

· 专家共识 ·

中国骨折内固定术后感染诊断与治疗 专家共识(2018 版)

中华医学会骨科学分会创伤骨科学组 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组
中国医师协会创伤外科医师分会创伤感染专家委员会 中国医师协会骨科医师分会创伤专家工作委员会

通信作者: 余斌, 南方医科大学南方医院创伤骨科, Email: yubinol@163.com; 张英泽, 河北医科大学第三医院, Email: yzling_liu@163.com; 唐佩福, 中国人民解放军总医院, Email: pftang301@126.com; 吴新宝, 北京积水潭医院创伤骨科, Email: wuxinbao@jsthospital.org

执笔者: 姜楠, 南方医科大学南方医院创伤骨科, Email: hnxyjn@smu.edu.cn; 柴益民, 上海交通大学附属第六人民医院骨科, Email: chaiyimin@vip.163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2018.11.002

Chinese experts' consensus on diagnosis and treatment of infection after internal fixation (2018)

Traumatic Orthopedics Group, Society of Orthopedics, Chinese Medical Association; Group of External Fixation and Limb Reconstruction, Society of Orthopedics, Chinese Medical Association; Working Committee of Traumatic Infection Experts, Society of Orthopaedists, Association of Chinese Doctors; Trauma Experts Working Committee, Society of Orthopaedists, Association of Chinese Doctors

Corresponding authors: Yu Bin, Department of Orthopaedics and Traumatology, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Email: yubinol@163.com; Zhang Yingze, The Third Hospital of Hebei Medical University, Email: yzling_liu@163.com; Tang Peifu, Chinese PLA General Hospital, Email: pftang301@126.com; Wu Xinbao, Department of Orthopaedics and Trauma, Beijing Jishuitan Hospital, Email: wuxinbao@jsthospital.org

Designated writer: Jiang Nan, Department of Orthopaedics and Traumatology, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Email: hnxyjn@smu.edu.cn; Chai Yimin, Department of Orthopaedics, The Sixth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University, Email: chaiyimin@vip.163.com

近年来,随着社会经济的高速发展,各类创伤因素所致四肢骨折的患者日趋增多,接受内固定治疗的患者也逐年增加,由于患者伤情复杂多变,加上临床医生对患者自身感染高危因素认识的不足,导致骨折内固定术后感染患者的数量也在不断增加。目前,国内仍缺乏相应的诊疗共识,本着遵循科学性、先进性及实用性的原则,经中华医学会骨科学分会创伤骨科学组、中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组、中国医师协会创伤外科医师分会创伤感染专家委员会和中国医师协会骨科医师分会创伤专家工作委员会成员讨论一致通过,制定本共识。

一、概述

骨折内固定术后感染是骨科医生所面临的临床难题之一,原因在于其诊断时常困难,治疗相对棘手,

一旦不能及时有效控制感染,极易产生慢性骨髓炎,导致感染迁延不愈、复发率高、致残率高;同时,骨折内固定术后感染也是灾难性的,给患者及其家庭带来沉重的社会、经济负担。早期准确诊断与合理规范治疗是提高治愈率、降低复发率与致残率、恢复肢体功能、改善患者生活质量的关键。

二、定义

国际上最新研究表明:骨折内固定术后感染仍缺乏规范统一的概念,既往绝大多数相关研究并未明确给出其定义,而使用一些界定骨折术后感染的关键词,如细菌培养阳性、伤口脓性渗出、C反应蛋白(C reactive protein, CRP)升高等^[1-2]。需要指出的是:虽然同为内置物,骨折内固定术后感染与关节假体周围感染在诊断、治疗及预后等方面均存在显著差异,应将其视为与假体周围感染不同的一类疾病^[2]。

建议将骨折内固定术后感染定义为:骨折内固定置入术后由于致病微生物污染或患者自身免疫力低下所致的、与内置物接触的、伴或不伴周围软组织感染的骨组织感染。

三、分类

(一)时间分类

根据骨折内固定术后感染发病时间的不同分为 3 期^[3]:早期感染(<2 周):多因高毒力致病菌(如金黄色葡萄球菌等)感染所致,此期致病菌可能已初步形成生物膜,但其尚处于未成熟阶段,骨组织及周围软组织炎症变化并不明显;延迟期感染(2~10 周):多由毒力稍弱的致病菌(如表皮葡萄球菌等)感染所致,此期致病菌形成生物膜逐步成熟,对抗生素及宿主免疫有更强的抵抗力,骨组织出现溶解进而不能愈合,软组织出现进一步坏死;慢性期感染(>10 周):多由低毒力致病菌感染所致,此期骨与软组织感染进一步加重,出现以骨质炎症性破坏伴新骨形成为特点的慢性骨髓炎。感染持续时间的不同,骨组织及其周围软组织病理学变化的不同,决定了其在治疗策略方面存在显著差异。

(二)骨髓炎 Cierny-Mader 分型^[4]

Cierny-Mader 分型包括解剖分型和宿主分型。解剖分型:I 型髓内型:感染仅累及髓腔;II 型浅表型:通常有原发软组织的感染,感染累及骨皮质外层;III 型局限型:感染侵袭骨皮质内层,累及一侧骨皮质和髓腔,有边缘明确的皮质死骨形成,骨结构尚稳定;IV 型弥散型:累及整个骨皮质和髓腔,骨结构不稳定。宿主分型:A 型:生理功能正常,免疫及血液循环等系统正常;B 型:全身和/或局部生理功能异常;C 型:全身情况差,预后不良。临床选择治疗策略时,需结合患者解剖分型和宿主分型 2 个方面进行综合考虑。

四、流行病学

(一)发病率

骨折术后是否发生感染取决于外部环境与宿主条件中多种因素的综合作用:外部环境如损伤性质、骨折部位与类型、软组织损伤程度、致病菌种类、治疗时效与策略等;而宿主条件则包括患者的免疫状态、营养状况、全身及局部基础疾病等^[5]。最新研究数据显示,该病的发生率为 0.4%~16.1% 不等,平均约 5%^[6],其中,闭合性骨折内固定术后感染发生率为 1%,而开放性骨折则超过 15%^[7],甚至达 30%^[8],最高可达 55%^[9]。不同部位的骨折,其内固定术后感染发生率略有不同,胫骨近端骨折术后感染发生率为 2.1%~11.1%,平均 6.9%^[10-12],而踝关节骨折术后感染发生率为 1.1%~6.1%,平均 4.1%^[13-14]。此外,

地理位置及气候环境也影响骨感染的发病率^[15]。

(二)危险因素与合并症

吸烟是骨折内固定术后感染最重要的独立危险因素之一^[9,16],同时,吸烟能显著增加骨感染术后复发风险。因此,针对吸烟患者,建议术前应充分告知患者吸烟风险,务必戒烟。其他系统性危险因素包括糖尿病(包括术前高血糖)、肥胖、营养不良、酗酒、免疫低下/缺陷、贫血、对内置物过敏、高龄、慢性缺氧、恶性疾病及肝肾功能衰竭等;局部危险因素包括创伤部位的血流灌注不足、静脉血流不畅、软组织条件欠佳、慢性淋巴性水肿、放射性纤维化、既往手术产生的严重瘢痕等^[9,17]。

合并症方面,近期多项研究表明:骨髓炎患者罹患其他系统疾病风险显著增加,如脑出血^[18]、急性胰腺炎^[19]、冠状动脉粥样硬化性心脏病^[20]、糖尿病^[21]以及抑郁症^[22]等。

(三)医疗费用

国外最新研究表明:胫骨骨折术后感染患者的总体医疗费用是未感染患者的 6.5 倍,达 44 468 欧元,抗生素治疗时间是未感染患者的 11 倍,住院时间是未感染患者的 7.7 倍^[23]。国内较少此类数据报道,根据南方医科大学南方医院创伤骨科近 3 年住院的 278 例创伤后骨髓炎的患者资料,骨折术后感染患者的直接住院费用是未感染患者的 4.8 倍,平均约为 73 500 元^[24]。

五、诊断

骨折内固定术后感染的诊断要点包括:患者的病史与体征、影像学检查、血清学炎症指标检测、微生物培养与鉴定以及组织病理学检查。诊断骨折内固定术后感染的“金标准”是组织病理学检查。

(一)诊断成立条件

2017 年,国际内固定研究协会(Association for the Study of Internal Fixation, AO/ASIF)制定了判定骨折内固定术后是否存在感染的专家共识^[25],共识中指出,符合以下条件之一者,即可确诊骨感染:①与骨组织或内置物直接相通的窦道、瘘管或者伤口裂开(骨外露/内固定物外露);②术中发现内固定物周围存在脓液;③术中疑似感染组织细菌培养阳性;④组织病理学特殊染色证实术中疑似感染组织中存在致病微生物。

(二)病史与体征

骨折内固定术后感染患者往往有明确外伤史及手术史,采集病史时应明确外伤性质、部位、骨组织与软组织损伤程度、已采取的治疗策略(包括抗生素应用、手术方式)等,同时,应重点关注患者是否合并其

他疾病、尤其是骨感染的高危因素。早期感染多由高毒力致病菌所致,患者感染症状较为典型,主要表现为局部红、肿、热、痛,伤口愈合欠佳,局部存在血肿,可伴有全身症状,如发热、乏力等^[25];延迟期感染表现兼有早期和慢性期的临床症状,如局部血肿(早期)、窦道/瘘管(慢性期);慢性期感染症状多不典型,可表现为肢体功能障碍、局部肿胀、压痛、红斑以及窦道/瘘管形成,但常缺乏全身症状^[3]。

(三)影像学检查

影像学检查包括 X 线、超声、CT、MRI 及核医学检查等^[7]。

建议 X 线应作为怀疑骨折内固定术后感染的常规影像学检查方式^[26-27],其能迅速评估骨折复位、愈合情况以及内置物的状态,通过动态随访能观察到骨质变化情况,典型的骨感染 X 线片特点为骨腐蚀以及远离骨折端的反应性新骨的形成,而对于怀疑低毒力致病菌所致或早期骨感染 X 线片表现不典型时,建议持续动态摄片,密切随访观察,以便及时发现问题。超声检查能较好地评估局部脓肿形成等软组织感染情况。与 X 线检查相比,CT 检查能更好地评估骨质变化、骨折断端是否接触、内置物位置、骨不连情况等,能明确与窦道相通骨病灶的位置;对于髓内固定,CT 检查一旦发现髓腔内存在气体,高度提示感染可能性^[26]。CT 检查的主要不足在于无法判定软组织感染情况,对骨髓水肿变化的敏感性较低,且易受金属内置物伪影的干扰。MRI 对于感染早期的诊断具有重要价值,在感染早期(1~2 d)^[26]即可发现骨髓水肿变化,对骨组织及周围软组织的变化监测均比较敏感,因此其能清晰显示骨组织/软组织感染的范围,有助于确定清创界限,但慎用于部分体内有内置物的患者。

核医学检查主要包括骨扫描、白细胞扫描及正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography, PET)等。骨扫描可以检测是否存在全身多发感染病灶,但对近期的骨折及内固定手术后是否存在感染的判断价值有限;白细胞扫描对于骨扫描不能明确的骨髓炎的患者有重要诊断价值,且可用于近期骨折及内固定手术后是否存在感染的判定;PET 是诊断骨折内固定术后感染较好的影像学检查方式,其敏感性和特异性均较高,也可应用于体内有金属内置物的患者,但不作为首选检查^[7]。

(四)血清学指标检测

传统的血清炎症因子包括白细胞(white blood cell count, WBC)、红细胞沉降率(erythrocyte sedimentation rate, ESR)和 CRP;对于怀疑骨感染的患者,建议术前常规行 WBC、ESR 及 CRP 检测,3 项指标中出现异常

升高的指标越多,提示感染的可能性越大,但 3 项指标均正常,仍不能排除感染^[28-29];对于怀疑骨折内固定术后早期感染时,建议持续动态复查 CRP,若术后 4~7 d CRP 出现持续性升高,在排除其他系统感染及持续应激状态后,高度怀疑术后感染的可能性^[30];对于怀疑低毒力致病菌所致感染、或是延迟期及慢性期感染,WBC、ESR 及 CRP 等 3 项指标均正常时,可检测血清白细胞介素 6(interleukin 6, IL-6)、肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor α , TNF- α) 及血清淀粉样蛋白 A (serum amyloid A, SAA) 等因子的浓度^[29]进行辅助判定。新型炎症因子如 α - 防御素、D- 二聚体、钙卫蛋白等在骨折内固定术后感染中的诊断价值有待进一步研究评估,目前暂不建议作为诊断骨折术后感染的常规检测指标。

需要说明的是:多数血清炎症因子在诊断骨折内固定术后感染中的特异性并不高,炎症因子水平升高时需高度警惕感染的可能性,但其水平正常时也并不能排除感染,此时应结合患者体征以及其他相关检查以明确诊断。

(五)微生物培养与鉴定

因开放性伤口在清创起始所取污染组织的培养结果与后续感染后的致病菌之间并无相关性,因此,不推荐初始开放性骨折在清创时直接取污染组织进行培养^[31-32];针对骨折内固定术后感染的患者,为提高术中感染组织培养阳性率,不建议术前常规应用抗生素(除外感染急性发作伴全身症状),建议骨感染手术治疗前,抗生素应至少停止使用 2 周;对于有明确窦道的患者,不推荐术前常规采集窦道分泌物进行细菌培养及药敏^[17, 33],因窦道分泌物培养结果与术中感染组织细菌培养结果的一致性不高^[34];培养时间推荐至少 7 d,对于怀疑低毒力或特殊致病菌所致感染,可适当将培养时间延长至 14 d,必要时加做厌氧菌、结核分枝杆菌及真菌条件下的培养^[3, 35];对于怀疑细菌生物膜感染、内置物标本培养阴性时,可将取出的内置物送实验室进行超声波降解,破坏细菌生物膜,以提高培养阳性率^[36-37];骨折内固定术后感染的术中微生物学标本采集及术后诊断推荐采用“3-2-1”原则,即术中至少取 3 个疑似感染组织的部位进行致病菌培养,有 2 点培养出相同致病菌诊断即可成立,而对于高毒力致病菌,如金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等,只要培养出 1 点,骨感染的诊断即可成立^[38]。尽管聚合酶链反应(polymerase chain reaction, PCR)技术在细菌鉴定方面具有方便、快捷、高分辨率与高敏感性等优势,鉴于 PCR 技术尚处于探索阶段,加之其存在一定的缺陷,如标本污染易导致假阳性、不能鉴别细菌存

活状态、提供的药敏信息有限等^[3], 不建议将该技术作为微生物鉴定的常规检测方式, 应将其作为常规细菌培养的补充检测手段。

(六) 组织病理学检查

组织病理学检查是诊断骨折内固定术后感染的“金标准”, 因此, 强烈推荐对于所有疑似骨感染的患者均行疑似感染组织的病理学检查, 建议术中至少取 2~3 处不同部位的疑似感染组织送检。对于术前或术中已能明确感染存在的情形下, 不建议行术中快速冰冻病理检查(术后常规病理检查即可), 而对于术前及术中无法明确是否存在感染、且术中需根据感染与否采取不同的治疗策略时, 推荐至少取 2~3 处疑似感染骨组织旁的软组织标本进行术中快速冰冻病理检查。对疑似感染组织, 可经特殊染色后镜下观察是否存在致病微生物; 建议将任意 5 个高倍镜($\times 400$ 倍)视野下, 每个高倍镜视野内中性粒细胞(neutrophil, NEU)数量 ≥ 5 个作为骨感染的病理(含术中快速冰冻病理)诊断标准^[39-40]。

六、治疗

积极恰当的治疗是提高治愈率、降低复发率与致残率、重建肢体功能、改善生活质量的关键。近期研究表明, 保守治疗 1 年后, 感染的复发率近 75%^[41]; 但不同的外科治疗策略均存在利与弊^[42], 需要临床医生结合自身经验和患者实际情况, 选择最恰当的治疗方式。骨折内固定术后感染治疗的基本原则包括: 彻底清创、内固定的处理、全身与局部抗生素的应用、骨与软组织缺损的修复以及肢体功能康复。

(一) 治疗基本目标及选择治疗策略时需考虑的基本问题^[3]

骨折内固定术后感染治疗的 5 个基本目标包括: ①促进骨折愈合, ②清除感染或抑制感染直至骨折愈合, ③促进创面覆盖软组织的愈合, ④预防慢性骨髓炎的形成, ⑤肢体功能的恢复。

在选择不同治疗策略时应考虑的 9 个基本问题: ①感染症状持续时间, ②骨折是否已愈合, ③内固定物的稳定程度及骨折复位情况, ④内置物的类型, ⑤骨折部位, ⑥软组织的覆盖条件, ⑦宿主全身及局部机能, ⑧感染部位的既往处置情况, ⑨是否为难治致病菌感染。

(二) 彻底清创

彻底清创是骨感染治疗的前提, 也是降低复发率的关键; 清创时, 要将感染病灶当作低度恶性肿瘤处理, 将难以控制的骨感染转化为可以修复的骨缺损^[43]。清创的关键是要彻底清除所有的感染所致的坏死及失活组织, 推荐采用扩大范围式激进的清创方式

(oncologic resections), 即达正常组织 5 mm^[3, 44], 以出现骨组织和软组织的“辣椒”征为标准, 可以采用水刀、脉冲冲洗器等仪器设备辅助清创。而对于髓内型感染, 建议采用 RIA 技术, 即扩髓-灌洗-引流(reamer-irrigator-aspirator)的清创形式^[45]。内固定术后一旦怀疑急性期感染, 就应积极进行外科干预而非保守观察, 及时敞开伤口并彻底清创, 延迟闭合伤口, 必要时辅以负压引流装置。对于手术切口的缝合可采用含抗菌剂的缝线^[46], 如含三氯生的缝线。

(三) 内固定的处理

针对急性期(< 2 周)感染, 目前尚无循证医学证据建议是保留还是去除内固定, 建议在骨折复位良好、内固定稳定且感染得到有效控制的前提下尽可能予以保留, 但出现以下任一情形时, 建议应尽早去除内固定: ①吸毒及烟瘾大的患者, ②宿主免疫力低下且短期内无法纠正者, ③开放性骨折, ④髓内固定, ⑤骨折断端复位欠佳或内置物不稳定, ⑥软组织条件差、创面无法充分覆盖, ⑦难治性致病菌感染(如耐甲氧西林金黄色葡萄球菌等)^[3, 47]。对于延迟期(2~10 周)感染, 建议保留内固定仅限于骨折复位良好、内固定稳定、感染得到有效控制且有良好的软组织覆盖的情形。对于慢性期(> 10 周)感染, 如骨折已愈合, 则需去除内固定物, 如骨折未愈合, 保留内固定物的条件同延迟期感染。

无论感染处于哪种时期, 做出保留内固定物的决策必须慎重, 建议针对保留内固定的患者, 应密切关注患者的临床症状, 加强临床抗感染与对症支持治疗, 动态复查血清学炎症指标, 尤其是 CRP, 一旦出现 CRP 的持续增高、局部炎症或全身感染等临床表现加重的情况, 就要及时去除内固定物, 以防感染进一步加重。

(四) 全身抗生素的应用

全身抗生素应用包括治疗性和抑菌性 2 个目的, 如果是抑菌性为目的, 建议系统抗生素治疗应至骨折愈合且能移除内固定物^[8]; 推荐根据术中感染组织培养及药敏结果选择敏感抗生素进行治疗, 最常使用的广谱抗生素是头孢菌素类和克林霉素^[41], 清创术后即开始系统使用抗生素, 建议静脉 2 周, 随后转为口服^[48-49]; 如果以治疗性为目的, 建议内固定物去除后, 抗生素继续使用 6 周(静脉 2 周, 口服 4 周), 如保留内固定物, 抗生素则需延长至 12 周(静脉 2 周, 口服 10 周)^[8, 50]; 如果以抑菌性为目的, 系统抗生素的治疗时间与骨折稳定/愈合的时间密切相关, 建议在骨折愈合去除内固定物后再使用 4~6 周, 尤其是针对高毒力致病菌所致感染; 当怀疑耐甲氧西林金黄色葡萄

球菌感染时,可使用万古霉素或达托霉素^[51];对于延迟期及慢性期内固定术后感染,考虑细菌生物膜的存在,外科彻底清创术后,建议对葡萄球菌属所致感染加用利福平^[52],革兰阴性菌所致感染加用喹诺酮类抗生素(环丙沙星、左氧氟沙星)^[53-54]。不建议利福平术后单独使用,否则极易导致快速的细菌耐药,推荐与其他广谱抗生素联合使用^[55]。

(五)局部抗生素的应用

局部抗生素的应用需借助于抗生素载体,目前临床最常使用的载体类型包括聚甲基丙烯酸甲酯(polymethyl methacrylate, PMMA)和硫酸钙(calcium sulfate, CS);局部抗生素可选择万古霉素、庆大霉素、妥布霉素以及头孢菌素^[56]。无论选择何种类型抗生素载体,其局部应用必须建立在对感染组织彻底清创基础之上,此外,建议术前充分告知不同类型抗生素载体的利弊,如 PMMA 虽能提供足够的支撑强度,但其无法降解,需二次手术取出,CS 虽能降解,但无菌性渗出是最常见的并发症^[57-58]。

(六)骨组织缺损的修复

骨组织彻底清创后,不可避免地会产生骨缺损,对于较小($<4\sim6$ cm)骨缺损的修复,可选择自体骨游离植骨、肌肉皮瓣或者筋膜皮瓣等修复策略。对于大段($>4\sim6$ cm)骨缺损,可选择 Ilizarov 牵张成骨技术、Masquelet 技术、带血管游离腓骨移植技术等。不同的骨缺损重建技术均存在优势与不足,需要结合术者自身经验技术以及患者的实际情况等因素综合决定。

1. Ilizarov 牵张成骨技术(骨搬运术、骨运输术)^[59]: Ilizarov 技术应用的要点包括:建议截骨位置一般在骨干骺端,采用皮质截骨技术(低能量截骨),保护局部血供(骨膜与髓腔血管),推荐开始搬运时间一般截骨术后 1 周($3\sim10$ d),推荐的搬运速度 1.0 mm/d ($0.5\sim1.5\text{ mm/d}$),分 $3\sim4$ 次;对于感染不严重的患者,可以考虑彻底清创后一期截骨,若术中发现感染严重、计划从肢体远端向近端搬运或患者一般状况欠佳时,建议一期手术先行彻底清创与外固定支架固定,二期再行截骨手术,二期手术时间一般为一期术后 $4\sim6$ 周,注意动态复查患者感染指标,尤其是 CRP,CRP 降至正常后再行截骨更为安全;外固定支架类型选择方面,建议首选单边外固定支架;倘若骨缺损在使用单边外固定支架不能起到很稳定的固定作用^[60],或预计骨缺损的位置靠近关节部位时(单边架置钉存在穿透关节风险时),建议选择环形外固定支架,其固定相对更为稳定牢靠;对于骨搬运接触端(docking site),不建议常规行断端新鲜化与植骨,但

当断端接触 $2\sim3$ 个月后如无明显骨痂形成或形成骨痂较少,外固定支架去除后接触端再骨折风险显著增加时,可考虑行断端新鲜化并自体骨游离植骨术;如患者不能耐受长时间携带外固定支架,可选择早期进行骨搬运接触端自体骨移植同时更换内固定物^[61],但必须确保感染已彻底清除。

2. Masquelet 技术(膜诱导技术)^[62]: Masquelet 技术是解决大段骨缺损的有效策略之一^[63],强烈建议术者应严格遵循该技术的各期手术要点^[64-65],以降低治疗失败(包括更改任一手术方式)的发生率。一期手术的主要技术要点包括:①对骨与软组织进行彻底清创,骨缺损处填充 PMMA 骨水泥(骨水泥填充包裹达两侧骨缺损断端的 $2\sim3$ cm),良好的软组织覆盖以及骨缺损断端的有效固定;②一期术后 $6\sim8$ 周可行二期手术,二期术前需动态复查感染指标,当感染指标尤其是 CRP 出现持续下降至正常或基本正常时,方可行二期手术。二期手术的主要技术要点包括:保护已形成的诱导膜取出骨水泥,如术中怀疑仍残留感染病灶,建议再次取疑似感染组织进行细菌培养及组织病理学检查,骨水泥取出后,对骨缺损断端进行新鲜化,远近端髓腔扩髓,自体骨移植填充骨缺损,大段骨缺损时,可考虑使用同种异体骨或骨替代物,但建议自体骨与异体填充材料的比例不低于 $3:1$,随后根据情况选择恰当的终末固定方式,缝合诱导膜形成密闭腔室,关闭创面常规放置引流。

3. 带血管游离腓骨移植技术:带血管的游离腓骨移植技术是最常用的骨缺损重建技术之一^[66-67],建议此项技术由具有一定显微外科经验的医生完成。考虑到游离腓骨移植术后再股骨/胫骨化需要较长的时间,建议术后对患者进行密切随访,以降低再骨折以及其他相关并发症的发生率^[68]。

(七)软组织缺损的修复

良好的软组织条件能有效降低感染的发生率,因此,无论骨感染采用何种治疗策略,一旦出现软组织缺损,建议应尽可能早期覆盖创面;此外,开放性骨折一旦出现软组织缺损,也应尽早关闭创面(建议 1 周内)。软组织修复的方法可采用皮瓣/肌瓣转移、游离植皮以及皮肤牵张技术等。

(八)肢体功能的康复

无论采用何种治疗策略,术后均应重视积极的功能锻炼,以降低废用性骨质疏松、关节僵硬、足下垂等并发症的发生率。建议针对不同患者的特点以及不同的治疗策略,采用个性化的术后康复策略,让患者尽快重返社会,改善生活质量。

骨折内固定术后感染的诊断与治疗一直以来是

骨科医生关注的热点和难点, 尽管近年来该病在诸多领域的研究已取得了显著的进步, 但要看到: 目前仍存在很多有争议或者不明确的地方, 很多标准和原则都是参照假体周围感染制定, 因此, 需要进一步进行更为广泛、深入和细致的临床和基础研究。未来寄希望于多学科的紧密协作^[69], 更好地为患者开展诊疗服务, 通过早期诊断与恰当治疗, 以期达到降低复发风险与致残率、提高患者生活质量的目的; 同时, 未来研究应立足预防医学, 通过准确识别骨折内固定术后感染的高危人群, 进行及时预防与有效干预, 以期达到降低临床发病率的目的。

说明: 本专家共识作为学术性指导意见, 主要是基于文献的结果和专家的观点, 具体实施时需要根据本地区、医院及患者的实际情况而定。

参 考 文 献

- [1] Metsemakers WJ, Kortram K, Morgenstern M, et al. Definition of infection after fracture fixation: a systematic review of randomized controlled trials to evaluate current practice[J]. *Injury*, 2018, 49(3): 497-504. DOI: 10.1016/j.injury.2017.02.010.
- [2] Morgenstern M, Moriarty TF, Kuehl R, et al. International survey among orthopaedic trauma surgeons: lack of a definition of fracture-related infection[J]. *Injury*, 2018, 49(3): 491-496. DOI: 10.1016/j.injury.2018.02.001.
- [3] Metsemakers WJ, Kuehl R, Moriarty TF, et al. Infection after fracture fixation: current surgical and microbiological concepts[J]. *Injury*, 2018, 49(3): 511-522. DOI: 10.1016/j.injury.2016.09.019.
- [4] Cierny G 3rd, Mader JT, Penninck JJ. A clinical staging system for adult osteomyelitis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2003(414): 7-24. DOI: 10.1097/01.blo.0000088564.81746.62.
- [5] 姜楠, 覃承词, 余斌. 骨折内固定术后感染诊断与治疗的研究进展[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2015, 17(9): 764-769. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.09.007.
Jiang N, Qin CH, Yu B. Advances in diagnosis and treatment of infection after internal fixation[J]. *Chin J Orthop Trauma*, 2015, 17(9): 764-769. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.09.007.
- [6] Zimmerli W. Clinical presentation and treatment of orthopaedic implant-associated infection[J]. *J Intern Med*, 2014, 276(2): 111-119. DOI: 10.1111/joim.12233.
- [7] Morgenstern M, Kuehl R, Eckardt H, et al. Diagnostic challenges and future perspectives in fracture-related infection[J]. *Injury*, 2018, Suppl 1, S83-S90. DOI: 10.1016/S0020-1383(18)30310-3.
- [8] Trampuz A, Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices[J]. *Injury*, 2006, Suppl 2: S59-S66. DOI: 10.1016/j.injury.2006.04.010.
- [9] Hogan A, Heppert VG, Suda AJ. Osteomyelitis[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2013, 133(9): 1183-1196. DOI: 10.1007/s00402-013-1785-7.
- [10] Momaya AM, Hlavacek J, Etier B, et al. Risk factors for infection after operative fixation of Tibial plateau fractures[J]. *Injury*, 2016, 47(7): 1501-1505. DOI: 10.1016/j.injury.2016.04.011.
- [11] Parkkinen M, Madanat R, Lindahl J, et al. Risk factors for deep infection following plate fixation of proximal tibial fractures[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98(15): 1292-1297. DOI: 10.2106/JBJS.15.00894.
- [12] Zhu Y, Liu S, Zhang X, et al. Incidence and risks for surgical site infection after adult tibial plateau fractures treated by ORIF: a prospective multicentre study[J]. *Int Wound J*, 2017, 14(6): 982-988. DOI: 10.1111/iwj.12743.
- [13] Korim MT, Payne R, Bhatia M. A case-control study of surgical site infection following operative fixation of fractures of the ankle in a large U. K. trauma unit[J]. *Bone Joint J*, 2014, 96-B(5): 636-640. DOI: 10.1302/0301-620X.96B5.33143.
- [14] Olsen LL, Moller AM, Brorson S, et al. The impact of lifestyle risk factors on the rate of infection after surgery for a fracture of the ankle[J]. *Bone Joint J*, 2017, 99-B(2): 225-230. DOI: 10.1302/0301-620X.99B2.BJJ-2016-0344.R1.
- [15] Sagi HC, Donohue D, Cooper S, et al. Institutional and seasonal variations in the incidence and causative organisms for posttraumatic infection following open fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(2): 78-84. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000730.
- [16] Claessen FM, Braun Y, van Leeuwen WF, et al. What factors are associated with a surgical site infection after operative treatment of an elbow fracture? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2016, 474(2): 562-570. DOI: 10.1007/s11999-015-4523-3.
- [17] Marais LC, Ferreira N, Aldous C, et al. A modified staging system for chronic osteomyelitis[J]. *J Orthop*, 2015, 12(4): 184-192. DOI: 10.1016/j.jor.2015.05.017.
- [18] Tseng CH, Huang WS, Muo CH, et al. Increased risk of intracerebral hemorrhage among patients with chronic osteomyelitis[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123(6): 1528-1533. DOI: 10.3171/2014.11.JNS141269.
- [19] Lai SW, Lai HC, Lin CL, et al. Chronic osteomyelitis correlates with increased risk of acute pancreatitis in a case-control study in Taiwan[J]. *Eur J Intern Med*, 2015, 26(6): 429-432. DOI: 10.1016/j.ejim.2015.05.009.
- [20] Hsiao LC, Muo CH, Chen YC, et al. Increased risk of coronary heart disease in patients with chronic osteomyelitis: a population-based study in a cohort of 23 million[J]. *Heart*, 2014, 100(18): 1450-1454. DOI: 10.1136/heartjnl-2014-305652.
- [21] Lin SY, Lin CL, Tseng CH, et al. The association between chronic osteomyelitis and increased risk of diabetes mellitus: a population-based cohort study[J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2014, 33(9): 1647-1652. DOI: 10.1007/s10096-014-2126-7.
- [22] Tseng CH, Huang WS, Muo CH, et al. Increased depression risk among patients with chronic osteomyelitis[J]. *J Psychosom Res*, 2014, 77(6): 535-540. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2014.09.008.
- [23] Metsemakers WJ, Smeets B, Nijs S, et al. Infection after fracture fixation of the tibia: analysis of healthcare utilization and related costs[J]. *Injury*, 2017, 48(6): 1204-1210. DOI: 10.1016/j.injury.2017.03.030.
- [24] Jiang N, Wu HT, Lin QR, et al. Direct healthcare costs and utilization for inpatients with extremity post-traumatic osteomyelitis: a retrospective single-center observational study in Southern China

- [C]// 37th Annual Meeting of the European Bone and Joint Infection Society. Helsinki, Finland, 2018.
- [25] Metsemakers WJ, Morgenstern M, McNally MA, et al. Fracture-related infection: a consensus on definition from an international expert group[J]. *Injury*, 2018, 49(3): 505-510. DOI: 10.1016/j.injury.2017.08.040.
- [26] Pineda C, Espinosa R, Pena A. Radiographic imaging in osteomyelitis: the role of plain radiography, computed tomography, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and scintigraphy[J]. *Semin Plast Surg*, 2009, 23(2): 80-89. DOI: 10.1055/s-0029-1214160.
- [27] Lee YJ, Sadigh S, Mankad K, et al. The imaging of osteomyelitis[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2016, 6(2): 184-198. DOI: 10.21037/qims.2016.04.01.
- [28] Stucken C, Olszewski DC, Creevy WR, et al. Preoperative diagnosis of infection in patients with nonunions[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(15): 1409-1412. DOI: 10.2106/JBJS.L.01034.
- [29] Jiang N, Qin CH, Hou YL, et al. Serum TNF- α , ESR and IL-6 are more valuable biomarkers for assisted diagnosis of extremity chronic osteomyelitis[J]. *Biomark Med*, 2017, 11(8): 597-605. DOI: 10.2217/bmm-2017-0082.
- [30] Fang C, Wong TM, Lau TW, et al. Infection after fracture osteosynthesis - Part I [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2017, 25(1): 2309499017692712. DOI: 10.1177/2309499017692712.
- [31] Valenziano CP, Chattar-Cora D, O'Neill A, et al. Efficacy of primary wound cultures in long bone open extremity fractures: are they of any value? [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2002, 122(5): 259-261. DOI: 10.1007/s00402-001-0363-6.
- [32] Burns TC, Stinner DJ, Mack AW, et al. Microbiology and injury characteristics in severe open tibia fractures from combat[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 72(4): 1062-1067. DOI: 10.1097/TA.0b013e318241f534.
- [33] Aggarwal VK, Higuera C, Deirmengian G, et al. Swab cultures are not as effective as tissue cultures for diagnosis of periprosthetic joint infection[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(10): 3196-3203. DOI: 10.1007/s11999-013-2974-y.
- [34] Soomro S, Siddiqi MA, Taufiq I. Diagnostic value of sinus tract culture versus intraoperative bone culture in patients with chronic osteomyelitis[J]. *J Pak Med Assoc*, 2016, 66(Suppl 3) (10): S109-S111.
- [35] Sheehy SH, Atkins BA, Bejon P, et al. The microbiology of chronic osteomyelitis: prevalence of resistance to common empirical anti-microbial regimens[J]. *J Infect*, 2010, 60(5): 338-343. DOI: 10.1016/j.jinf.2010.03.006.
- [36] Yano MH, Klautau GB, da Silva CB, et al. Improved diagnosis of infection associated with osteosynthesis by use of sonication of fracture fixation implants[J]. *J Clin Microbiol*, 2014, 52(12): 4176-4182. DOI: 10.1128/JCM.02140-14.
- [37] Puig-Verdie L, Alentorn-Geli E, Gonzalez-Cuevas A, et al. Implant sonication increases the diagnostic accuracy of infection in patients with delayed, but not early, orthopaedic implant failure[J]. *Bone Joint J*, 2013, 95-B(2): 244-249. DOI: 10.1302/0301-620X.95B2.30486.
- [38] Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR, et al. Diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America[J]. *Clin Infect Dis*, 2013, 56(1): e1-e25. DOI: 10.1093/cid/cis803.
- [39] Parvizi J, Zmistowski B, Berbari EF, et al. New definition for periprosthetic joint infection: from the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(11): 2992-2994. DOI: 10.1007/s11999-011-2102-9.
- [40] Morgenstern M, Athanasou NA, Ferguson JY, et al. The value of quantitative histology in the diagnosis of fracture-related infection[J]. *Bone Joint J*, 2018, 100-B(7): 966-972. DOI: 10.1302/0301-620X.100B7. BJJ-2018-0052. R1.
- [41] Jiang N, Ma YF, Jiang Y, et al. Clinical Characteristics and treatment of extremity chronic osteomyelitis in southern China: a retrospective analysis of 394 consecutive patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(42): e1874. DOI: 10.1097/MD.0000000000001874.
- [42] Panteli M, Giannoudis PV. Chronic osteomyelitis: what the surgeon needs to know[J]. *EFORT Open Rev*, 2016, 1(5): 128-135. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000017.
- [43] Patzakis MJ, Zalavras CG. Chronic posttraumatic osteomyelitis and infected nonunion of the tibia: current management concepts[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2005, 13(6): 417-427. DOI: 10.5435/00124635-200510000-00006.
- [44] Simpson AH, Deakin M, Latham JM. Chronic osteomyelitis. The effect of the extent of surgical resection on infection-free survival[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2001, 83(3): 403-407.
- [45] Zalavras CG, Sirkin M. Treatment of long bone intramedullary infection using the RIA for removal of infected tissue: indications, method and clinical results[J]. *Injury*, 2010, 41 Suppl 2: S43-47. DOI: 10.1016/S0020-1383(10)70008-5.
- [46] Wu X, Kubilay NZ, Ren J, et al. Antimicrobial-coated sutures to decrease surgical site infections: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2017, 36(1): 19-32. DOI: 10.1007/s10096-016-2765-y.
- [47] Mouzopoulos G, Kanakaris NK, Kontakis G, et al. Management of bone infections in adults: the surgeon's and microbiologist's perspectives[J]. *Injury*, 2011, 42 Suppl 5: S18-23. DOI: 10.1016/S0020-1383(11)70128-0.
- [48] Spellberg B, Lipsky BA. Systemic antibiotic therapy for chronic osteomyelitis in adults[J]. *Clin Infect Dis*, 2012, 54(3): 393-407. DOI: 10.1093/cid/cir842.
- [49] Rod-Fleury T, Dunkel N, Assal M, et al. Duration of post-surgical antibiotic therapy for adult chronic osteomyelitis: a single-centre experience[J]. *Int Orthop*, 2011, 35(11): 1725-1731. DOI: 10.1007/s00264-011-1221-y.
- [50] Schmidt AH, Swiontkowski MF. Pathophysiology of infections after internal fixation of fractures[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2000, 8(5): 285-291.
- [51] 姜楠, 覃承诃, 余斌. 骨折内固定术后感染抗生素治疗的新进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23(16): 1489-1492. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.16.10.
- Jiang N, Qin CH, Yu B. Current antibiotic treatment options for fracture implant-associated infection[J]. *Orthopedic Journal of China*,

- 2015, 23(16): 1489-1492. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.16.10.
- [52] Zimmerli W, Widmer AF, Blatter M, et al. Role of rifampin for treatment of orthopedic implant-related staphylococcal infections: a randomized controlled trial. Foreign-Body Infection (FBI) Study Group[J]. JAMA, 1998, 279(19): 1537-1541. DOI: 10.1001/jama.279.19.1537.
- [53] Hsieh PH, Lee MS, Hsu KY, et al. Gram-negative prosthetic joint infections: risk factors and outcome of treatment[J]. Clin Infect Dis, 2009, 49(7): 1036-1043. DOI: 10.1086/605593.
- [54] Aboltins CA, Dowsey MM, Buising KL, et al. Gram-negative prosthetic joint infection treated with debridement, prosthesis retention and antibiotic regimens including a fluoroquinolone[J]. Clin Microbiol Infect, 2011, 17(6): 862-867. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2010.03361.x.
- [55] Achermann Y, Eigenmann K, Ledergerber B, et al. Factors associated with rifampin resistance in staphylococcal periprosthetic joint infections (PJI): a matched case-control study[J]. Infection, 2013, 41(2): 431-437. DOI: 10.1007/s15010-012-0325-7.
- [56] ter Boo GJ, Grijpma DW, Moriarty TF, et al. Antimicrobial delivery systems for local infection prophylaxis in orthopedic- and trauma surgery[J]. Biomaterials, 2015, 52: 113-125. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2015.02.020.
- [57] Ferguson JY, Dudareva M, Riley ND, et al. The use of a biodegradable antibiotic-loaded calcium sulphate carrier containing tobramycin for the treatment of chronic osteomyelitis: a series of 195 cases[J]. Bone Joint J, 2014, 96-B(6): 829-836. DOI: 10.1302/0301-620X.96B6.32756.
- [58] McNally MA, Ferguson JY, Lau AC, et al. Single-stage treatment of chronic osteomyelitis with a new absorbable, gentamicin-loaded, calcium sulphate/hydroxyapatite biocomposite: a prospective series of 100 cases[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(9): 1289-1296. DOI: 10.1302/0301-620X.98B9.38057.
- [59] Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method[J]. Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst, 1988, 48(1): 1-11.
- [60] Rohilla R, Wadhvani J, Devgan A, et al. Prospective randomised comparison of ring versus nail fixator in infected gap nonunion of tibia treated with distraction osteogenesis[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(10): 1399-1405. DOI: 10.1302/0301-620X.98B10.37946.
- [61] Zhang ST, Wang H, Zhao JJ, et al. Treatment of post-traumatic chronic osteomyelitis of lower limbs by bone transport technique using mono-lateral external fixator: follow-up study of 18 cases[J]. J Orthop Sci, 2016, 21(4): 493-499. DOI: 10.1016/j.jos.2016.04.010.
- [62] Masquelet AC, Fitoussi F, Begue T, et al. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft[J]. Ann Chir Plast Esthet, 2000, 45(3): 346-353.
- [63] Morelli I, Drago L, George DA, et al. Masquelet technique: myth or reality? A systematic review and meta-analysis[J]. Injury, 2016, 47 Suppl 6: S68-S76. DOI: 10.1016/S0020-1383(16)30842-7.
- [64] Masquelet AC. Induced membrane technique: pearls and pitfalls[J]. J Orthop Trauma, 2017, 31 Suppl 5: S36-S38. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000979.
- [65] Mauffrey C, Hake ME, Chadayammuri V, et al. Reconstruction of long bone infections using the induced membrane technique: tips and tricks[J]. J Orthop Trauma, 2016, 30(6): e188-193. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000500.
- [66] Lê Thua TH, Pham DN, Boeckx W, et al. Vascularized fibular transfer in longstanding and infected large bone defects[J]. Acta Orthop Belg, 2014, 80(1): 50-55.
- [67] Gao-Hong R, Run-Guang L, Gui-Yong J, et al. A solution to the vessel shortage during free vascularized fibular grafting for reconstructing infected bone defects of the femur: bridging with vein transplantation[J]. Injury, 2017, 48(2): 486-494. DOI: 10.1016/j.injury.2016.10.027.
- [68] Kooroor CC, Jayakumar R, George V, et al. Vascularized fibular graft in infected tibial bone loss[J]. Indian J Orthop, 2011, 45(4): 330-335. DOI: 10.4103/0019-5413.82337.
- [69] Bose D, Kugan R, Stubbs D, et al. Management of infected nonunion of the long bones by a multidisciplinary team[J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(6): 814-817. DOI: 10.1302/0301-620X.97B6.33276.

(收稿日期:2018-10-19)

(本文编辑:张以芳)

参与共识制定专家(按姓氏拼音顺序):

安维军 毕郑刚 蔡善保 蔡贤华 曹瑞治 曹学成 曹 阳 曾炳芳 柴益民 陈 华 陈爱民 陈 华 陈顺有 陈 伟 陈伟高 陈雁西 陈允震 陈 仲
程 鹏 池雷霆 党晓谦 邓雪峰 丁真奇 东靖明 樊国锋 方诗元 冯 卫 付小兵 付中国 高 鹏 高秋明 顾立强 官建中 郭荣光 郭晓山 郭 氧
侯志勇 胡岩君 黄富国 黄 雷 姬洪全 纪 方 贾世孔 贾燕飞 姜保国 姜光财 蒋协远 荆珏华 康庆林 孔 荣 李 军 李开南 李临齐 李伟桐
李 忠 梁 笃 梁家利 廖 琦 林凤飞 林 朋 林渊源 刘 璠 刘 勇 刘 智 刘光耀 刘国辉 刘 雷 刘黎军 刘利民 刘曦明 刘雅克 刘志祥
柳 豪 罗从凤 罗 刚 吕 欣 吕德成 吕 刚 吕 智 马宝通 马献忠 马信龙 倪江东 倪卫东 潘志军 裴国献 彭阿钦 戚 剑 钱红波 任义军
芮永军 桑锡光 桑锡光 尚 剑 邵 林 石展英 史庆轩 史世勤 舒衡生 宋朝晖 宋文超 苏 伟 孙大辉 孙海钰 孙鸿涛 孙佳冰 孙玉强 孙月华
覃承河 谭文甫 汤 欣 唐 坚 唐佩福 陶 然 滕 星 田 耘 佟大可 汪玉良 王 东 王 钢 王爱国 王宝军 王光林 王国选 王 蕾 王利民
王满宜 王鹏程 王秋根 王万明 王新卫 王 跃 王正国 王政远 文良元 郭 波 吴丹凯 吴多庆 吴克俭 吴立生 吴新宝 吴征杰 肖德明 谢 肇
谢增如 徐 明 徐卫国 徐永清 杨 军 杨 磊 杨华清 杨明辉 杨胜松 姚 琦 叶发刚 叶君健 叶 鹏 余 斌 禹宝庆 袁 志 张 堃 张 一
张保中 张殿英 张建宁 张建政 张金利 张立海 张 群 张树明 张 巍 张亚奎 张英泽 张长青 赵劲民 赵 文 赵 喆 郑龙坡 周 方 周东生
周君琳 朱 勇 朱仕文 朱永展 朱跃良 庄 岩 庄云强