

恶性骨肿瘤保留自身关节临床应用中国专家共识

中国抗癌协会骨肿瘤与骨转移瘤专业委员会

doi:10.12354/j.issn.1000-8179.2024.20240379

保留自身关节手术是一种特殊类型的四肢骨肿瘤保肢手术方法,其核心思想是将精准外科理念应用于骨肿瘤保肢手术中,其基本策略是在彻底切除肿瘤的同时保留患者的关节,其目的在于获得长期满意的肢体关节功能。保留自身关节手术的开展是以四肢骨肿瘤外科治疗基本原则为指导,以不增加肿瘤复发及转移风险为基本前提,以患者骨肿瘤客观病情为判断准绳,以成熟的骨肿瘤外科专业团队为主导,实现瘤段的精准切除和良好的骨缺损修复重建。

目前,保留自身关节手术临床应用逐渐增多,新的研究和应用相继报道,为了更好地指导临床工作,撰写者收集了所有相关的、近期的、符合循证医学证据的临床资料,汲取我国开展过保留自身关节手术专家的经验制定本共识。保留自身关节手术临床应用专家共识的内容包括推荐意见 18 条,内容包括保留关节手术的适应证与禁忌证、开展保留关节手术的术前规划、保留关节手术相关技术问题、保留关节手术的并发症及处理。旨在通过循证医学的方法,为四肢骨肿瘤保留自身关节手术提供可靠的临床依据,规范治疗行为,进一步提高疗效。

本共识依据循证医学证据类别和专家组意见一致率,确定共识的推荐等级(表 1),其中高级别证据来源于严谨、高质量的 Meta 分析或随机对照试验结果;低级别证据来源于一般质量的 Meta 分析、非随机对照研究、观察性研究和病例报告;专家组赞同率 $\geq 95\%$ 被视为意见高度一致;专家组赞同率在 80%~95% 视为意见基本一致;专家组赞同率 $< 80\%$ 则视为存在意见分歧。

表 1 共识推荐等级

推荐等级	证据类别标准
I 级推荐	基于高级别证据,专家组意见高度一致
II 级推荐	基于高级别证据,专家组意见基本一致 基于低级别证据,专家组意见高度一致
III 级推荐	基于低级别证据,专家组意见基本一致
不推荐	专家组存在意见分歧

1 保留自身关节手术的适应证与禁忌证

共识 1: 保留自身关节手术是指肿瘤瘤段切除后,

关节面及关节内结构基本完整,儿童及青少年患者保留自身关节手术包括保留髌板和不保留髌板两种方式(基本一致 85%,推荐等级: III 级)。

Ozger 等^[1]认为恶性骨肿瘤患者的治疗目标: 1)挽救生命; 2)挽救肢体; 3)保留肢体功能; 4)肢体美观; 5)治疗方式契合患者需求。Cañadell 应用骨髌牵张瘤段切除异体骨移植的方法治疗肢体骨肉瘤,将该手术命名为保留骨髌保肢手术, San-Julián 等^[2-3]进一步研究提出了保留骨髌手术的理论基础、适应证、临床分型及手术技术。Takeuchi 等^[4]提出了指导保留自身关节手术的截骨分型,认为保留自身关节手术具有明显的优点。于秀淳等^[5-6]报道了应用保留骨髌的灭活再植术治疗儿童股骨远端干骺端骨肉瘤,在国内较早地提出了儿童骨肿瘤手术中保留骨髌的概念。王臻等^[7]在国内较早地开展了儿童及青少年患者保留骨髌手术的临床探索研究,推动了本项外科技术的发展。

共识 2: 儿童及青少年患者开展保留自身关节手术可能保留骨骼的生长潜能。接受保留自身关节手术的患者可以获得长期稳定的自身关节功能,远期临床疗效优于非保留自身关节保肢术(高度一致 100%,推荐等级: II 级)。

San-Julián 等^[8]认为对儿童及青少年肢体恶性肿瘤患者进行保留髌板手术能够保留患者的生长潜能,有助于解决肢体不等长的问题。Yamamoto 等^[9]认为肿瘤假体并发症会随着时间的推移而增加,对于儿童和青少年患者长期稳定良好肢体功能的需求,保留自身关节手术具有明显的优势。Pesenti 等^[10]对比研究了 6 例肿瘤假体置换术与 9 例保留自身关节保肢术患者的功能,随访期间两者没有统计差异,但肿瘤假体存在步态改变和机械磨损的问题。Abe 等^[11]通过问卷调查,得出了保留自身关节手术有助于获得更好的肢体功能并提高患者治疗满意度。

共识 3: 保留自身关节手术的适应证包括: 1)高度恶性骨肿瘤新辅助化疗有效; 2)可以获得安全外科边界; 3)具有成熟的保肢手术技术(基本一致 90%,推荐等级: III 级)。

《四肢骨肉瘤保肢治疗指南》^[12]指出新辅助化疗有效是开展肢体恶性骨肿瘤保肢治疗的前提,保留自身关节手术是一种特殊类型的保肢术,新辅助化疗有

效是开展此项手术的基本条件。Aponte-Tinao 等^[13]研究发现约有 1/6 发生于膝关节干骺端的骨肉瘤患者可以在获得安全切除边界的基础上开展保留自身关节手术。Takeuchi 等^[14]认为基于影像学的进步,对于肿瘤未侵袭关节端且化疗有反应的患者,可以实现精准切除肿瘤以达到保留自身关节的目的。

共识 4: 合并病理性骨折的恶性骨肿瘤不是保留自身关节手术的禁忌证。病理性骨折造成关节面、关节腔及关节内软组织受累时,不应该再开展保留自身关节手术(基本一致 80%, 推荐等级: Ⅲ级)。

《四肢骨肉瘤保肢治疗指南》^[12]指出,化疗反应好、合并病理性骨折的四肢骨肉瘤是开展保肢治疗的适应证。Yu 等^[5]报道了一组开展保留自身关节手术的患者,其中合并病理性骨折与不合并病理性骨折的患者临床疗效相似,合并病理性骨折患者在重建方式中不再适合做灭活再植。Kelley 等^[15]对 2 847 例肢体骨肉瘤进行临床回顾性分析,他们认为儿童肢体骨肉瘤是否发生病理性骨折对其治疗方式及预后并没有影响。

共识 5: 关节端广泛受累是开展保留自身关节手术的禁忌证。新辅助化疗疗效欠佳且难以获得安全外科边界时不推荐开展保留自身关节手术(基本一致 80%, 推荐等级: Ⅲ级)。

《四肢骨肉瘤保肢治疗指南》^[12]指出骨与关节重建是在安全边界基础上的外科治疗,肿瘤进入骨骺或邻近关节时,关节及关节囊需要切除。Aponte-Tinao 等^[13]认为在冠状位磁共振(MR)图像上进行肿瘤及截骨测量时,截骨线应该距离肿瘤有 1 cm 的安全边界,残存的关节端也应该有 1 cm 的厚度,以利于保留关节端血运及用于骨缺损修复重建固定。于秀淳等^[6]认为开展保留自身关节手术的前提是不增加危及生命等严重并发症的发生。王臻等^[7]在相关研究中认为术前有效化疗是开展保留自身关节手术的前提条件,严格的病理学检查评估肿瘤切缘的安全性十分重要。

2 开展保留自身关节保肢技术的术前规划

共识 6: 对拟开展保留自身关节手术的患者应该完善影像学检查评估肿瘤侵袭范围, MR 及增强检查能够有助于判断髓腔内肿瘤侵袭范围,为准确切除肿瘤提供重要参考(高度一致 100%, 推荐等级: Ⅱ级)。

Brookes 等^[16]在骨肉瘤外科治疗进展综述中提出 MR 是确定骨内外肿瘤界限的最准确工具,因为它可以最好地定义髓质范围和软组织成分。Gong 等^[17]在开展保留自身关节手术中,关节端经骺板截骨,对非关节端截骨通常在肿瘤 MR 显像 3~5 cm 外进行。Aponte-Tinao 等^[13]认为 MR 图像上截骨计划位置应该在肿瘤 1cm 以外。Li 等^[18]对于 MR 显示肿瘤侵袭骺板的儿童骨肉瘤患者进行了分析,提出了肿瘤区域

及可疑区域,并对不同区域采取不同外科策略。

共识 7: 儿童及青少年患者在开展保留自身关节手术时需要重点关注骺板与肿瘤的关系、肢体生长发育的特性(基本一致 80%, 推荐等级: Ⅲ级)。

Lee 等^[19]研究认为儿童及青少年患者骨肉瘤具有不同于成人的流行病学特征和不同的治疗方式,肢体生长是需要重点关注的内容,儿童及青少年保肢技术往往并发症更多。Yamamoto 等^[9]认为儿童及青少年骨肉瘤患者需要参加体育运动、工作及其他日常活动,保留自身关节手术并保留生长潜能更为合适。Smida 等^[20]认为在开展儿童骨肉瘤保留自身关节手术中,精准切除肿瘤保留部分骨膜进行植骨重建可获得良好的骨愈合。

共识 8: 3D 辅助设计及 3D 打印重建技术的应用提高了骨肿瘤切除的精准性、丰富了骨缺损修复重建的方法、促进了保留自身关节手术的发展(基本一致 85%, 推荐等级: Ⅲ级)。

郭卫等^[21]认为对于邻近关节的儿童肢体肿瘤,使用 3D 打印金属假体保留关节尤其成功,多孔金属骨小梁结构可以完美地与保留的骨骺骨面进行骨整合,认为 3D 打印金属假体开启了骨缺损修复重建的新纪元。Park 等^[22]研究报道 3D 打印导板辅助切除肿瘤,能够将肿瘤切除误差控制在 3 mm,明显提高了肿瘤切除的精准性。陈国景等^[23]在开展保留自身关节手术中使用 3D 打印金属假体修复骨缺损,认为 3D 打印假体的界面骨整合能力能够应对各种保留自身关节保肢技术的临床需求,为肢体恶性肿瘤切除后保留自身关节的患者提供一种新的选择。

共识 9: 儿童及青少年患者骺板侧截骨可分为 3 种情况: 保留骺板截骨、经骺板截骨、不保留骺板截骨。无论采用何种方式截骨,获得安全的肿瘤外科边界是手术成功的前提(高度一致 100%, 推荐等级: Ⅱ级)。

San-Julián 等^[8]认为在开展保留自身关节手术中应该重点关注儿童及青少年患者骺板是否被肿瘤侵袭。Takeuchi 等^[4]将肿瘤侵袭骺板的类型作为手术切除肿瘤的依据,并提出了三种切除类型: 经干骺端切除术、经关节端切除术和经骨骺切除术。研究认为骺板并不能对骨肉瘤侵袭生长形成屏障作用,因此在考虑骨肉瘤安全切除边界时,不能简单地将经骺板切除视为获得足够的安全切除边界^[24]。

3 保留自身关节手术相关技术问题

共识 10: 数字医学技术,包括但不限于: 导航技术、机器人技术及 3D 打印导板技术的应用,提高了手术切除与重建的精准性,扩展了保留自身关节手术的应用场景(高度一致 100%, 推荐等级: Ⅱ级)。

Bosma 等^[25]对比研究了徒手切除、计算机导航辅助切除和个性化定制导板引导切除这 3 种方式在保

留关节保肢手术切除中的精准性,结果显示个性化定制导板引导切除精准性最高,辅以计算机导航并不能提高肿瘤切除精准性,但能够有助于提高手术切口的准确性,计算机导航与个性化定制导板可以协同使用。Khan 等^[26]对比研究了不同切除方式切除肢体骨肿瘤所产生的偏差,结果显示徒手切除的最大偏差均数可达 9 mm,而使用导板辅助切除的最大偏差均数为 2 mm,徒手切除的最大偏差大于 3 mm 和大于 4 mm 的次数百分比分别为 100% 和 72%,而在导板辅助情况下仅为 5.6% 和 0。Li 等^[27]认为计算机辅助导航技术在关节端肿瘤进行不规则截骨时具有明显的优势。

共识 11: 保留自身关节手术可以分为精准切除瘤段和骨缺损修复重建两个阶段,基于影像的肿瘤侵袭范围分型及手术切除方式分型有利于指导肿瘤切除,骨缺损分型有助于指导骨缺损修复重建(基本一致 80%,推荐等级: III 级)。

Chen 等^[28]对于儿童膝关节周围骨肉瘤肿瘤部位、骺板位置、微波及冷冻使用位置及计划切除范围进行了分型,认为这种分型可以指导手术策略,且便于比较功能结果。胡永成等^[29]对四肢骨肿瘤切除后骨缺损进行了分型,其分型主要关注骨干及干骺端受累的情况,在选择骨干假体重建骨缺损时具有较强的指导意义。Chen 等^[30]对四肢骨肿瘤瘤段骨强度进行了评分设计,在指导是否可以选瘤段骨灭活再植方面具有较强的指导意义。

共识 12: 保留自身关节手术中骨缺损修复可选择多种方式,包括但不限于: 灭活再植、自体骨移植、异体骨重建、假体重建和复合重建等,需要准确理解,恰当应用(基本一致 80%,推荐等级: III 级)。

儿童骨肉瘤患者骨缺损修复重建方式多样而并发症也多,常见并发症包括: 骨折、骨不连、感染、假体松动、切口裂开等,文献分析结果建议 11 岁以下儿童患者推荐自体+异体骨复合移植,11~14 岁青少年患者推荐同种异体骨移植^[31]。Aponte-Tinao 等^[13]对 35 例保留自身关节保肢技术患者采用了异体骨重建修复骨缺损,其中 11 例患者出现了异体骨骨折,3 例患者出现了骨不愈合,2 例患者出现了感染。Schuh 等^[32]对比研究了异体骨复合带血管蒂和不带血管蒂腓骨重建干骺端骨缺损的临床疗效,认为两组之间并没有差异,带血管蒂腓骨组更易出现并发症。Ji 等^[33]对 14 例保留自身关节保肢技术患者采用了瘤段骨巴氏灭活复合带血管蒂腓骨修复骨缺损,1 例出现了感染,未见骨折。Puri 等^[34]对 32 例保留自身关节保肢技术患者应用了瘤段骨辐照灭活再植修复骨缺损,4 例因感染需取出灭活骨,4 例出现了内固定失效。Takeuchi 等^[4]对 12 例保留自身关节保肢技术患者采用了瘤段骨冷冻灭

活修复骨缺损,2 例复合了异体骨,1 例复合了腓骨,3 例患者出现了骨折,1 例患者出现了感染。

共识 13: 骺板不是阻挡肿瘤侵袭关节端的有效屏障,当骺板存在肿瘤侵袭的情况时,应该选择在骺板外的安全边界进行截骨,固定时螺钉也可穿越骺板(基本一致 80%,推荐等级: III 级)。

San-Julián 等^[2]在介绍 Canadell 技术时认为骨骺牵开有助于保留骺板成分,并认为尽可能地保留骺板结构有助于保留更多的骨骼生长能力。Takeuchi 等^[4]认为应该根据肿瘤侵袭的范围进行切除边界的合理设计,切除或者部分切除骺板会影响关节端的纵向生长,但即使将骺板完全切除,关节端仍具有一定的横向生长能力。于秀淳等^[35]在开展保留自身关节保肢技术中固定灭活骨时采用交叉螺钉穿越骺板固定,认为这样的方式既能够达到稳定固定的作用也能够保留一部分骺板的生长功能。王臻等^[7]在开展保留自身关节保肢技术中,对骨骺采用松质骨拉力螺钉固定,先在骺软骨做软骨瓣并掀起,安装螺钉时将其尾端完全埋入,软骨瓣复原位,认为儿童及青少年软骨修复力强,手术对于骨骺发育及关节功能影响不大。

共识 14: 保留自身关节手术多采用生物重建的方式修复骨缺损,需要特别注意生物重建骨的生物活性问题以及坚强的固定(基本一致 85%,推荐等级: III 级)。

Campanacci 等^[36]研究认为复合带血管蒂的异体骨移植修复长骨骨缺损能够有效减少生物重建的并发症,获得长期稳定的临床疗效。Aponte-Tinao 等^[13]采用异体骨生物重建修复骨缺损时,约有 1/3 的患者(11 例)出现了异体骨骨折,最终有 7 例患者因为骨折想要将异体骨取出。Takeuchi 等^[4]采用瘤段骨冷冻灭活生物重建方式,他们认为冷冻灭活瘤骨能够保留灭活骨的成骨能力,有助于减少骨折的发生,但也强调长钢件的固定作用。Ji 等^[37]应用瘤段骨巴氏灭活复合带血管蒂腓骨重建骨缺损,并采用内外侧双钢件进行加强固定,随访期内未出现灭活骨骨折。

4 保留关节手术的并发症及处理

共识 15: 保留自身关节手术早期并发症可能多于非保留自身关节手术,但多为较易处理的手术并发症。遵循适应证开展保留自身关节手术并不会增加肿瘤复发率(基本一致 80%,推荐等级: III 级)。

Andreou 等^[38]对 1355 例骨肉瘤患者进行了临床研究,其中有 123 例骨肉瘤接受了近切缘手术治疗,结果显示近切缘并没有导致肿瘤局部复发增加。Aponte-Tinao 等^[13]报道的 35 例保留自身关节保肢技术中有 3 例患者出现了肿瘤复发,其复发率较高与部分患者化疗反应欠佳有关,认为应该严格选择开展保留自身关节保肢技术的患者。对近 10 年文献里开展保留

自身关节保肢技术的资料较为完整的患者进行分析,结果显示生物重建骨骨折、移植骨不愈合、骨延迟愈合、感染是开展保留自身关节保肢技术较为常见的非肿瘤学并发症,其中骨折发生率为 23%,骨不愈合及延迟愈合发生率为 13%,感染发生率为 9%,非肿瘤学并发症导致的截肢率为 1.6%^[4-5,13,17,20,39-47]。

共识 16: 保留自身关节手术中采用生物重建骨缺损的患者,术后应该密切关注重建骨的成骨能力和内固定稳定情况,预防重建骨骨折的发生(基本一致 80%,推荐等级:Ⅲ级)。

Aponte-Tinao 等^[13]报道在保留自身关节保肢术中单纯使用大段异体骨重建骨缺损术后骨折率可达 31.4%,在另一项关注大段异体骨临床应用结果分析中,4 例大段异体骨因骨折行取出,3 例异体骨骨折在再次手术中行髂骨植骨更换坚强内固定处理。Yu 等^[5]采用灭活瘤骨重建保留自身关节保肢技术的骨缺损,长期随访中 3 例患者出现了骨折,给予患者行再次植骨及坚强内固定,骨折愈合,自身关节再次得以保留。姬涛等^[48]对 5 例生物重建失败的病例进行了游离带血管蒂腓骨移植联合水平对置全长桥接钢板内固定,结果显示所有患者均获得良好的临床疗效,认为这项技术可以应用于生物重建骨缺损失败的患者。

共识 17: 在保留自身关节手术中采用自体骨灭活再植具有明显的优缺点,优点在于良好的骨匹配,缺点是可能存在的瘤骨复发(基本一致 80%,推荐等级:Ⅲ级)。

Ikuta 等^[45]在保留自身关节手术采用了瘤段骨热灭活复合带血管蒂腓骨修复骨缺损,结果显示热灭活瘤骨 10 年在体率为 70.1%,认为这是一种成功的生物重建骨缺损手术方式。Yu 等^[49]对保留自身关节保肢术患者采用了瘤段骨酒精灭活再植修复骨缺损,认为这种自体瘤段骨灭活再植仍是一种修复骨缺损生物重建的方式。Ji 等^[37]在保留自身关节保肢术中采用了瘤段骨巴氏灭活复合带血管蒂腓骨修复骨缺损,随访结果显示未见肿瘤复发,认为这是一种良好的生物重建骨缺损手术方式。Takeuchi 等^[4]在保留自身关节手术患者采用了瘤段骨冷冻灭活修复骨缺损,随访结果提示临床疗效良好,认为相比其他瘤骨灭活方式,冷冻灭活能够更好地保留诱导成骨能力,减少临床并发症。

共识 18: 接受保留自身关节手术的儿童及青少年患者,在肿瘤切除 2 年以后全身评估无肿瘤学并发症,且肢体短缩明显而关节功能良好的情况下,可采用骨延长的方法解决肢体短缩问题(基本一致 85%,推荐等级:Ⅲ级)。

肢体功能短缩是儿童及青少年骨肉瘤患者最常见的远期并发症,Kong 等^[50]认为符合以下标准的肢体短缩患者可以进行肢体延长手术:1)肿瘤切除后至

少 2 年无复发;2)肢体缩短大于 4cm;在他们的研究中,通常会在肢体恢复长度后最终用肿瘤关节重建。Ji 等^[33]对于股骨远端骨肉瘤行肿瘤假体保肢儿童患者术后不等长的情况,采用胫骨侧延长来获得等长的肢体,尽管会出现双侧肢体关节面不等高,但也是一种解决肢体不等长的方法。Yu 等^[5]在保留自身关节保肢术后出现肢体不等长时,通过单边外固定架延长股骨中上段来恢复股骨的正常长度,患者获得了良好的肢体长度,并认为保留自身关节生物重建骨缺损患者肢体不等长的临床解决方案要比肿瘤假体患者肢体不等长的临床解决方案容易。

5 结语与展望

本共识根据近期研究成果,对保留自身关节手术的适应证与禁忌证、术前规划、具体手术技术、并发症的处理进行了推荐。希望通过本共识的发布,有助于中国骨科医生开展保留自身关节手术的临床实践。由于原发肢体恶性骨肿瘤病例较少,保留自身关节手术缺乏前瞻性大样本的循证医学证据,部分内容可能存在争议。随着骨肿瘤外科技术的进步和高质量循证依据的积累,保留自身关节手术临床应用共识也需要保持更新,不断丰富和完善以规范恶性骨肿瘤患者的个体化诊疗。

参加共识撰写的专家

专家组组长(按姓氏笔画排列):

于秀淳 中国人民解放军联勤保障部队
第九六〇医院

王国文 天津医科大学肿瘤医院

郭卫 北京大学人民医院

专家组成员(按姓氏笔画排列):

王守丰 南京鼓楼医院

王臻 中国人民解放军空军军医大学
第一附属医院

叶招明 浙江大学医学院第二附属医院

汤小东 北京大学人民医院

吴苏稼 中国人民解放军联勤保障部队
东部战区总医院

李昕 山东大学齐鲁医院

李建民 山东大学齐鲁医院

李振峰 山东大学齐鲁医院

杨志平 山东大学齐鲁医院

杨毅 北京大学人民医院

闵理 四川大学华西医院

林秣 浙江大学医学院第二附属医院

陈国景 中国人民解放军空军军医大学
第一附属医院

姚伟涛 河南省肿瘤医院

胡永成 天津医院

郑 凯 中国人民解放军联勤保障部队
第九六〇医院

姬 涛 北京大学人民医院

徐 明 中国人民解放军联勤保障部队
第九六〇医院

蔡郑东 上海市第一人民医院

执笔人:

郑 凯 中国人民解放军联勤保障部队
第九六〇医院

本文无影响其科学性与可信度的经济利益冲突。

参考文献

- [1] Özger H, Sim FH, Puri A, Eralp L. Orthopedic Surgical Oncology For Bone Tumors[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2022, 1:3-5.
- [2] San-Julián M. Cañadell's pediatric bone sarcomas[M]. Switzerland: Springer International Publishing, 2016, 10:161-171.
- [3] San-Julián M, Vazquez-García B. Biological reconstruction in bone sarcomas: lessons from three decades of experience[J]. *Orthop Surg*, 2016, 8(2):111-121.
- [4] Takeuchi A, Yamamoto N, Hayashi K, et al. Growth of epiphysis after epiphyseal-preservation surgery for childhood osteosarcoma around the knee joint[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19(1): 185.
- [5] Yu XC, Xu M, Xu SF, et al. Long-term outcomes of epiphyseal preservation and reconstruction with inactivated bone for distal femoral osteosarcoma of children[J]. *Orthop Surg*, 2012, 4(1):21-27.
- [6] 于秀淳.正确认识保留关节的保肢术在治疗肢体恶性肿瘤中的价值[J].*中国骨与关节杂志*,2020,9(5):321-323.
- [7] 王臻,郭征,刘继中,等.保留骨骺的保肢手术临床研究[J].*中华骨科杂志*,2006,26(12):813-818.
- [8] San-Julián M, Gómez-Álvarez J, Idoate MÁ, et al. Epiphyseal distraction prior to resection in paediatric bone sarcomas: four decades of experience[J]. *Bone Joint J*, 2023, 105-B(1):11-16.
- [9] Yamamoto N, Araki Y, Tsuchiya H. Joint-preservation surgery for bone sarcoma in adolescents and young adults[J]. *Int J Clin Oncol*, 2023, 28(1):12-27.
- [10] Pesenti S, Peltier E, Pomero V, et al. Knee function after limb salvage surgery for malignant bone tumor: comparison of megaprosthesis and distal femur allograft with epiphysis sparing[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(2):427-436.
- [11] Abe K, Yamamoto N, Hayashi K, et al. Determining patient satisfaction and treatment desires in patients with musculoskeletal sarcoma of the knee after joint-preservation surgery using a questionnaire survey[J]. *Anticancer Res*, 2019, 39(4):1965-1969.
- [12] 中华医学会骨科学分会骨肿瘤学组.四肢骨肉瘤保肢治疗指南[J].*中华骨科杂志*,2019,39(1):1-9.
- [13] Aponte-Tinco L, Ayerza MA, Muscolo DL, et al. Survival, recurrence, and function after epiphyseal preservation and allograft reconstruction in osteosarcoma of the knee[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473(5):1789-1796.
- [14] Takeuchi A, Yamamoto N, Hayashi K, et al. Joint-preservation surgery for pediatric osteosarcoma of the knee joint[J]. *Cancer Metastasis Rev*, 2019, 38(4):709-722.
- [15] Kelley LM, Schlegel M, Hecker-Nolting S, et al. Pathological fracture and prognosis of high-grade osteosarcoma of the extremities: an analysis of 2, 847 consecutive cooperative osteosarcoma study group (COSS) patients[J]. *J Clin Oncol*, 2020, 38(8):823-833.
- [16] Brookes MJ, Chan CD, Baljer B, et al. Surgical advances in osteosarcoma[J]. *Cancers*, 2021, 13(3):388.
- [17] Gong TJ, Lu MX, Min L, et al. Reconstruction of a 3D-printed endoprosthesis after joint-preserving surgery with intraoperative physal distraction for childhood malignancies of the distal femur[J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1):534.
- [18] Li J, Wang Z, Ji CL, et al. What are the oncologic and functional outcomes after joint salvage resections for juxtaarticular osteosarcoma about the knee?[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2017, 475(8):2095-2104.
- [19] Lee JA, Lim J, Jin HY, et al. Osteosarcoma in adolescents and young adults[J]. *Cells*, 2021, 10(10):2684.
- [20] Smida M, Ammar A, Fedhila F, et al. Periosteal preservation: a new technique in resection of bone high-grade malignant tumors in children-about eleven cases[J]. *World J Surg Oncol*, 2022, 20(1): 312.
- [21] 郭卫,余艳春,梁海杰.3D 打印金属假体重建四肢骨肿瘤切除后大段骨关节缺损:大段骨缺损修复重建的新纪元[J].*中华骨与关节外科杂志*,2022,15(12):881-888.
- [22] Park JW, Kang HG, Lim KM, et al. Bone tumor resection guide using three-dimensional printing for limb salvage surgery[J]. *J Surg Oncol*, 2018, 118(6):898-905.
- [23] 陈国景,李明辉,肖鑫,等.骨肉瘤切除患者 3D 打印假体置换保留自体关节重建患肢功能八例报告[J].*中国骨与关节杂志*,2023,12(12): 889-895.
- [24] 曹斌,王臻,郭征,等.儿童邻近膝关节骨肉瘤侵犯骨骺的组织形态学研究[J].*中国骨与关节杂志*,2016,5(2):134-139.
- [25] Bosma SE, Wong KC, Paul L, et al. A cadaveric comparative study on the surgical accuracy of freehand, computer navigation, and patient-specific instruments in joint-preserving bone tumor resections[J]. *Sarcoma*, 2018, 2018:4065846.
- [26] Khan FA, Lipman JD, Pearle AD, et al. Surgical technique: Computer-generated custom jigs improve accuracy of wide resection of bone tumors[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(6):2007-2016.
- [27] Li J, Wang Z, Guo Z, et al. Irregular osteotomy in limb salvage for juxta-articular osteosarcoma under computer-assisted navigation[J]. *J Surg Oncol*, 2012, 106(4):411-416.
- [28] Chen GJ, Li MH, Xiao X, et al. A classification system of joint-salvage tumor resection in osteosarcoma of the knee: a retrospective cohort study[J]. *Knee*, 2023, 41:221-231.
- [29] 胡永成,于秀淳.四肢骨与软组织肿瘤外科学[M].北京:清华大学出版社,2020.
- [30] Chen Y, Yu XC. Efficacy of a modified scoring system to facilitate surgical decision-making for diaphyseal malignancies: when is devitalized Tumor-bearing autograft of value?[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(4):586-594.
- [31] 于杨,郑凯,徐明,等.儿童骨肉瘤保肢手术方式选择的文献分析[J].*中国骨与关节杂志*,2023,12(5):361-368.
- [32] Schuh R, Panotopoulos J, Puchner SE, et al. Vascularised or non-vascularised autologous fibular grafting for the reconstruction of a

- diaphyseal bone defect after resection of a musculoskeletal tumour[J]. *Bone Joint J*, 2014, 96-B(9):1258-1263.
- [33] Ji T, Yang Y, Li DS, et al. Limb salvage using Non-hinged endoprosthesis and staged correction of leg-length discrepancy for children with distal femoral malignant tumors[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(5):819-825.
- [34] Puri A, Gulia A, Jambhekar N, et al. The outcome of the treatment of diaphyseal primary bone sarcoma by resection, irradiation and re-implantation of the host bone: extracorporeal irradiation as an option for reconstruction in diaphyseal bone sarcomas[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2012, 94(7):982-988.
- [35] 于秀淳,徐明,许宋锋,等.保留自身关节保肢治疗膝关节周围骨肉瘤的术式选择与临床疗效[J].*中国矫形外科杂志*,2014, 22(17):1547-1552.
- [36] Campanacci DA, Totti F, Puccini S, et al. Intercalary reconstruction of the femur after tumour resection[J]. *Bone Joint J.*, 2018, 100-B(3): 378-386.
- [37] Ji T, Li Y, Xing ZL, et al. Assessment of the viability and union feature of diaphysis reconstruction using pasteurized tumor bone and intramedullary free fibular after tumor resection[J]. *J Pediatr Orthop*, 2021, 41(9):e833-e840.
- [38] Andreou D, Bielack SS, Carrle D, et al. The influence of tumor- and treatment-related factors on the development of local recurrence in osteosarcoma after adequate surgery. An analysis of 1355 patients treated on neoadjuvant Cooperative Osteosarcoma Study Group protocols[J]. *Ann Oncol*, 2011, 22(5):1228-1235.
- [39] Betz M, Dumont CE, Fuchs B, et al. Physeal distraction for joint preservation in malignant metaphyseal bone tumors in children[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470(6):1749-1754.
- [40] Watanabe K, Tsuchiya H, Yamamoto N, et al. Over 10-year follow-up of functional outcome in patients with bone tumors reconstructed using distraction osteogenesis[J]. *J Orthop Sci*, 2013, 18(1): 101-109.
- [41] Wong KC, Kumta SM. Joint-preserving tumor resection and reconstruction using image-guided computer navigation[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(3):762-773.
- [42] Kiss S, Terebessy T, Szöke G, et al. Epiphysis preserving resection of malignant proximal tibial tumours[J]. *Int Orthop*, 2013, 37(1):99-104.
- [43] Zhang P, Feng FF, Cai QQ, et al. Effects of metaphyseal bone tumor removal with preservation of the epiphysis and knee arthroplasty[J]. *Exp Ther Med*, 2014, 8(2):567-572.
- [44] Lenze U, Kasal S, Hefti F, et al. Non-vascularised fibula grafts for reconstruction of segmental and hemicortical bone defects following meta-/diaphyseal tumour resection at the extremities[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2017, 18(1):289.
- [45] Ikuta K, Nishida Y, Sugiura H, et al. Predictors of complications in heat-treated autograft reconstruction after intercalary resection for malignant musculoskeletal tumors of the extremity[J]. *J Surg Oncol*, 2018, 117(7):1469-1478.
- [46] Liu T, Ling L, Zhang Q, et al. Evaluation of the efficacy of pasteurized autograft and intramedullary vascularized fibular transfer for osteosarcoma of the femoral diaphysis[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(5): 826-834.
- [47] Wong KC, Sze LKY, Kumta SM. Complex joint-preserving bone tumor resection and reconstruction using computer navigation and 3D-printed patient-specific guides: a technical note of three cases[J]. *J Orthop Translat*, 2021, 29:152-162.
- [48] 姬涛,邢志利,汤小东,等.游离带血管腓骨移植联合 POP 固定治疗股骨干肿瘤切除后大段异体骨重建术后骨端不愈合[J].*中国骨与关节杂志*,2020,9(5):324-328.
- [49] Yu XC, Xu SF, Xu M, et al. Alcohol-inactivated autograft replantation with joint preservation in the management of osteosarcoma of the distal femur: a preliminary study[J]. *Oncol Res Treat*, 2014, 37(10):554-560.
- [50] Kong CB, Lee SY, Jeon DG. Staged lengthening arthroplasty for pediatric osteosarcoma around the knee[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2010, 468(6):1660-1668.

(编辑:范娟 校对:郑莉)