

跟骨骨折畸形愈合的三维形态学评估及临床意义

强敏菲 陈雁西* 张坤 李浩博 姜雨晨 张毅杰 贾小阳

【摘要】 目的 探讨基于 CT 图像后处理技术的跟骨骨折畸形愈合的三维形态学特征。**方法** 收集 2010 年 5 月-2015 年 6 月期间 18 例 19 足跟骨骨折畸形愈合患者,男 12 例 13 足,女 6 例 6 足;年龄 23 ~ 62 岁,平均 43.3 岁;按 Stephens-Sanders 跟骨畸形愈合分型:Ⅰ型 3 足,Ⅱ型 7 足,Ⅲ型 9 足。根据跟骨畸形愈合类型,结合术前三维形态学评估,选择相应的跟骨骨折畸形愈合矫形术。采用表面重建法重建出跟骨及其周围骨性结构的三维图像,应用三维拓扑窄区分割技术将图像中各构成骨分离,应用三维空间点、线、面三元素结合的组合式跟骨三维测量体系进行跟骨形态学评估。参数指标采用 SPSS 18.0 统计软件分析,计量资料采用配对 *t* 检验。**结果** 通过电话预约门诊就诊的方式对术后患者进行随访,所有病例获得平均 19.1 个月随访,美国骨科足踝外科协会(AOFAS)踝-足评分从术前的平均(31.4 ± 6.1)分提高至末次随访时的(77.4 ± 7.6)分。术前 Böhler 角、Gissane 角平均分别为($17.5^\circ \pm 5.6^\circ$)、($96.6^\circ \pm 9.9^\circ$),末次随访时分别为($34.2^\circ \pm 3.2^\circ$)、($124.1^\circ \pm 8.9^\circ$),两组间比较差异均有统计学意义($P < 0.001$);术后末次随访的跟骨轴长、跟骨后关节面高度、跟骨后关节面长度均较术前明显改善($P < 0.001$)。**结论** 跟骨三维形态学评估是评判跟骨骨折畸形愈合术后疗效的重要措施之一。本试验结果可为跟骨骨折畸形愈合的矫形手术计划提供了一组科学、客观的参考数据。

【关键词】 跟骨;骨折,连接错位;图像处理,计算机辅助;成像,三维

基金项目:国家自然科学基金项目(81672141)

Three dimensional morphological evaluation of calcaneal fracture malunion and its clinical relevance

Qiang Minfei, Chen Yanxi*, Zhang Kun, Li Haobo, Jiang Yuchen, Zhang Yijie, Jia Xiaoyang. Department of Orthopedic Trauma, East Hospital of Tongji University, Shanghai 200120, China

Corresponding author: Chen Yanxi, Email: cyxtongji@126.com

【Abstract】 Objective To analyze 3D morphological evaluation of calcaneal fracture malunion based on CT post-processing techniques. **Methods** Eighteen patients with 19 calcaneal fracture malunion treated in our hospital from May 2010 to June 2015 were analyzed. The average age was 43.3 years (range, 23 to 62 years). There were 12 males (13 feet) and 6 females (6 feet). According to Stephens-Sanders classification, 3 feet were of type I, 7 feet type II and 9 feet type III. Depending on the type of malunion and the preoperative evaluation of 3D morphology, the operation for the calcaneal fracture malunion was performed. The 3D structure of the calcaneus after shaded surface display reconstruction was extracted by interactive and automatic segmentation. The morphological measurements were achieved by means of a 3D measurement method. The data were analyzed using SPSS 18.0 software. The quantitative data were compared by paired *t* test. **Results** Making the telephone appointment for outpatient follow-up, all patients were followed up with an average time of 19.1 months. The mean AOFAS ankle-hindfoot score increased from (31.4 ± 6.1) point operatively to (77.4 ± 7.6) at final follow-up. The length of the calcaneal axis, the height of the posterior facet and the length of the posterior facet at final follow-up were significantly restored than those before operation ($P < 0.001$). The mean Böhler's angle and the mean Gissane's angle were improved from ($17.5^\circ \pm 5.6^\circ$) and ($96.6^\circ \pm 9.9^\circ$) before operation to ($34.2^\circ \pm 3.2^\circ$) and ($124.1^\circ \pm 8.9^\circ$) at final follow-up respectively ($P < 0.001$). **Conclusion** Three dimensional morphological evaluation of calcaneus was useful to access the postoperative outcome for calcaneal fracture

DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2016.11.005

作者单位:200120 上海,同济大学附属东方医院创伤骨科

通信作者:陈雁西,Email:cyxtongji@126.com

malunion. The current data will be helpful for the reduction of calcaneal malunion.

【Key words】 Calcaneus; Fracture, malunion; Image processing, computer-assisted; Imaging, three-dimensional

Fund program: National Natural Science Foundation of China(81672141)

跟骨骨折畸形愈合通常是由跟骨骨折保守治疗或不恰当的手术治疗所致。跟骨骨折畸形病理力学机制较跟骨新鲜骨折复杂,常伴有创伤性关节炎、足弓塌陷、后足增宽及力线异常等,跟骨三维形态学发生改变,因此其手术治疗难度也较大^[1-2]。近年来,随着对跟骨骨折畸形愈合的深入认识和内固定器械的不断发展,手术治疗已获得较为广泛的认可,临床疗效不断提高。CT 三维重建技术在关节内骨折的术前诊断、术中及术后复位质量评价中的应用价值已经得到充分的肯定和更为广阔的应用^[3],本试验中,我们拟应用 CT 三维重建技术,基于三维空间点、线、面三元素结合的组式测量模式,对 2010 年 5 月 - 2015 年 6 月收入的 18 例 19 足跟骨骨折畸形愈合患者进行跟骨三维形态学特征评估,旨在为跟骨骨折畸形愈合的手术矫形提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2010 年 5 月 - 2015 年 6 月期间,跟骨骨折畸形愈合患者的 X 线片及 16 排螺旋 CT 扫描薄层原始数据 (Dicom 3.0 格式), CT 扫描参数为:层厚 0.625 mm,螺距 1.375,电压 120 kV,矩阵 512 × 512。本组 18 例患者共 19 足,其中男 12 例 13 足,女 6 例 6 足;年龄 23 ~ 62 岁,平均 43.3 岁;左侧 13 足,右侧 6 足;致畸原因:手术失败 12 足,保守治疗 7 足。损伤至本次治疗时间 3 ~ 28 个月,平均 13.3 个月;主要的临床症状为行走困难同时伴有足跟部疼痛不适,严重影响工作及生活。根据术前 X 线片结合 CT 三维重建图像观察,按 Zwipp 跟骨畸形愈合分型:Ⅲ型 11 足,Ⅳ型 6 足,Ⅴ型 2 足;按 Stephens-Sanders 跟骨畸形愈合分型:I 型 3 足,Ⅱ型 7 足,Ⅲ型 9 足。

1.2 三维形态学的评估

将本组 CT 薄层扫描数据导入数字化骨科临床研究平台系统 (SuperImage orthopedics edition 1.0) (Cybermed 公司,中国),采用表面重建法 (Surface shaded display, SSD) 重建出跟骨及其周围骨性结构的三维图像,重建间隔 0.625 mm,应用三维拓扑窄区分割技术将图像中各构成骨分离,应用三维空间点、线、面三元素结合的组式测量技术进行跟骨形态学相关参数的测量^[4] (插页一,图 1)。选取的标志点包括 (插页一,图 2):跟骨后关节面顶点 (A 点)、跟骨外侧

壁后关节面底部与跟骨前部的交界处 (B 点)、跟骰关节顶点 (C 点)、跟骰关节底点 (D 点)、跟骨结节最后端 (E 点)、跟骨结节上缘顶点 (F 点)。

测量的参数包括 (插页一,图 3):(1) Böhler 角,即 AC 连线与 AF 连线的夹角;(2) Gissane 角,即 AB 连线与 BC 连线的夹角;(3) 跟骨轴长,即 E 点到 C、D 点连线中点的距离;(4) 跟骨后关节面高度,即 A 点到跟骨水平长度轴线的垂直距离;(5) 跟骨后关节面长度,即 A 点到 B 点的距离。

1.3 手术方法

手术采用全麻或连续硬膜外麻醉,选择跟骨外侧改良“L”形切口,切开皮肤、皮下组织,显露和保护腓肠外侧皮神经,暴露跟骨外壁,向上钝性分离至距下关节。用 3 枚克氏针作切口皮瓣“不接触”牵开,维持距下关节的显露,尤其是观察距下关节软骨面的损伤情况。根据术前检查确定跟骨畸形愈合类型,结合术前三维形态学评估,明确矫形复位方式,术中行跟骨重建截骨距下关节融合术、保留距下关节的跟骨丘部重建术或跟骨结节内移截骨术。术毕,C 型臂 X 线机透视跟骨形态学恢复情况、跟骨内外翻畸形纠正情况、内固定位置及螺钉长度等,创口置负压引流后分两层缝合创口。术后多数患者一般无特殊制动装置,鼓励患者早期功能锻炼,术后 24 h 开始主动进行足趾和踝关节活动,6 周开始前足负重行走,10 ~ 12 周行 X 线检查示骨折愈合后开始全足逐渐负重行走活动,半年后可将内固定物取出。

1.4 统计学处理

应用 SPSS 18.0 统计软件 (PASW Statistics) (IBM 公司,美国) 进行统计学分析。正态分布的计量数据以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,术前与术后的参数指标比较采用配对样本 *t* 检验。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

本组所有患者根据术前设计方案实施矫形手术,其中 7 足行距下关节撑开融合术结合跟骨结节内移截骨术,8 足行保留距下关节的跟骨截骨矫形术,4 足行跟骨重建截骨距下关节融合术。手术平均时间为 80.6 min (65 ~ 140 min);术中出血量平均为 86.5 ml (50 ~ 260 ml)。术后跟骨创口局部皮缘坏死 2 足,经创口换药后最终获得愈合;其余患者无局部感染、深静脉血栓形成等并发症。

术后患者通过电话预约门诊就诊的方式进行随访,术后第 1、2、3、6、12 个月门诊随访,第二年起每半年门诊随访一次。采用 AOFAS 踝-后足评分评价临床疗效,影像学检查评估跟骨形态学、了解骨折愈合、畸形纠正等情况(插页一,图 4)。本组病例 19 足获得随访,时间平均为 19.1 个月(10~36 个月),无延迟愈合及不愈合。随访患者足的外形恢复良好,能穿正常鞋。末次随访时 AOFAS 的踝-后足评分为(77.4 ± 7.6)分,较术前(31.4 ± 6.1)分明显改善,差异有统计学意义($t = 23.3, P < 0.001$)。根据末次随访与术前的跟骨三维形态学参数测量结果比较,跟骨轴长、跟骨后关节面高度、跟骨后关节面长度,差异均有统计学意义($P < 0.001$)。末次随访时 Böhler 角由术前平均($17.5^\circ \pm 5.6^\circ$)恢复至($34.2^\circ \pm 3.2^\circ$),Gissane 角由术前平均($96.6^\circ \pm 9.9^\circ$)改善至($124.1^\circ \pm 8.9^\circ$),Böhler 角和 Gissane 角的末次随访测量值与术前测量值比较,差异均有统计学意义($P < 0.001$)(表 1)。

3 讨论

3.1 跟骨骨折畸形愈合的手术治疗原则

跟骨关节内骨折畸形愈合后,距下关节面台阶的出现将造成关节面的应力分布发生改变,影响距下关节的运动。跟骨骨折畸形愈合的患侧前、中足较健侧负重有明显增加,并影响跗跖关节的正常运动功能^[5]。除了关节面不平整之外,跟骨的内外翻畸形、高度的丢失、跟部增宽、足弓塌陷变形等病理改变,均是跟骨骨折畸形愈合矫形手术中不容忽视的重要因素^[1]。手术治疗的目的在于解除患者足踝部的疼痛,消除不适症状,使患者能够正常行走,最终改善生活质量。结合跟骨骨折畸形愈合的病理改变和生物力学变化,其手术治疗应实现重建跟骨三维形态学,包括 Gissane 角、Böhler 角、跟骨高度和轴长等;纠正跟骨内外翻畸形,恢复力线;纠正距舟关节半脱位,恢复中后足各骨之间的正常解剖关系;解除腓骨肌腱卡压、脱位,恢复后足的生物力学特点。

在跟骨骨折畸形愈合的手术方法的选择方面,距下关节融合术是目前治疗跟骨骨折畸形愈合伴距下关节炎的常用方法,该术式适用于关节面病变仅局限

于距下关节面,而跟骰关节和距舟关节正常的患者^[6]。若病变还累及其他关节时,根据不同的病变部位选择合适的关节融合术,如三关节融合术、双关节融合术等。当跟骨高度丢失严重,同时伴有足弓塌陷、内外翻畸形或创伤性扁平足,可选择行跟骨关节外的截骨矫形术。而保留距下关节的跟骨截骨矫形术更适用于跟骨畸形程度较低、损伤时间较短的跟骨骨折畸形愈合年轻患者以及部分 Sanders II 型和 III AC 型的陈旧性跟骨骨折^[7]。尽管许多手术方式可以明显恢复足部的功能,但目前还没有任何一种手术可以完全解决跟骨骨折畸形愈合所引起的各类并发症^[8]。临床医师须掌握跟骨骨折畸形愈合的手术治疗原则,根据各类手术的适应证和禁忌证,采用合适的治疗方案,以达到最佳的疗效。

3.2 跟骨骨折畸形愈合的形态学的评估

跟骨是人体最大的跗骨,且外形复杂、关节面众多,其特殊解剖形态的完整性对维持后足正常的关节功能、维持足弓的支持形态,以及保证负重时后足的应力传导具有重要的临床意义^[9]。因此,深入认识跟骨的解剖学特征,恢复跟骨的形态是提高跟骨骨折畸形愈合矫形手术疗效的重要措施之一。三维测量体系最大的优势是可重复性高,不同学者可以有不同的测量模式与描述。三维测量的重复性优势可协助临床医师实现术后与术前的精确对比。当然,不同学者提出的跟骨畸形愈合的形态学评估、测量方案可以相互参考和借鉴。

对于跟骨畸形愈合的影像学评估,传统方式为术前术后 X 线片比对,常用的跟骨解剖学参数包括:Gissane 角、Böhler 角、跟骨倾斜角、跟骨距骨角、跟骨水平长度、跟骨宽度、跟骨后关节面高度、跟距高度等。Young 等^[10]应用跟骨结节内移截骨术治疗跟骨骨折畸形愈合 22 足,首次手术失败至矫形手术时间间隔平均 11.2 个月,矫形术后平均随访 29.8 个月(24~38 个月),Böhler 角由术前平均($24.1^\circ \pm 10.7^\circ$)恢复至($35.4^\circ \pm 11.4^\circ$),患侧与健侧的跟距高度比率由术前平均 68.4% 上升至 73.6%,末次随访 AOFAS 评分优良率为 86.4%。Rammelt 等^[7]应用保

表 1 18 例患者 19 足术前与末次随访时的跟骨三维形态学参数测量结果的比较

三维形态学参数	术前	末次随访	t 值	P 值
跟骨轴长(mm)	67.4 ± 4.3	70.8 ± 3.9	8.9	<0.001
跟骨后关节面高度(mm)	14.8 ± 4.2	27.1 ± 2.8	10.4	<0.001
跟骨后关节面长度(mm)	18.7 ± 2.2	21.1 ± 2.7	8.5	<0.001
Böhler 角(°)	17.5 ± 5.6	34.2 ± 3.2	14.7	<0.001
Gissane 角(°)	96.6 ± 9.9	124.1 ± 8.9	13.1	<0.001

留距下关节的截骨矫形术治疗跟骨关节内骨折畸形愈合,患者术后随访时间平均为 4.1 年(2~10 年),Böhler 角术前平均 17.8° ($-8^{\circ} \sim 27^{\circ}$)改善至术后平均 29.2° ($24^{\circ} \sim 34^{\circ}$),且所有患者均取得了较好的临床疗效,AOFAS 评分也由术前平均 19.0 分上升至术后末次随访时平均 81.2 分。本研究中在跟骨骨折畸形愈合的三维形态学评估体系下,末次随访时 Böhler 角由术前平均 17.5° 恢复至 34.2° ,Gissane 角由术前平均 96.6° 恢复至 124.1° ,两项指标均已接近国人正常参考值,且患侧术前、术后跟骨后关节面高度与正常参考值的比值已由术前平均 51.9% 上升至 95.1%。

3.3 多元化成像技术在跟骨畸形愈合三维形态学评估中的应用

多元化成像技术(Multivariate imaging technology, MIT)在足踝疾患的临床诊治中具有重要应用价值^[11]。由于足踝部骨骼形态不规则、微动关节较多、韧带结构错综复杂,目前诸多足踝创伤与畸形的诊治还存在较大争议。因此,包括计算机 X 线成像、数字 X 线成像、多排 CT 技术的多平面重建(Multiple planar reconstruction, MPR)、表面遮盖重建(Surface shaded display, SSD)、容积重建技术(Volume rendering technique, VRT)及 MRI 等多元化成像技术,可有效辅助解决跟骨骨折畸形愈合临床诊治工作中的诸多难点和争议,值得广大同行深入认识及掌握相关技术的联合应用。

目前,CT 及三维重建技术在关节内骨折中的应用价值已得到较为充分的肯定,以此为基础的 MPR、SSD、VR 等成像技术已呈多元化发展趋势^[11]。但是,多数临床医师对各类成像技术认识度不够,未能最大限度整合和发挥当下主流成像技术的优势。多元化成像技术可构建出带比例尺的高精度、结构丰富的跟骨及其周围骨性结构的三维图像,可使临床医师进行自由视角的观察与操作,弥补了传统影像学的不足。上述技术在跟骨骨折畸形愈合的诊治中可获得多角度、解剖关系清晰的图像,从而真实反映骨折畸形愈合的部位、类型和严重程度等,为跟骨骨折畸形愈合的三维形态学评估、术前设计及术后随访等提供重要的参考价值。此外,以多元化成像技术的精准观察分析为基础,结合当前跟骨骨折畸形愈合手术适应证的主流观点,创建计算机辅助术前计划治疗跟骨骨折畸形愈合的临床路径,可协助临床医师确定跟骨骨折畸形愈合手术的最佳入路、复位或重建的解剖标志及选择合适的内固定^[12]。多元化成像技术及数字化技术带来的海量图像数据多重应用为跟骨骨折畸形愈合建立合理的临床路径、创建精准医学的新型医疗

模式提供了必要的技术基础。本研究介绍了基于 CT 图像后处理技术的跟骨骨折畸形愈合的三维形态学评估模式,旨在为临床医师提供一定的参考依据,手术疗效的提高还与其他诸多因素有关,在未来的研究中仍有待进一步探讨。

4 总结

综上,本研究结果可为跟骨骨折畸形愈合的矫形手术计划提供一组科学、客观的参考数据。同时,基于 CT 图像后处理技术,可轻松获取跟骨长度、角度等精确的解剖参数,且具有高效、便捷、可靠及可重复性。跟骨三维形态学评估是评判跟骨骨折畸形愈合矫形术后疗效的重要措施之一。

参 考 文 献

- [1] Banerjee R, Saltzman C, Anderson RB, et al. Management of calcaneal malunion[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2011, 19(1): 27-36.
- [2] 顾文奇, 施忠民. 跟骨关节内骨折手术治疗并发症及其预防[J]. 国际外科学杂志, 2015, 42(11): 728-730. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2015.11.004.
- [3] Haapamäki VV, Kiuru MJ, Koskinen SK. Ankle and foot injuries: analysis of MDCT findings[J]. AJR Am J Roentgenol, 2004, 183(3): 615-622. DOI: 10.2214/ajr.183.3.1830615.
- [4] Qiang M, Chen Y, Zhang K, et al. Measurement of three-dimensional morphological characteristics of the calcaneus using CT image post-processing[J]. J Foot Ankle Res, 2014, 7: 19. DOI: 10.1186/1757-1146-7-19.
- [5] 陈雁西, 俞光荣, 王明鑫, 等. 跟骨骨折畸形愈合的足底压力分析及其临床意义[J]. 中华创伤骨科杂志, 2007, 9(8): 756-759. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2007.08.015.
- [6] Al-Ashhab ME. Treatment for calcaneal malunion[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2013, 23(8): 961-966. DOI: 10.1007/s00590-012-1110-0.
- [7] Rammelt S, Grass R, Zwipp H. Joint-Preserving osteotomy for malunited intra-articular calcaneal fractures[J]. J Orthop Trauma, 2013, 27(10): e234-e238. DOI: 10.1097/BOT.0b013e318290ff07.
- [8] 施忠民, 顾文奇, 罗从风. 跟骨关节内骨折畸形愈合的手术治疗[J]. 中华创伤骨科杂志, 2009, 11(11): 1006-1010. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2009.11.002.
- [9] Stagni R, Leardini A, O'Connor JJ, et al. Role of passive structures in the mobility and stability of the human subtalar joint: a literature review[J]. Foot Ankle Int, 2003, 24(5): 402-409.
- [10] Young KW, Lee KT, Lee YK, et al. Calcaneal reconstruction for the late complication of calcaneus fracture[J]. Orthopedics, 2011, 34(10): e634-e638. DOI: 10.3928/01477447-20110826-03.
- [11] 陈雁西. 多元化成像技术在足踝创伤诊治中的重要性[J]. 中华创伤杂志, 2014, 30(8): 762-764. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2014.08.003.
- [12] 陈雁西, 强敏菲, 张坤, 等. 计算机辅助治疗跟骨骨折畸形愈合的疗效评估[J]. 中华创伤骨科杂志, 2014, 16(12): 1021-1027. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2014.12.003.

(收稿日期:2016-09-26)



图1 后内侧切口

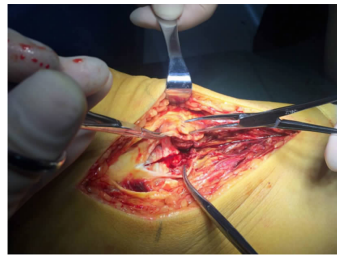


图2 纵行切开内侧副韧带浅层

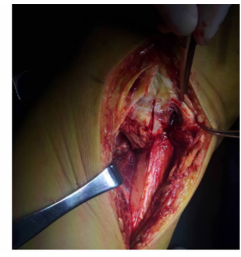
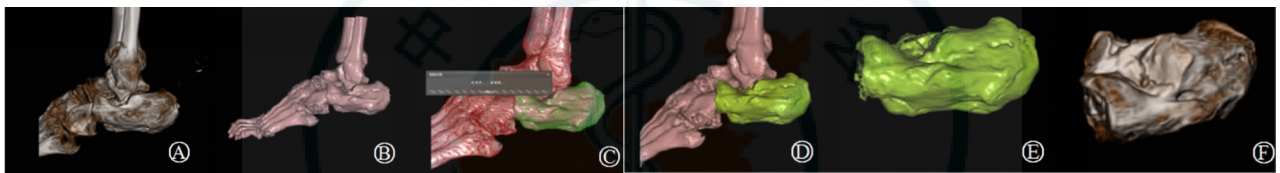


图3 显露胫骨平台内侧髁



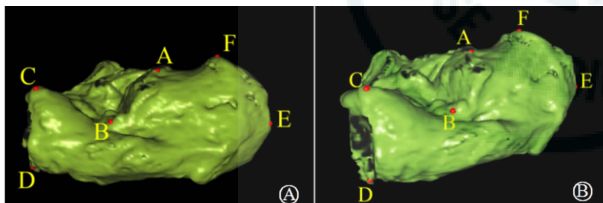
图4 36岁女性患者SchatzkerV型胫骨平台骨折合并前交叉韧带止点撕脱骨折,采用经内侧副韧带的后内侧入路联合前外侧入路手术治疗,前外侧入路行腓骨头截骨,前交叉止点撕脱骨折采用钢丝固定,患者术后12个月,骨折愈合良好,膝关节HSS评分92分

注释:图1~4见原文:经内侧副韧带的后内侧入路对Schatzker IV、V、VI型胫骨平台骨折膝关节功能的影响(正文见第733页)



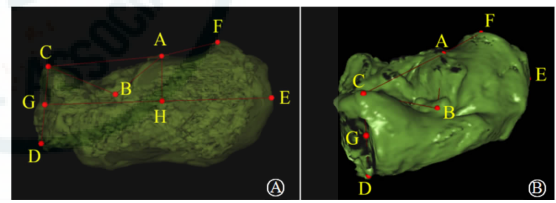
注:①:未经拆分处理的常规CT三维重建图像显示后足各关节结合紧密,因距骨、骰骨的阻挡而无法评估跟骨畸形愈合的细节;②、③:在表面遮盖重建图像编辑模式下应用三维拓扑窄区分割技术,分别标注需分割的跟骨及其他各构成骨;④:计算机自动处理并完成分割后,跟骨及其他各构成骨自动由不同颜色标注;⑤:去除其余各构成骨,提取单一跟骨图像;⑥:容积重建成像后全方位显露跟骨及关节面形态学特征,可见骨折畸形愈合、关节面台阶形成。

图1 智能化的三维拓扑窄区图像分割技术



注:①:跟骨三维测量体系下的解剖标志点示意图(外侧视角);②:跟骨三维解剖标志点(前外侧视角)包括:跟骨后关节面顶点(A点),跟骨外侧壁后关节面底部与跟骨前部的交界处(B点),跟骰关节顶点(C点),跟骰关节底点(D点),跟骨结节最后端(E点),跟骨结节上缘顶点(F点)。

图2 跟骨三维测量体系下选取的解剖学标志点



注:①:CT表面重建(SSD)透视模式下显示跟骨畸形愈合的三维形态学测量参数,包括:AC连线与AF连线的夹角(Böhler角),AB连线与BC连线的夹角(Gissane角),E点到C、D点连线中点的距离(跟骨轴长),A点到跟骨水平长度轴线的垂直距离(跟骨后关节面高度),A点到B点的距离(跟骨后关节面长度);②:SSD非透视模式下的跟骨三维形态学测量指标示意图。

图3 跟骨骨折畸形愈合的三维形态学测量参数



注:①、②:跟骨侧位和轴位X线片示跟骨骨折内固定术治疗失败后导致畸形愈合,跟骨高度丢失,距下关节后关节面塌陷、损伤严重;③、④:跟骨矫形距下关节融合术12个月后,跟骨侧位和轴位X线片示跟骨高度恢复,距下关节已融合,后足基本无内翻畸形。

图4 跟骨骨折畸形愈合

注释:图1~4见原文:跟骨骨折畸形愈合的三维形态学评估及临床意义(正文见第738页)