]</sup>。本研究中,CT 三维重建诊断 IFF 分型的准确率明显高于 X 线片,且与术中诊断分型结果一致性更高,进一步表明 CT 三维重建指导 IFF 分型的有效性与可靠性。赵君等<sup>[18]</sup>的研究也发现,三维 CT 重建弥补了 X 线片检查重叠伪影的局限性,可对骨折线的行走方向、骨皮质完整度作出良好判断,对 IFF 分型诊断的准确度高于 X 线片诊断。

冠状位骨折会影响外侧壁的完整性,而股骨外侧壁完整与否是影响骨折端稳定性的重要因素,对内固定手术方式的选择意义重大<sup>[19,20]</sup>。有学者<sup>[21]</sup>发现,X 线片检查发现冠状位骨折的难度较高,无法清晰显示外侧壁形态受损情况,在反映骨折部位稳定性方面有所欠缺。本研究结果显示,CT 三维重建对冠状位骨折、外侧壁不完整、骨折端不稳定的检出率较 X 线片高,提示 CT 三维重建可减少冠状位骨折、股骨外侧壁骨折的漏诊,准确反映骨折端稳定性情况。考虑与 CT 三维重建可提供

清晰度高、对比性强的增强影像有关<sup>[22]</sup>。CT 三维重建骨折分型的准确性更高,稳定性评估更加精确,能发现 X 线片检查无法诊断的不稳定性骨折情况,这对于避免内固定选择错误、降低内固定手术失败风险具有重要的临床意义<sup>[23,24]</sup>。值得注意的是,临床实践显示 MPR 技术的定位准确度仍有提升空间,这也在一定程度上影响了 CT 三维重建对 IFF 诊断分型的误诊漏诊率<sup>[25]</sup>。因此,有必要综合应用多种重建技术以提高诊断准确性,正确指导手术治疗,提高手术疗效。

综上所述,螺旋 CT 三维重建可准确呈现 IFF 骨折的详细解剖学变化,在指导 Evans-Jensen 分型、诊断冠状位骨折、外侧壁完整及骨折端稳定方面具有良好的应用价值,可为临床诊疗提供可靠的影像学资料。本研究纳入样本量较少,未对 CT 三维重建在 IFF 骨折块数量、骨折皮质连续性及术式选择方面的诊断及指导价值进行分析。后续研究中,拟进一步扩大样本量,对本研究结论进行验证,并深入分析 CT 三维重建指导临床 IFF 术式选择的应用价值。

#### 参考文献(References)

- [1] Polat G, Bayram S, Gökçeoğlu YS, et al. The Effect of Bone Morphology on Fracture Type and Treatment Result in Patients with Intertrochanteric Femur Fracture Aged over 65 year [J]. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2022, 28(12): 1731-1738.
- [2] 李冰冰,张艳,李立,等.不同固定方式对老年股骨转子间骨折患者术后早期负重的影响[J].*中华创伤骨科杂志*, 2023, 25(12): 1100-1104.
- [3] 杜异凡,袁赞安,李玲.防旋转股骨近端髓内钉与 interTan 髓内钉治疗股骨转子间骨折的效果对比[J].*罕见疾病杂志*, 2023, 30(10): 81-83.
- [4] 王科学,秦毅,赖国维,等.基于 CT 三维重建的"基座"理论在股骨转子间骨折分型中的临床意义[J].*局解手术学杂志*, 2022, 31(12): 1062-1067.
- [5] Yang QH, Chen YX, Zhu DY, et al. Geographic Variations in Intertrochanteric Femoral Fractures in China [J]. *Biomed Res Int*, 2019, 17(1): 8396723.
- [6] 张琪琪,陈先帅,丁超,等.不同体位下股骨近端防旋髓内钉治疗老年股骨转子间骨折的疗效比较[J].*临床骨科杂志*, 2023, 26(1): 94-98.
- [7] Fischer H, Maleitzke T, Eder C, et al. Management of proximal femur fractures in the elderly: current concepts and treatment options[J]. *Eur J Med Res*, 2021, 26(1): 86.
- [8] 熊士凯,史尉利,王安鸿,等.腓骨远端撕脱骨折的影像学诊断:踝关节 X 线与 CT 三维重建的比较[J].*北京大学学报(医学版)*, 2023,

- 55(1): 156-159.
- [9] 裴保安, 段姗姗, 贾庆运, 等. 股骨转子间骨折髓内钉固定术后稳定性 X 线三柱评分标准的提出及其临床应用 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23(3): 221-227.
- [10] 刘明宇, 程子文, 姚双权, 等. CT 三维重建引导下双平面克氏针撬拨辅助复位与切开复位治疗股骨颈骨折的疗效比较[J]. 中国微创外科杂志, 2023, 23(6): 456-461.
- [11] Yıldırım C, Murato ğ lu OG, Turan K, et al. The intra- and interobserver reliability of five commonly used intertrochanteric femur fracture classification systems [J]. Jt Dis Relat Surg, 2022, 33(1): 187-192.
- [12] 赵飞, 姚忠军, 张弥. 基于计算机辅助系统对三维 CT 重建成像的股骨转子间骨折分型的临床研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(1): 179-182.
- [13] 周海东, 潘志军, 徐宏宇, 等. CT 三维重建在股骨转子间骨折 AO 分型中的价值[J]. 临床骨科杂志, 2019, 22(1): 81-84, 88.
- [14] 冯延冰, 李刚. X 线平片与 MSCT 三维重建在桡骨远端骨折诊断中的价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(3): 174-176.
- [15] 杨鑫, 黄京城, 胡景卉, 等. 三维重建 CT 影像组学诊断椎体急性轻度压缩性骨折[J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(11): 1710-1715.
- [16] Cho JW, Kent WT, Yoon YC, et al. Fracture morphology of AO/OTA 31-A trochanteric fractures: A 3D CT study with an emphasis on coronal fragments[J]. Injury, 2017, 48(2): 277-284.
- [17] Yao P, Gong M, Shan L, et al. Tibial plateau fractures: three dimensional fracture mapping and morphologic measurements[J]. Int Orthop, 2022, 46(9): 2153-2163.
- [18] 赵君, 韦山, 汪正宇, 等. 三维 CT 重建成像在股骨转子间骨折分型及术式选择中的价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2023, 21(6): 159-161.
- [19] 郭天庆, 薛飞, 冯卫. 股骨转子间骨折不同外侧壁分型的内固定治疗策略[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(6): 917-923.
- [20] 冯俊超, 高明暄, 骆文远. 股骨转子间骨折外侧壁与内侧壁的意义 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31(5): 436-440.
- [21] 魏文强, 顾峥嵘, 崔进, 等. 股骨转子间冠状位骨折的形态学分析及其对复位内固定技术的影响 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(9): 1093-1099.
- [22] 熊士凯, 史尉利, 王安鸿, 等. 腓骨远端撕脱骨折的影像学诊断: 踝关节 X 线与 CT 三维重建的比较 [J]. 北京大学学报 (医学版), 2023, 55(1): 156-159.
- [23] Minet C, Reina N, Gracia G, et al. How to improve the performance of acetabulum fracture diagnoses: investigating the use of three-dimensional CT-scan reconstructions [J]. Emerg Radiol, 2022, 29(5): 863-871.
- [24] Shaath MK, Avilucea FR, Lim PK, et al. A New Algorithm for Classifying Acetabular Fracture Patterns on Three-dimensional Computed Tomography Reconstructions Markedly Improves Residents' Ability to Correctly Classify Fractures [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2022, 30(2): 79-83.
- [25] Li B, Hu SJ, Chang SM, et al. The remnant axial cortical length of the proximal femur in pertrochanteric fractures: a three-dimensional computed tomography study and its clinical implications [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2023, 24(1): 941.

(上接第 3973 页)

- [10] Yuan W, Li T, Mo X, et al. Knockdown of CMTM3 promotes metastasis of gastric cancer via the STAT3/Twist1/EMT signaling pathway[J]. Oncotarget, 2016, 7(20): 29507-29519.
- [11] Mohapatra P, Shriwas O, Mohanty S, et al. CMTM6 drives cisplatin resistance by regulating Wnt signaling through the ENO-1/AKT/GSK3 $\beta$  axis[J]. JCI Insight, 2021, 6(4): e143643.
- [12] Chen L, Yang QC, Li YC, et al. Targeting CMTM6 Suppresses Stem Cell-Like Properties and Enhances Antitumor Immunity in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma[J]. Cancer Immunol Res, 2020, 8(2): 179-191.
- [13] Liang HY, Chen SL, Cai SH, et al. CMTM6 recruits T cells within the endocervical adenocarcinoma microenvironment and suppresses cell proliferation via the p53 pathway [J]. J Med Virol, 2023, 95(3): e28605.