

## 螺旋CT及三维重建技术诊断颌面部骨折的价值

武月华, 张爽, 王泽正

南京大学医学院附属口腔医院/南京市口腔医院/南京大学口腔医学研究所, 江苏 南京 210008

**【摘要】目的:**探讨螺旋电子计算机断层扫描(CT)及三维重建技术诊断颌面部骨折的价值。**方法:**选取86例疑似颌面部骨折患者作为研究对象,所有患者入院后行X线检查和多层螺旋CT及三维重建技术检查,以手术结果为金标准,记录两种检查方法诊断的一致性,并比较两种检查方法对颌面部骨折的诊断效能。**结果:**86例疑似颌面部骨折患者经手术后诊断为颌面部骨折71例,其中颧骨16例、鼻骨20例、上下颌骨11例、蝶筛骨12例、颞骨12例;非颌面部骨折15例。以临床手术诊断结果为金标准,86例疑似颌面部骨折经X线诊断为颌面部骨折56例,非颌面部骨折11例,误诊15例,漏诊4例,诊断准确率为77.91%(67/86),阳性预测值为93.33%(56/60),阴性预测值为42.31%(11/26),Kappa值为0.405,具有较低诊断一致性。86例疑似颌面部骨折经螺旋CT及三维重建技术诊断为颌面部骨折68例,非颌面部骨折9例,误诊3例,漏诊6例,诊断准确率为89.53%(77/86),阳性预测值为91.89%(68/74),阴性预测值为75.00%(9/12),Kappa值为0.606,具有较高诊断一致性。X线诊断特异度为73.33%,螺旋CT及三维重建技术诊断特异度为60.00%,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。螺旋CT及三维重建技术诊断敏感度为95.77%,准确率为89.53%,X线诊断敏感度为78.87%,准确率为77.91%,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论:**螺旋CT及三维重建技术在诊断颌面部骨折方面表现出更高的敏感度和诊断准确率。

**【关键词】**颌面部骨折;螺旋CT;三维重建;诊断效能

**【中图分类号】**R816.8

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2024)11-1357-04

## Diagnostic value of spiral CT and three-dimensional reconstruction in maxillofacial fracture

WU Yuehua, ZHANG Shuang, WANG Zezheng

Nanjing Stomatological Hospital/Affiliated Hospital of Medical School/Institute of Stomatology, Nanjing University, Nanjing 210008, China

**Abstract: Objective** To explore the value of spiral computed tomography (CT) and three-dimensional reconstruction in diagnosing maxillofacial fractures. **Methods** A total of 86 patients with suspected maxillofacial fractures were enrolled as the research objects. All patients underwent X-ray examination and multi-slice spiral CT combined with three-dimensional reconstruction. Taking surgical results as the golden standard, the diagnostic consistencies of the two methods were recorded, and the diagnostic efficiency for maxillofacial fractures was compared between two methods. **Results** The surgical results showed that out of 86 patients with suspected maxillofacial fractures, there were 71 confirmed cases (16 cases of zygoma fractures, 20 cases of nasal bone fractures, 11 cases of mandible and maxilla fractures, 12 cases of sphenethmoid fractures and 12 cases of jawbone fractures) and 15 cases of non-maxillofacial fractures. Taking the results of surgical pathology as the golden standard, X-ray showed that there were 56 cases of maxillofacial fractures, 11 cases of non-maxillofacial fractures, 15 cases of misdiagnosis and 4 cases of missed diagnosis, and its diagnostic accuracy, positive predictive value, negative predictive value and Kappa value were 77.91% (67/86), 93.33% (56/60), 42.31% (11/26) and 0.405, respectively, having a low diagnostic consistency. Spiral CT combined with three-dimensional reconstruction showed that there were 68 cases of maxillofacial fractures, 9 cases of non-maxillofacial fractures, 3 cases of misdiagnosis and 6 cases of missed diagnosis, and its diagnostic accuracy rate, positive predictive value, negative predictive value and Kappa value were 89.53% (77/86), 91.89% (68/74), 75.00% (9/12) and 0.606, respectively, having a high diagnostic consistency. The difference in diagnostic specificity between X-ray and spiral CT combined with three-dimensional reconstruction was trivial (73.33% vs 60.00%,  $P>0.05$ ), but the diagnostic sensitivity and accuracy between X-ray and spiral CT combined with three-dimensional reconstruction differed significantly (78.87% vs 95.77%, 77.91% vs 89.53%;  $P<0.05$ ). **Conclusion** Spiral CT combined with three-dimensional reconstruction exhibits higher sensitivity and accuracy in the diagnosis of maxillofacial fractures.

**Keywords:** maxillofacial fracture; spiral computed tomography; three-dimensional reconstruction; diagnostic efficiency

**【收稿日期】**2024-07-23

**【基金项目】**国家自然科学基金(82301103)

**【作者简介】**武月华, 主管护师, 研究方向:颌面部骨折的诊断, E-mail: chenwei601208@163.com

## 前言

颌面部骨折因其解剖结构复杂、临床症状多样,往往给诊断和治疗带来巨大挑战<sup>[1-2]</sup>。传统的影像学检查,如普通X线平片,虽然能够提供一定的诊断信息,但在显示细微骨折、复杂骨折形态以及骨折线走行方面存在明显局限<sup>[3]</sup>。随着现代医学影像技术的发展,螺旋电子计算机断层扫描(CT)及三维重建技术在颌面部骨折诊断中的应用日益广泛<sup>[4-5]</sup>。螺旋CT通过高速扫描和多层面成像,不仅提高图像的清晰度和分辨率<sup>[6]</sup>,还能在短时间内完成大范围的扫描,为临床提供更加全面、精确的骨折信息<sup>[7]</sup>。三维重建技术是基于螺旋CT图像的进一步处理,通过计算机算法将二维图像转化为三维模型,直观展示骨折的形态和位置<sup>[8]</sup>。颌面部骨折的及时诊断和正确治疗对于患者的康复至关重要<sup>[9]</sup>。骨折如果未能及时诊断或治疗不当,可能导致畸形愈合、功能障碍甚至严重并发症<sup>[10]</sup>。因此,探索和应用先进的影像诊断技术,提升诊断的准确性和效率,对于提高患者的预后具有重要意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2022年5月~2023年7月在南京市口腔医院诊治的86例疑似颌面部骨折患者作为研究对象,纳入标准:①患者入院时结合临床表现初步拟诊断为颌面部骨折;②患者研究依从性较高;③患者临床资料完整。排除标准:①患者合并有其他部位骨折;②患者有凝血功能障碍;③患者有精神疾病难以配合研究。其中,男49例,女37例;年龄25~60岁,平均 $(42.59 \pm 8.41)$ 岁;患者骨折至入院时间平均为 $(2.15 \pm 0.54)$  h。本研究符合《赫尔辛基宣言》相关伦理准则,已豁免知情同意及伦理审批。

### 1.2 检测方法

X线片检查:固定患者下颌,扫描位置包括头颅正侧位、下颌骨正侧位、上颌骨华氏位和颧骨轴位。多层螺旋CT及三维重建技术检查:采用64排螺旋CT扫描仪,扫描范围从头顶到下颌,覆盖整个颌面部区域。具体操作步骤如下:①扫描参数设置:扫描时设置电压120 kV,电流220 mA,层厚0.5 mm,层距0.5 mm。为了确保图像的高质量,扫描时间设定为1.0 s,间距1.5 mm。②原始数据重建:扫描结束后,利用软件将原始数据重建为更高分辨率的图像,重建参数设定为层厚0.3 mm,层距0.3 mm,矩阵大小为

512×512,以确保细节的清晰度和精确度。③多平面重建(MPR)技术:采用MPR技术将扫描图像从不同角度进行重建,生成冠状面、矢状面和轴面图像,这些图像有助于全面观察和分析骨折的三维结构。④容积再现(VR)技术:利用VR技术,将扫描数据转化为三维图像,展示骨折的立体结构和周围解剖关系,可直观了解骨折的具体形态和位置。⑤最大密度投影(MIP)技术:MIP技术用于突出显示高密度结构,帮助医生更清晰地看到骨折线和骨折片的具体位置。⑥图像评估:所有重建图像由资深影像学专家和口腔外科医生共同评估,详细分析骨折的部位、形态及其对周围组织的影响。如果图像显示出骨缺损、骨缺陷、骨折片游离或骨折移位等特征,即可做出明确诊断(图1)。

### 1.3 观察指标

以手术结果为金标准,采用Kappa分析两种诊断方式的一致性,分析两种诊断方式的诊断效能。

### 1.4 统计学处理

采用SPSS22.0分析数据,计数资料用率表示,采用 $\chi^2$ 检验,采用Kappa一致性分析两组方法的诊断价值,Kappa值为0~1,Kappa值越高,一致性就越强, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 X线诊断一致性

以临床手术结果为金标准,86例疑似颌面部骨折经X线诊断为颌面部骨折56例,非颌面部骨折11例,误诊15例,漏诊4例,诊断准确率为77.91%(67/86),阳性预测值为93.33%(56/60),阴性预测值为42.31%(11/26),Kappa值为0.405,具有较低诊断一致性。

### 2.2 螺旋CT及三维重建技术诊断一致性

以临床手术结果为金标准,86例疑似颌面部骨折经螺旋CT及三维重建技术诊断为颌面部骨折68例,非颌面部骨折9例,误诊3例,漏诊6例,诊断准确率为89.53%(77/86),阳性预测值为91.89%(68/74),阴性预测值为75.00%(9/12),Kappa值为0.606,具有较高诊断一致性。

### 2.3 两种检测方法诊断效能比较

X线诊断特异度为73.33%(11/15),螺旋CT及三维重建技术诊断特异度为60.00%(9/15),差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。螺旋CT及三维重建技术诊断敏感度为95.77%(68/71),准确率为89.53%(77/86),X线诊断敏感度为78.87%(56/71),准确率为77.91%(67/86),差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。

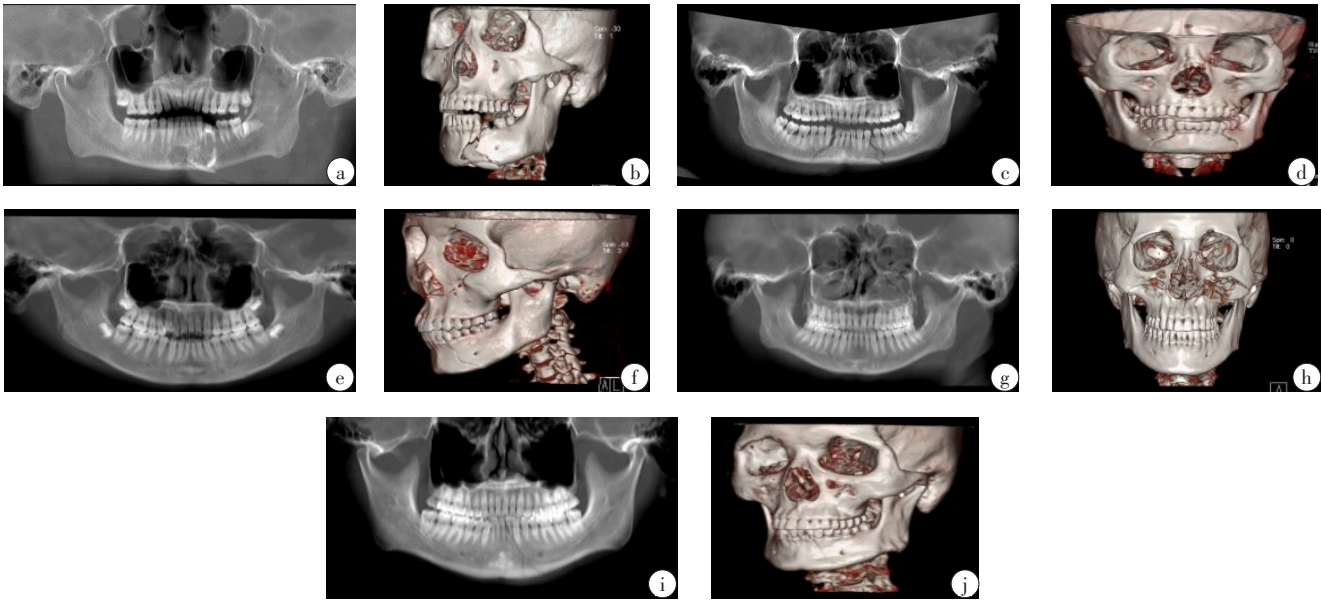


图1 颌面部骨折患者螺旋CT及三维重建结果

Figure 1 Spiral CT and three-dimensional reconstruction results in patients with maxillofacial fractures

a:曲面重建示左下颌2-5牙根位于骨折线上,左下颌4.5根折;b:三维重建技术示下颌骨颏部见多发不规则折裂影,骨折断端错位、嵌顿,舌侧游离骨折片向舌侧移位;c与d示右下颌2、3间牙槽嵴顶至下颌骨下缘,左下颌4区牙槽嵴顶至下颌骨下缘各可见线状裂隙影,骨折断端稍分离错位;e示左下颌骨左下颌2、3间至左下骨下缘见多条不规则骨折线影,断端稍分离,左下颌3在骨折线上,左髁突见纵行裂隙影,右下颌角至右喙突区见斜行骨折线影;f示左侧上颌骨前壁、后外壁见多条裂隙影;g示上颌区骨质紊乱;h示双侧上颌窦前壁、后外侧壁、内侧壁不同程度骨折,以左侧为主,呈粉碎性,左侧上颌窦前壁部分错位塌陷;i示从左下颌2区牙槽嵴顶至下颌骨下缘可见明显骨折线;j示近下颌骨下缘处未明显移位的骨折线显示欠佳

2.4 两种检测方法用于颌面部骨折各类型诊断总符合率

以临床手术结果为金标准,86例疑似颌面部骨折患者经金标准诊断为颌面部骨折71例,其中颧骨16例、鼻骨20例、上下颌骨11例、蝶筛骨12例、颞骨12例。X线诊断颌面部颧骨、鼻骨、上下颌骨、蝶筛骨和颞骨的准确率分别为87.50%、80.00%、81.82%、66.67%和75.00%,螺旋CT及三维重建技术诊断颌面部颧骨、鼻骨、上下颌骨、蝶筛骨和颞骨的准确率分别为100.00%、95.00%、90.91%、91.67%和100.00%,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。

3 讨论

颌面部骨折是常见的外伤类型之一,由于其复杂的解剖结构和多样的临床表现,往往给诊断和治疗带来诸多挑战。临床医学影像技术中螺旋CT及三维重建技术的应用为颌面部骨折的诊断带来新的契机和希望<sup>[11-13]</sup>。螺旋CT技术通过连续、快速的螺旋扫描,能够在短时间内获得高分辨率的三维图像,提供更加全面的解剖细节<sup>[14]</sup>。这种技术不仅可以准确显示骨折线的走行和骨折碎片的分布,还能发现传统X线难以察觉的细小骨折和隐匿骨折<sup>[15]</sup>。此外,螺旋CT在显示软组织损伤方面也有显著优势,为全面评估患者伤情提供有

力支持<sup>[16]</sup>。三维重建技术作为螺旋CT的延伸和补充,通过将二维图像数据重组为直观的三维模型,使骨折的空间关系和细节展示得更加清晰<sup>[17]</sup>。临床医生可以借助三维模型,从不同角度、不同平面全面观察骨折情况,为制定手术方案和术前准备提供重要依据。

本研究结果显示X线片检查的误诊率较高和诊断准确率较低。X线片检查作为传统的影像诊断方法,其图像分辨率相对较低,且在二维平面上显示复杂的三维结构时,容易产生重叠和模糊。这些因素导致骨折线和细微的骨缺损不易被识别,增加误诊和漏诊的可能性。受X线片图像分辨率的限制,细小的骨折线可能会被其他骨结构掩盖,导致影像学医师难以做出准确诊断,这在颌面部复杂结构中尤为明显,因其涉及多个骨骼和软组织的交错,故X线片检查的误诊率较高和诊断准确率较低。X线检查虽然存在一定的误诊和漏诊,但对于明显的骨折,其识别率依然较高,因此阳性预测值(93.33%)较高,阴性预测值(42.31%)较低,说明X线检查存在较高的漏诊率,这是由于X线片难以识别细小或复杂的骨折。

本研究结果显示螺旋CT及三维重建技术的诊断准确率较高。螺旋CT及三维重建技术能够提供高分辨率的三维图像,使得骨折部位及其周围结构可以从多个角度进行观察,极大地提高细微骨折的识别率<sup>[18]</sup>。

多层螺旋CT通过连续的螺旋扫描获取多层图像数据,结合三维重建技术,可以精确地显示骨折的三维形态,这种高分辨率、多角度的成像方式有效减少骨折线被掩盖的可能性,提高诊断的准确性<sup>[19]</sup>。螺旋CT及三维重建技术阴性预测值为75.00%,明显高于X线片,这意味着螺旋CT在排除骨折方面更为可靠,漏诊率较低。

本研究结果显示X线片检查Kappa值为0.405,一致性较低,说明X线片的诊断一致性较低,这反映其在重复检测和不同医师之间的诊断结果一致性较差。螺旋CT及三维重建技术Kappa值为0.606,表明该技术具有较高的诊断一致性,这是因为高分辨率的三维图像减少误差,提高不同医师之间的诊断一致性。X线片检查的特异度为73.33%,螺旋CT的特异度为60.00%,差异无统计学意义,表明两种方法在区分非骨折病例方面的能力相似,均能较好地识别出未发生骨折的情况。螺旋CT的敏感度为95.77%,明显高于X线片的78.87%,表明螺旋CT在识别骨折病例方面具有显著优势。唐祖南等<sup>[20]</sup>报道多层螺旋CT及三维重建技术对细微型颌面部骨折的鉴别诊断效果较好,参考诊断可更加准确快速地对颌面部骨折患者施以手术治疗,从而改善患者预后。

综上所述,螺旋CT及三维重建技术在诊断颌面部骨折方面表现出更高的敏感度和诊断准确率,尤其在细微骨折和复杂骨折的识别上具有明显优势。X线片检查由于其分辨率和二维成像的局限性,导致较高的漏诊率和较低的诊断一致性。

## 【参考文献】

- [1] Donepudi NK, Naik VG, Rai KK. Cervico-stylo-mandibular complex fracture: a critical review of literature along with a protocol to recognize and proposal of a new classification[J]. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2019, 45(6): 302-308.
- [2] 顾徐嘉, 孟箭, 李志萍. 虚拟重建及3D打印复合导板在经口气管插管复杂颌面部骨折复位中的应用[J]. 口腔医学研究, 2023, 39(9): 785-791.
- [3] Gu XJ, Meng J, Li ZP. Application of 3D printed composite guide plate in assisting the reduction of complex maxillofacial fractures under oral intubation general anesthesia[J]. Journal of Oral Science Research, 2023, 39(9): 785-791.
- [4] Warin K, Limprasert W, Suebnukarn S, et al. Maxillofacial fracture detection and classification in computed tomography images using convolutional neural network-based models[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 3434-3435.
- [5] 吴坚敏. 16排螺旋CT三维重建技术对腰椎骨折的效果分析[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(1): 107-108.
- [6] Wu JM. The effect of 16-slice spiral CT three-dimensional reconstruction on lumbar fractures[J]. Journal of Interventional Radiology, 2023, 32(1): 107-108.
- [7] 阿力木·克热木, 梁志林, 帕孜拉·艾拉, 等. 多层螺旋CT联合3D打印在旋转不稳定骨盆骨折治疗中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(27): 4345-4350.
- [8] Alimu Krm, Liang ZL, Pazila AL, et al. Application of multi-slice spiral CT combined with 3D printing in the treatment of rotationally unstable pelvic fractures[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2023, 27(27): 4345-4350.
- [9] 李俊超, 侯娟, 刘文亚, 等. 柔性减影CE-boost技术用于头颈部CT血管成像[J]. 中国医学影像技术, 2024, 40(3): 436-440.
- [10] Li JC, Hou J, Liu WY, et al. Flexible splicing CE-boost technique applied in post-processing of head and neck CT angiography[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2024, 40(3): 436-440.
- [11] 李贵生, 赵长安. 多层螺旋CT三维重建在肋骨隐性骨折及肋软骨骨折诊断中的价值[J]. 实用医学杂志, 2010, 26(21): 3936-3938.
- [12] Li GS, Zhao CA. Value of multi-slice spiral CT three-dimensional reconstruction in the diagnosis of invisible rib fractures and costochondral fractures[J]. The Journal of Practical Medicine, 2010, 26(21): 3936-3938.
- [13] 钱斌, 邹新农, 姚选军, 等. 双源CT结合多平面重建与容积再现三维重建技术评价肋骨骨折[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(39): 7251-7254.
- [14] Qian B, Zou XN, Yao XJ, et al. Dual-source CT with multiplanar reconstruction and volume rendering three-dimensional reconstruction in the evaluation of rib fractures[J]. Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research, 2011, 15(39): 7251-7254.
- [15] 周施政, 王军, 邹海啸. 颌部骨折24例回顾分析[J]. 口腔医学研究, 2023, 39(7): 644-648.
- [16] Zhou SZ, Wang J, Zou HX. Analysis of 24 cases of palatal fracture[J]. Journal of Oral Science Research, 2023, 39(7): 644-648.
- [17] 周宗昊, 罗思阳, 陈佳文, 等. 生物可吸收板与微型钛板在不同骨质下颌骨骨折固定中的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2024, 29(4): 818-826.
- [18] Zhou ZH, Luo SY, Chen JW, et al. Finite element analysis of bioabsorbable plates versus miniature titanium plates in mandibular fracture fixation in different bone qualities[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2024, 29(4): 818-826.
- [19] 周伟, 安全刚, 荣起国, 等. 下颌骨颧部骨折联合双侧髁突囊内骨折致伤机制的三维有限元分析[J]. 北京大学学报(医学版), 2021, 53(5): 983-989.
- [20] Zhou W, An JG, Rong QG, et al. Three-dimensional finite element analysis of traumatic mechanism of mandibular symphyseal fracture combined with bilateral intracapsular condylar fractures[J]. Journal of Peking University: Health Sciences, 2021, 53(5): 983-989.
- [21] 赵琼, 高小平, 王艳红. 计算机导航辅助3D打印技术在颧骨颧弓骨折复位钛板固定修复中的应用[J]. 中国现代医学杂志, 2022, 32(4): 24-29.
- [22] Zhao Q, Gao XP, Wang YH. Application of computer-assisted navigation and 3D printing technology in the reduction and titanium plate fixation of zygomatic arch fractures[J]. China Journal of Modern Medicine, 2022, 32(4): 24-29.
- [23] 周希彬, 王立华, 陶海, 等. 基于骨性鼻泪管走向的泪道CT造影三平面重组技术在面中部骨折致外伤性慢性泪囊炎诊治中的应用[J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(10): 1049-1054.
- [24] Zhou XB, Wang LH, Tao H, et al. Application of three-plane reconstruction of CT dacryocystography based on trend of nasolacrimal canal in diagnosis and treatment of traumatic chronic dacryocystitis caused by midfacial fracture[J]. Academic Journal of Chinese PLA Medical School, 2022, 43(10): 1049-1054.
- [25] 程晓光, 李勉文, 李娜, 等. 定量CT骨密度测量(QCT)在骨质疏松症诊治中的临床应用2007国际临床骨密度学会(ISCN)共识摘要[J]. 中国骨质疏松杂志, 2012, 18(11): 969-974.
- [26] Cheng XG, Li MW, Li N, et al. Consensus and excerpt of International Society for Clinical Densitometry (ISCD) about the clinical application of quantitative CT bone densitometry (QCT) in the diagnosis and treatment of osteoporosis[J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2012, 18(11): 969-974.
- [27] 宋远征, 马红丽, 李玮, 等. 3D打印术前虚拟仿真计划在复杂髌臼骨折治疗中的应用: 前瞻性随机对照[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(36): 5747-5752.
- [28] Song YZ, Ma HL, Li W, et al. Application of preoperative virtual simulation plan based on three-dimensional printing technology for complex acetabular fractures: a prospective randomized controlled study[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2021, 25(36): 5747-5752.
- [29] 王见, 张晓东. 基于MRI的3D打印技术: 临床应用中的优势与前景[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(30): 4897-4904.
- [30] Wang J, Zhang XD. Magnetic resonance imaging-based 3D printing technology: advantages and prospects in clinical application[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2019, 23(30): 4897-4904.
- [31] 张晨, 王宏伟, 李彪, 等. 双颌同期颌成形与单纯颌成形术后稳定性的三维测量分析[J]. 上海口腔医学, 2023, 32(4): 380-384.
- [32] Zhang C, Wang HW, Li B, et al. Three-dimensional comparative study on the stability of bimaxillary simultaneous genioplasty and simple genioplasty[J]. Shanghai Journal of Stomatology, 2023, 32(4): 380-384.
- [33] Kunz AS, Patzer TS, Grunz JP, et al. Metal artifact reduction in ultra-high-resolution cone-beam CT imaging with a twin robotic X-ray system[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 15549.
- [34] Debnam JM, Chi TL, Ketonen L, et al. Superiority of multidetector computed tomography with 3-dimensional volume rendering over plain radiography in the assessment of spinal surgical instrumentation complications in patients with cancer[J]. J Comput Assist Tomogr, 2019, 43(1): 76-84.
- [35] 唐祖南, 胡未豪, 陈震, 等. 增强现实技术在口腔颌面颈部解剖识别中的应用评价[J]. 北京大学学报(医学版), 2024, 56(3): 541-545.
- [36] Tang ZN, Hu LH, Chen Z, et al. Evaluation of augmented reality technology in the recognizing of oral and maxillofacial anatomy[J]. Journal of Peking University (Health Sciences), 2024, 56(3): 541-545.

(编辑: 黄开颜)