doi:10.11659/jjssx.09E021050

·综 述·

3D 打印技术辅助治疗跟骨骨折的应用进展

张 皓[1,2],邹 波[1,2],张 玥[1,2],高秋明[1] (1.中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院骨科中心,甘肃 兰州 730030;2.西北民族大学医学部,甘肃 兰州 730030)

[摘 要] 近年来,医疗 3D 打印技术的发展十分迅速,在该技术的辅助下,外科术前规划变得更加严谨、精准和个体化,现今 3D 打印技术已渐渐成为骨科领域不可缺少的一部分。3D 打印技术辅助治疗跟骨骨折的报道日益增多,该技术可充分结合跟骨骨折的开放术式或微创术式进行术前规划模拟与术中导航,使跟骨复位更精确,术中操作更准确省时,术后康复效果更好;该技术还可为跟骨缺损进行模拟塑形,显著提升治疗效果,患者对其接受程度及满意度也较好。但该技术也存在一些缺陷,如材料、机器限制及费用高等,需要未来继续完善。本文对近年来 3D 打印技术联合临床手术治疗跟骨骨折的应用进展进行综述,以供临床参考。

[关键词] 3D 打印;跟骨骨折;辅助治疗;应用进展

[中图分类号] R683.42 [文献标识码] A [收稿日期] 2021-09-09

Application progress of 3D printing technology in the adjuvant treatment of calcaneal fractures

ZHANG Hao[1,2],ZOU Bo[1,2],ZHANG Yue[1,2],GAO Qiu-ming[1] (1. Center of Orthopedics,940th Hospital of Joint Logistics Support Force of PLA,Lanzhou Ganshu 730030,China;2. Department of Medicine,Northwest Minzu University,Lanzhou Ganshu 730030,China)

Abstract: In recent years,medical 3D printing technology has developed rapidly,and the preoperative planning has become more rigorous,precise and individualized with the assistance of this technology. Nowadays,3D printing technology has gradually become an indispensable part of the field of orthopedics. The reports of 3D printing technology assisting the treatment of calcaneal fractures are increasing,it can fully combine the open surgery or minimally invasive surgery of calcaneal fractures to perform preoperative planning simulation and intraoperative navigation,so that the calcaneal reduction is more precise,the intraoperative operation is more accurate and time-saving,and the postoperative rehabilitation effect is better;besides,it can also simulate the shaping of calcaneal defects,significantly improve the treatment effect,and have better patients' acceptance and satisfaction. However,this technology also has some shortcomings,such as the limitations of materials and machines,and high costs,which need to be improved in the future. This article reviews the application progress of 3D printing technology combined with clinical surgery in the treatment of calcaneal fractures in recent years for clinical reference.

Keywords: 3D printing;calcaneal fracture;adjuvant therapy;application progress

足踝是人体主要承重结构,跟骨作为足踝系统后方主要承重点,一旦发生严重损伤,人体将会失去原有的行走能力及站立能力。跟骨骨折较为常见,占所有跗骨损伤的 60% ~70%,其中跟骨关节内骨折约占跟骨骨折的 75%,若未及时治疗,或治疗预后欠佳,后期遗留的疼痛与畸形将极大地影响患者的生活质量[1-3]。跟骨骨折的治疗方法包括传统开放手术、跗骨窦切口或经皮撬拨法的微创术式以及关节镜手术。传统开放手术适用于各种骨折类型,但软组织破坏较多,损伤较大。而微创手术适用的骨折类型较为单一,不能处理复杂、难复位的骨折。因此,还需寻找新技术来指导跟骨骨折的治疗,以提升手术效果,快速缓解患者病痛,减轻康复压力。

3D 打印技术目前已广泛应用于军事、医疗、工业等领域,具有可个性化制作和全方位模拟的优势,为各行业提供了精准有效的帮助[4-6]。近年来,3D 打印技术已广泛应用于关节骨科、脊柱骨科和肿瘤骨科,从脊柱骨科内固定螺钉所需导航模板的制作[7]、关节假体的预装配和特殊假体的定制[8]、辅助抗癌药物治疗骨肉瘤[9]到现今正在研究的关节康复相关 3D 打印人造辅助外骨骼[10],均证明 3D 打印技术在医学领域的应用越来越广泛,且实用性与创新性也得到了进一步提升。3D 打印技术在创伤骨科中辅助处理复杂择期骨折手术较有优势,在术前指导、截骨导板制备、内置物导航模板、多平面模块的观察以及一些特殊的骨缺损所需移植物制备[11-12]等方面,可使创伤骨科较多难复位、难固定的骨折得到有效治疗。此外,3D 打印技术还可以提升多种骨折的术后康复效果[13-15]。但因该技术需要较长的制备时间,难以用于急诊创伤的术前指导,其在急诊骨创伤方面的应用尚存在一定局限性。因此,3D 打印技术在医学领域的应用仍需进一步完善。

近期 3D 打印技术逐步应用于辅助跟骨骨折的治

[基金项目] 甘肃省卫生行业科研计划项目(GSWSKY2017-30)

[通信作者] 高秋明,E-mail:gaoqm001@sohu.com

疗,并取得了一定的效果,本文总结近几年在3D打印技术辅助下传统术式和微创术式治疗跟骨骨折的相关进展,以期为跟骨骨折的临床治疗提供相关参考。

1 3D打印技术辅助传统手术治疗跟骨骨折

随着数字骨科技术的发展,3D打印技术逐渐在创伤骨科领域得到普及。目前,3D打印技术可用于个体化制作术前骨折模型和导航模板,可以辅助治疗多种复杂型骨折,如骨盆骨折、髋臼骨折、复杂性关节骨折和长骨骨折等。近年来,其在辅助跟骨骨折的治疗方面也有一定的进展。千东升等[16]根据患者的三维CT结果,使用3D打印技术于手术前定制出跟骨模块,然后根据患者的跟骨情况确定切口位置及大小、内置物的大小及螺钉深度,结果显示患者手术后跟骨恢复程度满意,且相对于未经3D打印技术指导的传统L型切口手术治疗,其踝关节评分显著提高。刘延子等[17]与Ozturk等[18]的研究发现,3D打印技术辅助治疗Sanders Ⅲ型和Ⅳ型单侧复杂跟骨骨折在手术时间、透视次数、骨折复位时间和出血量方面均优于常规手术,且通过在跟骨模型上预塑钢板,使术中钢板与跟骨的贴合更加紧密有效,显著提升了治疗效果。何藻鹏等[19]与沈美华等[20-21]的研究证实,3D打印技术可为术者提供术前模拟条件,以便更详细地考虑术中情况,并可通过模拟导航使钉道更精准,从而减少手术损伤。黄志海等[22]也发现,术前使用3D打印技术可充分暴露并标记骨折线,对修复跟骨关节面骨折有指导意义,并且可以更直观、更全面地预测术中操作。另有研究证实,跟骨创伤的术前规划可显著缩短手术时间、透视时间,减少术中出血量,并降低术后并发症的发生率[23-26]。

李冬寒等[27]与崔健强等[28]的研究证明,经3D打印技术进行术前导航模板规划的手术,术后效果明显优于普通手术,除了手术时间缩短,出血量减少外,美国足踝外科协会评分(American orthopaedic foot and ankle society score,AOFAS)、足功能Maryland评分和Bohler角度都优于常规手术,说明采用3D打印导航模板规划手术的患者术后足踝功能可得到更大程度的恢复。研究显示,3D打印技术除了能进行更好的术前规划,还可以显著提升患者的满意度,有助于建立良好的医患关系[29-30]。

综上所述,3D打印技术为跟骨骨折传统L型切口术式提供了精准科学的术前规划,可充分减少透视次数、术中出血量,缩短骨折复位时间、手术总时间,同时提升相应分型的跟骨骨折的解剖复位能力,加强内固定物的固定强度和贴合度,提升总体治疗效果。但因术前需要较长的准备和研讨时间,尚难以应用于急诊患者。此外,3D打印的材料多数为树脂、合成塑料等,制备时存在一定的精度差异,如何提高术前3D打印模型的制作速度和质量,进一步降低成本,以及是否可提供急诊专需3D打印模型,是日后研究中需要突破的方面。

2 3D打印技术辅助微创手术治疗跟骨骨折

微创手术是近年来外科手术的主流趋势,各种微创术式层出不穷,3D打印技术能否结合微创术式进一步提升治疗效果成为研究的热点。跗骨窦切口是近年来治疗足踝损伤的新术式,切口位于跗骨窦处,长度为4~6 cm,具有微创、出血量少、软组织损伤少及康复时间短等优点[31]。研究证实,术前经3D打印技术辅助规划可弥补跗骨窦切口术式操作视野小、固定强度不足等缺点,经3D打印技术规划治疗后的患者,术后Bohler角和Gissane角明显优于行常规手术的患者,AOFAS、个人日常生活能力量表Barthel指数、世界卫生组织生活质量问卷(world health organization quality of life-100,WHOQOL-100)评分及术后恢复效果均明显提高[32-35]。黄国伟等[36]的研究显示,经3D打印技术进行术前规划后,患者跟骨后关节面、内侧壁及跟骨底块的复位更加精准稳定。房亚峰等[37]和何藻鹏等[38]的研究显示,3D打印技术辅助治疗后的患者踝关节功能Maryland评分显著提升。林永培等[39]研究显示,3D打印技术辅助治疗后的患者术后并发症发生率明显降低。Xu等[40]的研究发现,通过3D打印导航模板辅助跗骨窦入路手术,可显著提高锁定钢板的螺钉置入精度,减少偏移度,提升整体的内固定效果。Yao等[41]的研究也证实,3D打印技术联合跗骨窦治疗跟骨骨折,可提高螺钉置入的准确性和后关节面的复位率,改善跟骨形状,提高微创治疗的精准度。综上所述,3D打印技术可使经跗骨窦入路手术治疗跟骨骨折更加精确,有助于促进患者康复,提升预后效果。

经皮内固定技术已发展多年,现已十分完善,但联合3D打印辅助经皮内固定治疗跟骨骨折的研究较少。王有胜等[42]的研究发现,经术前制备模拟操作骨骼和导航,可进一步缩短手术时间,减轻术中损伤,使内固定更加准确,大大提升了手术效果。周明等[43]与路浩东等[44]的研究证实,对于Sanders Ⅱ型和Ⅲ型的移位型跟骨关节骨折,经3D打印技术指导下的经皮撬拨复位空心钉内固定可明显缩短手术时间,减少出血量。吴敏等[45]的研究证实,对于Sanders Ⅱ型和Ⅲ型跟骨骨折,使用3D打印技术辅助观察并对比裂缝骨块的位移,模拟复位,定位固定点,并在术中进行相应处理,可减少手术创伤,提高复位固定质量,使手术

更加安全、准确、个体化。赵利明等[46]经3D打印导板辅助置入载距突螺钉,发现其可减轻软组织损伤,显著缩短手术用时;而近期刘延子等[47]使用3D打印技术联合距下关节镜辅助经皮螺钉内固定治疗跟骨骨折,术中出血量及组织损伤减少,临床效果较好,并发症发生率低,充分发挥了微创手术的优势,但该联合术式尚不能对复杂跟骨骨折Sanders Ⅲ型和Ⅳ型进行治疗。此外,Dai等[48]发现经皮复位、空心螺钉固定和硫酸钙骨水泥移植联合治疗移位和关节内跟骨骨折手术难度较高,在经3D打印技术辅助术前规划进行指导治疗后,患者的AOFAS评分明显提升,患者总体满意度较高。微创手术的切口小,骨折区域暴露有限,因此,3D打印技术的术前规划和操作演练对于这种复杂且难度大的手术非常有效。综上所述,3D打印技术可在经皮内固定技术和关节镜联合下进行辅助治疗,且疗效确切,但因总体相关报道较少,是否存在普及性,以及是否值得进行临床推广仍需进一步研究。

3 3D打印技术辅助治疗创伤性跟骨缺损重建

3D打印技术的出现使创伤性跟骨粉碎性骨折伴骨质缺损或塌陷的治疗得到较大程度的发展。Zhang等[49]开展了一项3D打印技术联合诱导膜成型Masquelet技术治疗跟骨缺损的研究,其使用3D打印技术在术前制作跟骨成型模具,精准模拟跟骨塑形预用骨水泥的形状及用量,术中骨水泥塑形大小合适,用量无浪费,总体手术时间明显缩短,出血量明显减少,因骨水泥塑形匹配标准,骨水泥填充物的取出也更为方便,患者术后总体预后情况较好[50],证实该联合技术有较好的临床效果。孟令杰等[51]采用3D打印技术联合撬拨复位骨水泥微创成形术治疗跟骨塌陷Sanders Ⅲ型骨折,因术前规划精准,术中减少了骨水泥渗漏,跟骨塌陷恢复完全,Bohler角和Gissane角术后2年内无明显改变,患者预后效果及满意度良好。

3D打印技术已用于辅助跟骨缺损的填充治疗,这也为未来其他骨缺损或软组织缺损的治疗提供了借鉴,但材料的选择和制备仍存在局限性,若未来可成功研制出与人体软组织或骨组织兼容的材料,3D打印技术的临床适用性将进一步得到提升。

4 小结

3D打印技术的术前规划与模拟手术功能为临床手术提供了便利,不仅提高了术中精准度,减轻了术中创伤,还缩短了手术时间,同时提升了术后康复的效果。但3D打印技术源于工科,与医学相比,本质上具有较大的专业性差异,想要开展该技术的科室需要有特定医生进行培训学习,还需要特定的设备和系统,相对耗时耗力,因此应用该技术常需与公司或大学合作开展,目标产物的制备耗时较长,且该技术会增加患者经济负担,在临床的应用相对受限。另外,制作模块的材料也需进一步完善,如增强一定的硬度,防止制作后模块的延展或变形。在治疗上,3D打印技术可辅助传统L型切口手术进行Sanders Ⅲ型和Ⅳ型跟骨骨折的治疗,提高临床疗效。但对于微创术式,如跗骨窦切口、经皮内固定等术式,只能进行Sanders Ⅱ型和Ⅲ型等简单型跟骨骨折的辅助治疗,这是一个明显的不足,期待未来在3D打印技术指导下,跟骨复杂型骨折也可以进行微创手术。另外,对于跟骨骨折而言,3D打印技术可进行精确的术前指导规划,但对于畸形愈合的陈旧性跟骨骨折,是否可以进行同样的术前规划,目前尚未见文献报道。现今治疗陈旧畸形愈合骨折大多采用术中直接截骨重塑的方式,但对于涉及关节面的复杂性骨折,本课题组认为有必要使用3D打印技术进行统一规划。

综上所述,3D打印技术对跟骨骨折的治疗产生了深远影响,该技术可充分结合跟骨开放术式或微创术式进行术前规划模拟与术中导航,还可参与骨组织的重建,总体提升了跟骨骨折的治疗效果,但其在急诊骨创伤等方面的应用仍存在一定缺陷,尚需进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 黄幼怡,袁 伟.3D打印技术在足踝外科骨折及畸形类疾病中的应用[J].中国组织工程研究,2021,25(3):438-442.doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2940.

[2] Dwivedi R,Khatri M,Kc A.Functional outcome estimation of calcaneum fractures treated by open reduction and internal fixation with plate and screws in a tertiary centre:a descriptive cross-sectional study[J].JNMA J Nepal Med Assoc,2020,58(229):659-663.doi:10.31729/jnma.5273.

[3] Zhang X,Liu Y,Peng A,et al.Clinical efficacy and prognosis factors of open calcaneal fracture:a retrospective study[J].Int J Clin Exp Med,2015,8(3):3841-3847.

[4] 刘莹松,赵 猛.3D打印技术在创伤骨科中的应用进展[J].生物骨科材料与临床研究,2021,18(2):76-79.doi:10.3969/j.issn.1672-5972.2021.02.018.

[5] 潘旭伟,华仲森,陈之青.3D打印技术在创伤骨科领域的应用进展[J].中国乡村医药,2021,28(8):77-78.doi:10.19542/j.cnki.1006-5180.005048.

[6] Wong KC.3D-printed patient-specific applications in orthopedics[J].Orthop Res Rev,2016,8:57-66.doi:10.2147/ORR.S99614.

[7] Cai H,Liu Z,Wei F,et al.3D printing in spine surgery[J].Adv Exp Med Biol,2018,1093:345-359.doi:10.1007/978-981-13-1396-7_27.

[8] Yan L,Wang P,Zhou H.3D printing navigation template used in total hip arthroplasty for developmental dysplasia of the hip[J].Indian J Orthop,2020,54(6):856-862.doi:10.1007/s43465-020-00093-8.

[9] Jing Z,Ni R,Wang J,et al. Practical strategy to construct anti-osteosarcoma bone substitutes by loading cisplatin into 3D-printed titanium alloy implants using a thermosensitive hydrogel[J]. Bioact Mater,2021,6(12):4542-4557. doi:10.1016/j.bioactmat.2021.05.007.

[10] Vidal L,Kampleitner C,Brennan MÁ,et al. Reconstruction of large skeletal defects: current clinical therapeutic strategies and future directions using 3D printing[J]. Front Bioeng Biotechnol,2020,12(8):61. doi:10.3389/fbioe.2020.00061.

[11] 王春鹏,杨海娇,张 成,等.3D 打印技术在骨科领域的应用进展[J].医学综述,2020,26(1):118-122. doi:10.3969/j.issn.1006-2084.2020.01.023.

[12] Zamborsky R,Kilian M,Jacko P,et al. Perspectives of 3D printing technology in orthopaedic surgery[J]. Bratisl Lek Listy,2019,120(7):498-504. doi: 10.4149/BLL_2019_079.

[13] 马立峰,吴 杰,郭 艾,等.3D 打印钛金属加强块重建全髋关节翻修术中髋臼骨缺损的近期临床疗效研究[J].国际外科学杂志,2019,46(3):172-176. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2019.03.008.

[14] 周金华,曹光华,陈逸明,等.微创手术结合3D 打印治疗肱骨中下段骨折的疗效研究[J].中华骨与关节外科杂志,2020,13(4):299-303. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2020.04.07.

[15] 李 辉,刘慧青,张亚宁.3D 打印导航模板在颈椎压缩骨折后路椎弓根钉内固定术中的应用[J].中国骨与关节损伤杂志,2020,35(1):26-29. doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2020.01.007.

[16] 千东升,王福建.数字骨科技术在跟骨骨折切开复位内固定术中的应用[J].河南外科学杂志,2018,24(3):51-53. doi:10.16193/j.cnki.hnwk.2018.03.027.

[17] 刘延子,陈树涛,王长水,等.3D 打印辅助治疗复杂跟骨骨折[J].实用骨科杂志,2021,27(2):183-186. doi:10.13795/j.cnki.sgkz.2021.02.019.

[18] Ozturk AM,Ozer MA,Suer O,et al. Evaluation of the effects of using 3D-patient specific models of displaced intra-articular calcaneal fractures in surgery[J]. Injury,2020. doi:10.1016/j.injury.2020.04.057.

[19] 何藻鹏,李 卫,刘金伟,等.3D 打印技术在 Sanders Ⅲ型跟骨骨折内固定手术设计中的应用[J].中华创伤骨科杂志,2017,19(9):791-796. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.09.010.

[20] 沈美华,施凯兵,张 红,等.3D 打印技术在 Sanders Ⅲ、Ⅳ型跟骨骨折手术中的应用[J].中国矫形外科杂志,2018,26(14):1259-1263. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2018.14.03.

[21] 沈美华,成 钢,施凯兵,等.数字化重建跟骨骨折及术前虚拟设计、模拟[J].中国数字医学,2017,12(11):41-43. doi:10.3969/j.issn.1673-7571.2017.11.014.

[22] 黄志海,温建章,王晓春,等.3D 打印技术辅助跟骨外侧 L 形切口钢板内固定治疗跟骨关节内骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2021,36(6):650-651. doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2021.06.033.

[23] 路 磊,李 朋,宋 财.3D 打印辅助螺钉内固定 Sanders Ⅱ和Ⅲ型跟骨骨折[J].中国矫形外科杂志,2021,29(19):1759-1763. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2021.19.07.

[24] 杨佳林,张玉堂,付炳金,等.3D 打印技术辅助治疗 Sanders Ⅱ、Ⅲ型跟骨骨折的疗效观察[J].实用临床医药杂志,2020,24(13):29-32. doi:10.7619/jcmp.202013009.

[25] 曲国海.3D 打印技术在复杂跟骨骨折手术治疗中的初步应用分析[J].中西医结合心血管病电子杂志,2020,8(23):10-11. doi:10.16282/j.cnki.cn11-9336/r.2020.23.009.

[26] Zhang Y,Weng Q,Gu Y,et al. Calcaneal fractures: 3D-printing model to assist spatial weaving of percutaneous screws versus conventional open fixation: a retrospective cohort study[J]. Int Orthop,2021,45(9):2337-2346. doi: 10.1007/s00264-021-05094-2.

[27] 李冬寒,钟昌戎,林泽宏,等.3D 打印导航模板辅助钢板内固定术治疗 Sanders Ⅲ、Ⅳ型跟骨骨折效果分析[J].创伤外科杂志,2020,22(4):250-254. doi:10.3969j.issn.1009-4237.2020.04.003.

[28] 崔建强,孙德麟,曲军杰,等. 3D 打印导航模板在 Sanders Ⅱ型跟骨骨折中的应用[J].中华骨与关节外科杂志,2018,11(8):566-569. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2018.08.002.

[29] 张 杰,王 磊,郝申申,等.3D 打印技术在复杂跟骨骨折手术治疗中的初步应用研究[J].临床误诊误治,2019,32(1):80-85. doi:10.3969/j.issn.1002-3429.2019.01.019.

[30] Zheng W,Tao Z,Lou Y,et al. Comparison of the conventional surgery and the surgery assisted by 3D printing technology in the treatment of calcaneal fractures[J]. J Invest Surg,2018,31(6):557-567. doi:10.1080/08941939.2017.1363833.

[31] Basile A,Albo F,Via AG. Comparison between sinus tarsi approach and extensile lateral approach for treatment of closed displaced intra-articular calcaneal fractures: a multicenter prospective study[J]. J Foot Ankle Surg,2016,55:513-521. doi:10.1053/j.jfas.2015.11.008.

[32] 叶庆林,卢志文,吴柏初,等.3D 打印技术联合跗骨窦微创切口在跟骨骨折手术中的应用[J].临床医学,2019,39(4):1-5. doi:10.19528/j.issn.1003-3548.2019.04.001.

[33] 杨张敏,李 刚. 基于3D 打印技术的经跗骨窦小切口钢板内固定治疗跟骨骨折的临床效果[J].临床医学研究与实践,2020,5(29):61-63. doi:10.19347/j.cnki.2096-1413.202029023.

[34] 卢志文,叶庆林,吴柏初,等.3D 打印辅助跗骨窦小切口治疗跟骨骨折的效果观察[J].中国当代医药,2018,25(7):90-92. doi:10.3969/j.issn.1674-4721.2018.07.028.

[35] 沈美华,施凯兵,施晓健,等. 跗骨窦切口联合个性化手术导板在 Sanders Ⅱ、Ⅲ型跟骨骨折术中的应用[J].中国数字医学,2018,13(6):76-78. doi:10.3969/j.issn.1673-7571.2018.06.026.

[36] 黄国伟,沈 杰,韦 山,等.3D 打印技术辅助跗骨窦入路治疗跟骨关节内骨折的疗效分析[J].中华骨与关节外科杂志,2020,13(9):767-771. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2020.09.13.

[37] 房亚峰,崔国峰,魏 戎.3D 打印辅助跗骨窦微创切口复位内固定治疗跟骨骨折的效果[J].河南医学研究,2019,28(17):3120-3121. doi:10.3969/j.issn.1004-437X.2019.17.021.

[38] 何藻鹏,李 卫,张国栋,等.经跗骨窦切口3D 打印技术辅助钢板内固定治疗跟骨骨折[J].中国矫形外科杂志,2018,26(24):2290-2294. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2018.24.17.

[39] 林永培,廖乐明,刘群铧,等.3D 打印辅助下跗骨窦微创切口治疗跟骨骨折疗效[J].浙江创伤外科,2021,26(1):106-107. doi:10.3969/j.issn.1009-7147.2021.01.053.

[40] Xu J,He Z,Zhang G,et al. An experimental study on the digital precision of internal fixation via the sinus tarsi approach for calcaneal fractures[J]. J Orthop Surg (Hong Kong),2019,27(1):2309499019834072. doi:10.1177/2309499019834072.

[41] Yao LF,Wang HQ,Zhang F,et al. Minimally invasive treatment of calcaneal fractures via the sinus tarsi approach based on a 3D printing technique[J]. Math Biosci Eng,2019,16(3):1597-1610. doi:10.3934/mbe.2019076.

doi:10.11659/jjssx.02E022005

·综 述·

颈椎后纵韧带骨化的发病机制及治疗研究进展

朱建华[1,2],彭俊木[1],刘玉刚[1],权正学[2] (1.重庆市第九人民医院脊柱外科,重庆 400700;2.重庆医科大学附属第一医院骨科/重庆医科大学骨科实验室,重庆 400016)

[摘 要] 颈椎后纵韧带骨化(OPLL)是脊柱外科常见且治疗具有挑战性的疾病,其可能导致严重的脊髓神经损伤。OPLL是由多因素导致的一种疾病,遗传及环境因素参与其发生及发展过程。该病治疗方式繁多,目前尚无统一的治疗标准。本文结合国内外文献,就OPLL的发病机制、影像学表现及治疗作一综述,以期为其临床治疗提供一定的参考。

[关键词] 颈椎;后纵韧带骨化;病理生理解剖;颈椎手术;椎板成形术;椎板切除术

[中图分类号] R651.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-02-06

Advances in pathogenesis and treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament of cervical spine

ZHU Jian-hua[1,2], PENG Jun-mu[1], LIU Yu-gang[1], QUAN Zheng-xue[2] (1. Department of Spine Surgery, Chongqing Ninth People's Hospital, Chongqing 400700, China; 2. Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University/Orthopedic Laboratory, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) of cervical spine is a common and challenging disease in spine surgery, which can cause a severe spinal nerve injury. OPLL is a multifactorial disease in which many genetic and environmental factors are involved in its occurrence and development. There are many treatment methods for OPLL, but there is no unified treatment standard at present. This paper reviews the pathogenesis, imaging manifestations and treatments of OPLL based on domestic and foreign literatures, in order to provide some references for its clinical treatment.

Keywords: cervical spine; ossification of the posterior longitudinal ligament; pathophysiological anatomy; cervical surgery; laminoplasty; laminectomy

颈椎后纵韧带骨化(ossification of the posterior longitudinal ligament,OPLL)是指脊柱后纵韧带出现病理性增生并骨化的现象[1-2]。OPLL早期不易发现,晚期治疗难度较大,是东亚地区的常见病,其在日本的患病率最高,达1.9%~4.3%[3],在欧美的患病率为0.1%~1.7%[4-6]。OPLL多见于40~60岁的人群,男女比例为2∶1[7]。多数患者无明显临床症状,仅在影像学上可见OPLL。随着OPLL逐渐加重,脊髓或神经

[通信作者] 权正学,E-mail:quanzx18@126.com

[42] 王有胜,徐景超,余进伟,等.运用3D打印个性化导航模板治疗跟骨骨折的临床效果[J].河南医学研究,2019,28(23):4242-4244.doi:10.3969/j.issn.1004-437X.2019.23.007.

[43] 周 明,陈先进,张道平.3D打印辅助撬拨复位治疗跟骨骨折的应用研究[J].中医临床研究,2021,13(12):113-115.doi:10.3969/j.issn.1674-7860.2021.12.039.

[44] 路浩东,常 静,刘志国.3D打印技术辅助经皮撬拨复位空心钉内固定治疗移位型跟骨关节内骨折的临床疗效[J].河北医学,2020,26(9):1582-1584.doi:10.3969/j.issn.1006-6233.2020.09.041.

[45] 吴 敏,官建中,肖玉周,等.3-D打印技术辅助经皮撬拨空心钉内固定治疗移位的跟骨关节内骨折[J].中国修复重建外科杂志,2017,31(11):1316-1321.doi:10.7507/1002-1892.201705040.

[46] 赵利明,李竹青,李 伟,等.3D打印导板辅助置入载距突螺钉治疗跟骨关节内骨折[J].中华骨科杂志,2020,40(24):1670-1678.doi:10.3760/cma.j.cn121113-20200215-00067.

[47] 刘延子,高武长.3D打印联合关节镜下机械臂辅助经皮螺钉内固定治疗跟骨骨折[J].中国组织工程研究,2021,25(18):2822-2826.doi:10.3969/j.issn.2095-4344.3844.

[48] Dai G,Shao Z,Weng Q,et al.Percutaneous reduction,cannulated screw fixation and calcium sulfate cement grafting assisted by 3D printing technology in the treatment of calcaneal fractures[J].J Orthop Sci,2021,26(4):636-643.doi:10.1016/j.jos.2020.06.008.

[49] Zhang L,Lu C,Lv Y,et al.Three-dimensional printing-assisted Masquelet technique in the treatment of calcaneal defects[J].Orthop Surg,2021,13(3):876-883.doi:10.1111/os.12873.

[50] Saxer F,Eckardt H.Reconstruction of osseous defects using the Masquelet technique[J].Orthopade,2017,46(8):665-672.doi:10.1007/s00132-017-3443-1.

[51] 孟令杰,钱 辉,盛晓磊,等.3D打印建模联合骨水泥成形微创治疗塌陷Sanders Ⅲ型跟骨骨折[J].中国组织工程研究,2021,25(24):3784-3789.doi:10.12307/2021.080.

(编辑:刘 艺)