

聚维酮碘在人工关节置换术中治疗骨关节炎的临床研究进展

袁民麒, 吴 锦, 黄大元, 伍旭辉*

吉首大学医学院, 湖南 吉首

收稿日期: 2025年5月11日; 录用日期: 2025年6月5日; 发布日期: 2025年6月11日

摘 要

人工关节置换术后假体周围感染(prosthetic joint infection, PJI)是手术失败的主要并发症。术中抗生素冲洗预防感染效果有限, 且可能引发耐药菌问题。聚维酮碘(Povidone-Iodine, PVP-I)具有广谱抗菌特性, 能有效对抗生物膜, 且无耐药性, 已成为关节置换术中的重要环节。但其在临床应用中的浓度、作用时间和冲洗频次等参数尚无共识。本文梳理了PVP-I在骨关节炎人工关节置换术中的现状, 并探讨了不同使用方案的效果和风险。当前, 国际指南缺乏对骨科手术消毒剂使用规范, 导致临床决策依赖个体经验。在精准医疗时代, 制定规范操作流程显得尤为迫切。本文通过解析PVP-I的抗菌机制和临床应用争议, 旨在为科学化、标准化的关节置换感染防控体系提供理论支持。

关键词

聚维酮碘, 人工关节置换术, 假体周围感染, 骨关节炎, 抗菌冲洗

Clinical Research Progress of Povidone-Iodine in the Therapy for Osteoarthritis during Artificial Joint Replacement

Minqi Yuan, Ti Wu, Dayuan Huang, Xuhui Wu*

School of Medicine, Jishou University, Jishou Hunan

Received: May 11th, 2025; accepted: Jun. 5th, 2025; published: Jun. 11th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 袁民麒, 吴锦, 黄大元, 伍旭辉. 聚维酮碘在人工关节置换术中治疗骨关节炎的临床研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(6): 677-684. DOI: 10.12677/acm.2025.1561776

Abstract

Prosthetic joint infection (PJI) after artificial joint replacement is the main complication of operation failure. Intraoperative antibiotic irrigation has limited effect on preventing infection and may cause the problem of drug-resistant bacteria. Povidone-Iodine (PVP-I) has broad-spectrum antibacterial properties, can effectively fight against biofilm, and has no drug resistance, which has become an important link in joint replacement. However, there is no consensus on its concentration, action time and washing frequency in clinical application. This paper reviews the current situation of PVP-I in artificial joint replacement for osteoarthritis, and discusses the effects and risks of different use schemes. At present, there is a lack of international guidelines for the use of disinfectants in orthopedic surgery, which leads to the dependence of clinical decision-making on individual experience. In the era of precision medicine, it is particularly urgent to formulate standardized operating procedures. This paper aims to provide theoretical support for scientific and standardized prevention and control system of joint replacement infection by analyzing the antibacterial mechanism and clinical application controversy of PVP-I.

Keywords

Povidone-Iodine, Artificial Joint Replacement, Prosthetic Joint Infection, Osteoarthritis, Antibacterial Flushing

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

骨关节炎(osteoarthritis, OA)是一种常见的退行性关节疾病。据统计, 中国约有 1.33 亿患者, 占全球 OA 患者的 18.32%。随着肥胖和老龄化社会的到来, OA 的发病率预计将进一步上升。该疾病直接成本占我国国民生产总值的 2.5%, 且患病率逐年增加, 预计到 2030 年将成为运动障碍的主要原因。OA 以关节软骨退化和骨赘形成为特征, 常影响膝、髋、脊柱等关节, 导致疼痛、活动受限和功能障碍, 已成为第二大劳动力丧失原因。随着老龄化加剧, 探索安全有效的治疗策略成为临床研究重点[1]。OA 已经成为我国中老年人群最常见的一种慢性疾病。OA 患者的典型症状为关节疼痛、关节肿胀、僵硬等, 可造成膝关节僵硬、行动不便、不能下蹲, 甚至无法正常行走和上下楼梯, 严重影响日常生活[2][3]。当前, 针对 OA 的治疗方法大致可分为手术疗法以及非手术疗法, 非手术疗法包括非药物干预措施(运动、减重及矫形)以及药物疗法(包括镇痛剂、非甾体类抗炎药以及关节内注射皮质类固醇或透明质酸等), 但效果并不能令人满意[4][5]。因此对于已经处于终末期的患者, 全关节置换术是治疗终末期关节炎的一种安全、有效的治疗措施, 能有效减轻患者疼痛, 改善下肢功能和改善患者的生活质量[6]-[8]。PJI 是关节置换术后严重的并发症之一, 其发生率约为 1%至 2% [9]。尽管关节置换术在改善患者生活质量方面取得了显著成效, 但 PJI 的发生不仅会导致患者术后需长期接受抗感染治疗, 还可能需要进行关节翻修手术。然而, 多次关节翻修手术的患者在假体关节重建和保肢方面的成功率极低, 部分患者甚至不得面临截肢的风险, 这无疑严重影响了置换手术的成功率以及患者的术后恢复进程[10]。PJI 的处理通常需要结合手术和抗生素治疗。手术策略包括彻底的清创术和针对性抗生素治疗, 而在某些情况下, 可能需要更换假体[9]。PVP-I 因其广谱抗菌特性和有效的局部抗生物膜作用, 逐渐在关节外科领域中得到应用。研究表明, 术中使用稀

释的 PVP-I 灌洗关节腔可以显著降低 PJI 的风险。在一项涉及 31,331 例关节置换术的研究中,使用稀释的 PVP-I 灌洗术后使 PJI 发生率降低 2.34 倍,显示出其在减少 PJI 发生率方面的有效性[11]。此外,术后应用 PVP-I 冲洗可以进一步优化感染防控体系。研究表明,结合使用万古霉素粉末和稀释的 PVP-I 灌洗的方案(VIP 方案)在高风险关节置换术患者中有效降低了 PJI 的发生率,该方案不仅在降低感染率方面表现出色,而且没有增加耐药菌株的风险,显示出其在临床应用中的安全性和有效性[12]。另一项研究也支持术中和术后使用 PVP-I 灌洗的有效性。研究发现,术中使用稀释的 PVP-I 灌洗可以减少术后 PJI 的发生率,并且在初次和翻修手术中预防 PJI 效用都有显著效果[13]。这些研究结果表明,PVP-I 在关节外科中的应用可以有效降低感染风险,并可以作为一种安全的术后感染防控措施。

2. 假体周围感染目前的临床现状

假体周围关节感染是关节置换术手术的一种破坏性并发症,需要传染病专家、经验丰富的骨科医师和医学微生物学家之间的跨学科合作。因此区域多学科网络(如非侵入性关节抗感染策略(Non-Invasive Joint Anti-infection Strategy, NINJA))通过标准化协议和数据库驱动持续改进,是提升 PJI 防控效能的关键模式[14]。目前全髋关节置换术和全膝关节置换术后 PJI 的患病率分别约为 1%和 2% [9] [15]。随着髋关节置换术患者数量的不断增加,假体感染的发生率也逐渐升高,感染可以导致骨缺损和组织坏死,导致骨量丢失增加,使假体松动。这种并发症可能发生在术后即刻甚至手术后几十年[9] [16] [17]。然而,受限于诸多因素,即便对于经验丰富的骨科医生而言,治疗 PJI 依然充满挑战。这主要是因为感染的病原菌常常表现为多菌株感染,且这些菌株普遍展现出广泛、多重以及高度耐药的趋势。抗生素抑制治疗作为成功治疗 PJI 的关键基础,抗菌药物的滥用不仅无法达到理想的治疗效果,反而容易促使菌株产生耐药性,进一步加大治疗难度[18][19]。因此在手术过程中利用多种技术来降低术后 PJI 的风险,包括术前抗生素给药、术中伤口冲洗和手术部位准备方案及减少手术室人员流动等。各种不同的解决方案,如抗生素、防腐剂和肥皂,已被用于伤口冲洗,以尽量减少感染[20]。目前,鉴于关节腔的独特结构,许多研究人员已经开始探索局部抗生素应用的方法。这种创新方法大幅降低了因全身使用抗生素而产生的副作用,通过局部给药,减少了对全身抗生素的需求,从而规避了毒性反应的风险。同时,局部抗生素的应用显著提升了关节部位的药物浓度,使得抗生素在感染部位的释放量达到全身给药的 200 倍之多。抗生素骨水泥间隔物的运用,更是将治疗成功率推至 90%以上,极大地提高了抗生素治疗的成效[21]。然而,传统的抗生素治疗仍然存在重大局限性:首先长期和不受控制地使用抗生素会对身体造成严重伤害,例如肝肾衰竭和溶血性贫血;其次对细菌的持续压力可能会促进耐药菌株的形成,从而使治疗复杂化,再者细菌可能通过生物膜形成和细胞内感染等机制逃避抗生素的杀伤作用[22][23]。综合以上,这些复杂的耐药机制使细菌感染的治疗更具挑战性,对于 PJI 的预防显的更为重要,同时也督促我们寻找更好的替代治疗,从而降低关节置换手术 PJI 的发生率。

3. 人工关节置换术在骨关节炎中应用

人工关节置换术是目前针对老年性 OA 治疗的有效治疗手段之一,成为目前骨科领域的近年来的巨大进展及研究热点。OA 是以长期软骨磨损、骨质增生为主要特征的一种常见于老年病人中的退行性病变。人工关节置换术通过将磨损严重、退化明显的关节予以人工假体替代,从而改善患者的外观形状、功能恢复、减轻疼痛等作用。首先,借助负重位 X 线、CT 或 MRI 等辅助检查,详细评估关节退变的程度、骨缺损的范围,以及是否存在解剖变异等情况,以此为依据来规划合适的假体型号。OA 患者通常在身体的承重关节上表现出症状,其中髋关节和膝关节的 OA 发生率较高。对于准备进行人工关节置换术的髋关节 OA 患者,需要精确测量髋臼的前倾角,通常将其控制在 $15^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 的范围内。这样做可以降低

磨损加剧和脱位风险。对于计划进行人工关节置换术的膝关节 OA 患者,则需要关注胫骨平台的后倾角,一般保留在 $3^{\circ}\sim 7^{\circ}$,以保持假体的稳定性,确保下肢力线与软组织平衡。选择常规的手术入路非常重要,髌关节人工置换术通常采用后入路切口,以减少对肌肉的损伤,避免因肌肉力量不足而导致术后脱位。膝关节置换术则常规通过内侧髌旁入路,切开发四头肌腱的内侧 $1/3$,翻转髌骨以显露关节腔,注意保留髌下脂肪垫,防止术中粘连。术中需多次进行假体试模,以达到软组织平衡,然后逐层缝合深筋膜,放置负压引流管,并加压包扎,以减少血肿的形成。人工关节置换术能够为患者提供一个符合生物力学原理的合理人工关节,从而达到恢复关节功能并缓解疼痛的目的。其优势显著,包括术后关节功能恢复迅速、减少因长期卧床引发的并发症,以及降低死亡率。特别是假体关节置换手术,在纠正结构问题上表现突出,为患者恢复无痛活动带来了极大希望,这一技术在骨关节外科学领域引发了革命性的变革。随着对关节软骨生物力学及生物学研究的深入,以及对 OA 病因学和关节软骨有限性恢复过程的不断探索,为晚期全关节假体置换向以生物学为基础的治疗转变提供了新的发展方向,展现出令人期待的前景[24]。金群华团队的研究表明,全膝关节置换术(Total Knee Arthroplasty, TKA)术后假体生存率达 82.3%,且患者 HSS 评分平均提升 38.7 分,验证了其长期有效性[25]。在技术革新方面,鲜爱明等通过 3D 打印技术设计个性化截骨导板,使假体匹配误差小于 1mm,突破了肩关节置换的适配难题[26];而 5UKA 的发展趋势随着数字骨科的发展,计算机及机器人导航技术辅助微创小切口膝关节单髁置换术的联合治疗,解决了微创手术视野局限的问题,提高了植入假体位置精确性,取得了令人满意的临床疗效,为早期局限性病变提供了微创解决方案[27][28]。随着生物材料进步,在聚乙烯假体表面上,陶瓷假体表面的磨损率比传统金属假体表面的磨损率低 4000 倍,为延长假体寿命提供新方向[29]。因此对于未来人工关节置换术应将目光聚焦在人工智能辅助及生物活性假体等方面,以进一步提高手术精准度和远期疗效。

4. PVP-I 在围手术期的应用

PVP-I 作为经典消毒剂,其抗菌作用主要通过释放游离碘渗透微生物并氧化关键蛋白质、核苷酸和脂肪酸,导致细胞死亡[30][31],研究表明,0.5%浓度 PVP-I 溶液对金黄色葡萄球菌生物膜清除率可达 78.6%,且作用 30 分钟后仍维持有效杀菌浓度[30]。此外,PVP-I 已被证明在体外和离体对成熟细菌和真菌生物膜具有活性[32]。研究还表明,PVP-I 对成熟的细菌和真菌生物膜具有破坏活性。鉴于 PVP-I 强力有效的杀菌、预防感染作用,PVP-I 广泛的应用于围手术期间。术前的 PVP-I 常规用于皮肤和黏膜的消毒:Andreas 等研究发现,术前应用 PVP-I 可预防手术部位的感染,在预防心脏或腹部手术后的手术部位感染(SSI)方面不劣于酒精中的葡萄糖酸氯己定[33]。术中 PVP-I 多用于切口冲洗和潜在伤口止血效果:切口部位的感染在外科感染中最常见,尤其外科 III 类切口感染率很高,而切口冲洗是预防切口感染的重要措施之一[34][35]。Muwanis 的团队针对 3232 例初次全髋/膝关节置换术(THA/TKA)患者开展队列研究,其中研究组($n = 1207$)采用 0.35% PVP-I 创面冲洗 3 分钟,对照组($n = 1511$)采用生理盐水冲洗。数据显示:PVP-I 组在术后总感染率(p 值 < 0.05)及手术部位感染率(p 值 0.01)均显著降低,且该优势在调整 ASA 分级、年龄、糖尿病等混杂因素后仍具有统计学意义。研究证实 PVP-I 作为经济、安全的局部抗菌剂,可有效降低 THA/TKA 术后 PJI 风险,其无组织刺激性及低细胞毒性的特点进一步支持其临床应用[36]。李平等对 100 例进行耻骨上前列腺切除手术的患者进行研究,发现术中应用 PVP-I 纱带填塞前列腺窝止血 5 min,可以缩短手术时间,提高手术安全性,同时降低手术难度和风险,对前列腺术后大出血有较好的效果[37]。术后 PVP-I 多用于湿敷伤口、促进伤口愈合:何柳等人通过收集相关数据表明了 PVP-I 在伤口愈合尤其是湿性伤口中的广泛应用,提示采用 PVP-I 联合湿性敷料管理的伤口愈合较快且无疼痛感;并透过创面渗透到深部组织,能快速杀灭伤口的细菌及其他各种病原微生物,减少局部渗出,消除伤口疼痛肿胀,促进伤口愈合[38]。韦国祥对 93 例阑尾炎的患者进行研究,对观察组用 0.9%生理盐水冲洗腹腔,冲洗至

冲洗液澄明后,改用 1% PVP-I 稀释溶液冲洗腹腔,5 min 后用吸引器吸干,缝合腹腔切口时,采用分层缝合方式,缝合一层后使用生理盐水冲洗切口,再用 1% PVP-I 进行冲洗 3 min 后用干纱布擦拭干净;对照组患者全程使用生理盐水进行冲洗,操作方法及要点均同观察组患者。冲洗完毕后,两组患者均常规使用抗菌药物进行预防治疗[39]。结果发现观察组患者切口愈合整齐,甲级愈合率为 68.08%,对照组患者甲级愈合率为 50.00%,Mann-Whitney U 检验结果显示,两组差异有统计学意义($U = 2.0859, p < 0.05$);观察组的患者伤口甲级愈合率更高,而且观察组患者术后感染率为 2.13%,对照组为 13.04%,两组比较差异有统计学意义($p < 0.05$),提示观察组的感染率更低。无不良反应的发生,安全性高、以及便于进行操作等等益处。从而达到能有效降低腹腔等深部伤口感染、促进伤口愈合的效果。为 PVP-I 在腹部手术感染防控中的应用提供了循证依据。PVP-I 对于临床工作中的使用因其出色的杀菌、安全易操作的特性越来越常见,有效地拓展了外科围手术期的感染预防手段空间,对 PVP-I 与其他药物联合运用、使用浓度、具体频次以及应用方式等仍等待进一步研究明确。从而实现对于 PVP-I 正确规范使用,提高临床运用疗效。

5. 关节置换术中应用 PVI 治疗 OA 的临床方案

骨性关节炎发病率呈逐年上升趋势,只要 OA 形成,几乎没有办法可逆。OA 患者经长期系统保守治疗(包括药物干预、运动疗法、体重管理、健康教育等核心治疗,以及认知行为疗法、支具矫形器等辅助手段)可能仍无法改善症状,因此 OA 晚期、症状严重者需行关节置换术,一般采用金属、塑料或陶瓷材料覆盖关节面。假体固定方式分为骨水泥型(聚甲基丙烯酸甲酯粘合)与非骨水泥型(依靠骨组织长入实现机械嵌合),人工关节置换术成功的关键在于假体精准植入,由于该术式需切除原有关节结构且不可逆,临床严格限定其仅适用于保守治疗失败或存在禁忌的终末期 OA 患者[40][41]。正因如此,人工关节置换术是针对目前终末期 OA 最有效的治疗手段之一。PVI 具有杀菌效果显著、无耐药株形成、安全、易于实施等特点,因此 PVI 广泛的应用于外科手术术前对皮肤及黏膜的消毒、术中伤口冲洗及辅助伤口止血、术后常用于湿敷伤口、促进伤口愈合。PVP-I 在人工关节置换应用在治疗 OA 患者的治疗方案上,不仅可以有效的减少术后假体感染的发生,也在一定的程度上促进伤口止血、伤口愈合。促使患者早期进行功能锻炼,从而提高假体置入的稳定性。Della Valle 团队在 2012 年进行了一项具有影响力的回顾性研究,比较了 1862 例使用常规生理盐水冲洗的病例(其中包括 630 例髌关节和 1232 例膝关节手术)与 688 例采用 0.35% PVP-I 冲洗的病例(其中有 274 例髌关节和 414 例膝关节手术)。研究结果显示,在常规生理盐水冲洗组中,有 18 例发生了 PJI,而在 PVP-I 组中,仅有 1 例出现了此类感染($p = 0.018$),这一差异具有统计学显著性[42]。在无菌性翻修关节置换领域,于 2020 年 Della Valle 团队再次开展了一项针对无菌性翻修关节置换的随机对照试验,参与试验的患者共有 457 例。研究结果表明,使用 PVP-I 的患者组(223 例)在术后感染率上明显低于对照组(使用生理盐水),感染率分别为 0.4%和 3.4% ($p = 0.038$)。该试验所采用的 0.35%稀释 PVP-I 切口消毒方案在预防感染方面表现出了显著的成效,进一步验证了其在感染防控中的重要作用。这一发现与 Shohat N 团队在 22,672 例原发性关节置换中的回顾性研究结论相印证,证实稀释 PVP-I 冲洗可使 PJI 发生率降低 2.34 倍(NNT = 137) [43]。在安全性评估方面,黄涛团队的临床观察($n = 204$)证实:术中使用 0.5% PVP-I 浸泡联合生理盐水冲洗的处置方案,对患者术后 24 h、48 h 及 7 d 的尿素、肌酐水平均无显著影响,提示该浓度下的短期应用具有肾安全性[44]。值得注意的是, Groenen H 团队在 2024 年进行的一项系统评价中,纳入了 92 项随机对照试验(涉及 16,212 例患者),研究发现,使用消毒剂进行冲洗可将 SSI 的发生率降低至原来的 0.62 倍(95%置信区间为 0.44 至 0.85)。而抗生素冲洗由于证据质量较低(OR 值为 0.94, 95% CI 为 0.63 至 1.41),且存在引发耐药性的风险,因此不再建议作为常规使用的手段。这一发现对于指导临床实践、优化手术感染预防措施具有重要意义[45]。而 PVP-I 溶

液进行切口冲洗时, PVP-I 具有在消毒浓度下对人体无毒副作用, 无刺激性, 不产生耐药菌株, 不易被污染, 无致突变、致畸作用, 不易产生过敏反应等特点, 即使对于碘过敏体质的患者, 也很少有过敏症状发生[46]。而进行浸泡冲洗的直接作用就是可减少伤口污染细菌的数量, 起到直接杀菌作用; 其次, 冲洗还可以清除手术创面的血凝块及失去血供的组织碎屑, 而这些恰好是细菌容易滋生繁衍、促进感染发生的良好培养基[47]。世界卫生组织曾建议在行人工关节置换术时可采用 0.35% PVP-I 进行术中冲洗, 可以达到减少 PJI 的风险[48]。目前也有部分学者提出, 在不影响抗菌效果且无甲状腺、肝肾毒性的情况下, 推荐使用 0.5% PVP-I 进行术中冲洗。通过释放游离碘破坏细菌膜结构, 0.5%浓度的 PVP-I 能够在 1 分钟内杀灭超过 99.9%的 MRSA 和铜绿假单胞菌, 这与此前报道的“浓度 - 杀菌效果倒置现象”一致。此外, 0.5%浓度的 PVP-I 通过下调 IL-6 减轻炎症损伤, 同时上调 BMP-2/VEGF 促进血管生成和成骨分化, 还可以加速伤口愈合。值得注意的是, 0.5% PVP-I 在杀菌的同时, 并未显著影响成纤维细胞的活性, 这表明其在发挥强大抗菌作用的同时, 不存在明显的毒副作用[49]。关于 PVP-I 的作用时间, 争议主要源于体外有效杀菌与手术实际条件之间的差异。体外实验显示, PVP-I 在 2 分钟内能杀灭 99%的金黄色葡萄球菌, 但对于生物膜内的细菌, 则需要至少 5 分钟才能达到同样的效果[50]。至于具体冲洗时间, 表现出一定的随机性, 在实际的人工关节置换术中, PVP-I 的平均接触时间仅为 1~2 分钟, 通常依赖于外科医生的经验性冲洗时间。即便如此, SSI 的发生率依然显著降低。这或许可以归因于术后残留碘的持续抑菌作用。因此对于 PVP-I 有效的冲洗时间因随伤口污染程度以及 PVP-I 具体的浓度而定。未来的研究应更加注重根据伤口类型和患者具体情况来优化 PVP-I 的使用方案, 以实现最佳的抗菌效果和最小的组织损伤。整体而言, PVP-I 冲洗在关节置换术治疗 OA 患者是一种可行有效的方式, 打破了以往长期以全身、局部抗生素使用而易导致耐药的困境, 提供了一种安全、简易可行等新型方式, 对于未来的切口管理提供了一种新思路。

6. 总结与展望

综上所述, PVP-I 在人工关节置换术治疗骨性关节炎通过降低手术部位感染的风险, 从而间接改善患者的功能预后, 在围手术期的各个阶段都展现出了其卓越的应用价值。关于 PVP-I 浓度的选择存在着显著的差异, 这可能与杀菌有效浓度与毒性阈值之间的微妙关系有关, 近年来有研究表明, 0.5% PVP-I 术中冲洗在降低关节置换术后感染方面展现出潜在优势, 其生物膜抑制特性与低组织毒性特点可能为临床提供新型抗菌方案, 从而降低患者的 PJI 发生。事实证明, PVP-I 在人工关节置换术治疗骨性关节炎的过程中具有独特价值, 值得进一步探索与应用。相信随着对其应用的不断探索和创新, 这一综合治疗方案将为更多的骨性关节炎患者带来福音, 有望为人工关节置换术带来更显著的临床效益, 为医疗事业的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 蔡晓宇, 汪宇玲. 基于多尺度焦点自注意力的膝关节关节炎分级方法[J]. 现代电子技术, 2025, 48(9): 15-23.
- [2] 蒋建新, 柴益民, 王兵, 等. 关于膝骨关节炎(OA)疼痛病人之 CRP、ESR 的回顾调查[J]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(20): 161-163.
- [3] 银旭彬, 王婧惠, 邹卫国. RNA 结合蛋白在骨骼退行性病变中的作用[J]. 生命的化学, 2024, 44(9): 1758-1766.
- [4] 李景志, 王业杨, 郑晓宇, 等. 预处理方法提高外泌体治疗骨关节炎疗效的研究进展[J]. 广东医科大学学报, 2024, 42(6): 636-643.
- [5] 钱燕, 刘启颂. 调整细胞培养条件提高间充质干细胞外泌体治疗骨关节炎的潜能[J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(1): 164-174.
- [6] 陈严城, 牛大伟, 忻慰, 等. 全关节置换日间手术的安全性研究[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2024, 17(11): 1024-1028.

- [7] 张巍, 俞磊, 杨鹏, 等. 水甘草碱抑制破骨细胞活化缓解磨损颗粒诱导的炎性骨溶解[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(10): 1519-1525.
- [8] 孙旭东, 邵安泽, 顾飞, 等. 3D打印个性化截骨模块导板辅助膝关节单髁置换术治疗骨关节炎的临床效果[J]. 医学研究与战创伤救治, 2025, 38(2): 180-185.
- [9] Otto-Lambertz, C., Yagdiran, A., Wallscheid, F., Eysel, P. and Jung, N. (2017) Periprosthetic Infection in Joint Replacement. *Deutsches Ärzteblatt international*, **114**, 347-353. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0347>
- [10] Zardi, E.M. and Franceschi, F. (2020) Prosthetic Joint Infection. a Relevant Public Health Issue. *Journal of Infection and Public Health*, **13**, 1888-1891. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.09.006>
- [11] Shohat, N., Goh, G.S., Harrer, S.L. and Brown, S. (2022) Dilute Povidone-Iodine Irrigation Reduces the Rate of Periprosthetic Joint Infection Following Hip and Knee Arthroplasty: An Analysis of 31,331 Cases. *The Journal of Arthroplasty*, **37**, 226-231.e1. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.10.026>
- [12] Iorio, R., Yu, S., Anoushiravani, A.A., Riesgo, A.M., Park, B., Vigdorchik, J., et al. (2020) Vancomycin Powder and Dilute Povidone-Iodine Lavage for Infection Prophylaxis in High-Risk Total Joint Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **35**, 1933-1936. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.02.060>
- [13] Kobayashi, N., Kamono, E., Maeda, K., Misumi, T., Yukizawa, Y. and Inaba, Y. (2021) Effectiveness of Diluted Povidone-Iodine Lavage for Preventing Periprosthetic Joint Infection: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, Article No. 569. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02703-z>
- [14] Zijlstra, W.P., Ploegmakers, J.J.W., Kampinga, G.A., Toren-Wielema, M.L., Ettema, H.B., Knobben, B.A.S., et al. (2022) A Protocol for Periprosthetic Joint Infections from the Northern Infection Network for Joint Arthroplasty (NINJA) in the Netherlands. *Arthroplasty*, **4**, Article No. 19. <https://doi.org/10.1186/s42836-022-00116-9>
- [15] Kapadia, B.H., Berg, R.A., Daley, J.A., Fritz, J., Bhav, A. and Mont, M.A. (2016) Periprosthetic Joint Infection. *The Lancet*, **387**, 386-394. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)61798-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)61798-0)
- [16] 谢永双, 韦智晓, 李秀琼, 等. 放射性核素骨显像诊断人工关节置换后假体感染[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(22): 49-50.
- [17] 朱崇尊, 余进龙, 郭阁永, 等. 红色荧光金葡萄菌假体感染临床株的构建[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2020, 14(2): 159-166.
- [18] van Vugt, T.A.G., Arts, J.J. and Geurts, J.A.P. (2019) Antibiotic-loaded Polymethylmethacrylate Beads and Spacers in Treatment of Orthopedic Infections and the Role of Biofilm Formation. *Frontiers in Microbiology*, **10**, Article 1626. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01626>
- [19] 王娜, 李少侠, 曹娜娜, 等. 人工关节置换术后假体周围感染的病原菌分布及耐药性分析[J]. 河南医学研究, 2020, 29(24): 4436-4439.
- [20] Ayoade, F., Li, D., Mabrouk, A., et al. (2025) Periprosthetic Joint Infection. *StatPearls*.
- [21] Porrino, J., Wang, A., Moats, A., Mulcahy, H. and Kani, K. (2020) Prosthetic Joint Infections: Diagnosis, Management, and Complications of the Two-Stage Replacement Arthroplasty. *Skeletal Radiology*, **49**, 847-859. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03389-w>
- [22] Abdelaziz, A.I., Tawfik, A.G., Rabie, K.A., Omran, M., Hussein, M., Abou-Ali, A., et al. (2019) Quality of Community Pharmacy Practice in Antibiotic Self-Medication Encounters: A Simulated Patient Study in Upper Egypt. *Antibiotics*, **8**, Article 35. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8020035>
- [23] Jwair, N.A., Al-Ouqaili, M.T.S. and Al-Marzooq, F. (2023) Inverse Association between the Existence of CRISPR/Cas Systems with Antibiotic Resistance, Extended Spectrum β -Lactamase and Carbapenemase Production in Multidrug, Extensive Drug and Pandrug-Resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Antibiotics*, **12**, Article 980. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12060980>
- [24] 陈庆荣, 张驰, 蔡龙云, 等. 人工关节置换治疗老年股骨粗隆间骨折研究进展[J]. 中医临床研究, 2022, 14(3): 69-72.
- [25] 金群华. 老年骨科疾病基础研究及临床应用[Z]. 银川: 宁夏医科大学总医院, 2022-03-24.
- [26] 鲜爱明, 卢冰, 王跃, 等. 3D打印技术在肩关节骨性关节炎全肩关节置换术中的应用研究[J]. 中华肩肘外科电子杂志, 2018, 6(2): 105-114.
- [27] 许梓健, 顾洪生, 蒯声政, 等. 骨科手术机器人的临床应用与进展[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2022, 3(5): 376-387.
- [28] 刘爱峰, 马信龙, 崔中赏, 等. 膝骨性关节炎单髁与全膝置换的荟萃分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(21): 1955-1960.
- [29] 陈宪凯, 孙新君, 张福田, 等. 大直径陶瓷假体用于全髋关节置换术的稳定性和安全性[J]. 现代生物医学进展,

- 2015, 15(15): 2875-2877.
- [30] 罗延智, 曾华, 张志宏, 等. 聚维酮碘消毒剂对金黄色葡萄球菌生物膜的体外影响研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(21): 5010-5013.
- [31] Monstrey, S.J., Govaers, K., Lejuste, P., Lepelletier, D. and Ribeiro de Oliveira, P. (2023) Evaluation of the Role of Povidone-Iodine in the Prevention of Surgical Site Infections. *Surgery Open Science*, **13**, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.sopen.2023.03.005>
- [32] Hoekstra, M.J., Westgate, S.J. and Mueller, S. (2016) Povidone-Iodine Ointment Demonstrates in Vitro Efficacy against Biofilm Formation. *International Wound Journal*, **14**, 172-179. <https://doi.org/10.1111/iwj.12578>
- [33] Widmer, A.F., Atkinson, A., Kuster, S.P., Wolfensberger, A., Klimke, S., Sommerstein, R., *et al.* (2024) Povidone Iodine vs Chlorhexidine Gluconate in Alcohol for Preoperative Skin Antisepsis: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **332**, 541-549. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.8531>
- [34] 石鹏, 朱研峰, 夏连杰, 等. S-100 吸收性止血线在腹腔镜前列腺癌根治术中的应用效果[J]. 中外医学研究, 2022, 20(2): 36-39.
- [35] Torres, K.A., Konrade, E., White, J., Tavares Junior, M.C.M., Bunch, J.T., Burton, D., *et al.* (2022) Irrigation Techniques Used in Spine Surgery for Surgical Site Infection Prophylaxis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **23**, Article No. 813. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05763-2>
- [36] Muwanis, M., Barimani, B., Luo, L., Wang, C.K., Dimentberg, R. and Albers, A. (2022) Povidone-Iodine Irrigation Reduces Infection after Total Hip and Knee Arthroplasty. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **143**, 2175-2180. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04451-z>
- [37] 李平, 曹成. 耻骨上前列腺切除术中应用聚维酮碘纱带填塞前列腺窝止血 100 例效果观察[J]. 解放军医药杂志, 2012, 24(6): 21-23.
- [38] 何柳, 陈佳. 新生儿大疱性表皮松解症皮肤护理研究进展[J]. 临床皮肤科杂志, 2024, 53(0): 254-256.
- [39] 韦国祥, 岑荣飞, 刘义宽. 聚维酮碘稀释液预防坏疽性阑尾炎术后感染的效果及安全性研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2015, 25(10): 2320-2322.
- [40] 王海英, 丁晓, 杨立, 等. 不同分期骨关节炎关节液中相关降解酶的表达差异[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(23): 3609-3615.
- [41] Madry, H. (2022) Surgical Therapy in Osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, **30**, 1019-1034. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2022.01.012>
- [42] Brown, N.M., Cipriano, C.A., Moric, M., Sporer, S.M. and Della Valle, C.J. (2012) Dilute Betadine Lavage before Closure for the Prevention of Acute Postoperative Deep Periprosthetic Joint Infection. *The Journal of Arthroplasty*, **27**, 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.03.034>
- [43] Calkins, T.E., Culvern, C., Nam, D., Gerlinger, T.L., Levine, B.R., Sporer, S.M., *et al.* (2020) Dilute Betadine Lavage Reduces the Risk of Acute Postoperative Periprosthetic Joint Infection in Aseptic Revision Total Knee and Hip Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Arthroplasty*, **35**, 538-543.e1. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.09.011>
- [44] 黄涛, 韩浩, 罗旭, 等. 人工关节置换术中使用碘伏浸泡术区对肾脏功能的影响[J]. 中外医学研究, 2020, 18(9): 52-55.
- [45] Groenen, H., Bontekoning, N., Jalalzadeh, H., Buis, D.R., Dreissen, Y.E.M., Goosen, J.H.M., *et al.* (2024) Incisional Wound Irrigation for the Prevention of Surgical Site Infection: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *JAMA Surgery*, **159**, 792-800. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2024.0775>
- [46] Meehan, J.P. (2024) Dilute Povidone-Iodine Irrigation: The Science of Molecular Iodine (I₂) Kinetics and Its Antimicrobial Activity. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **33**, 65-73. <https://doi.org/10.5435/jaas-d-24-00471>
- [47] Schömig, F., Perka, C., Pumberger, M. and Ascherl, R. (2020) Implant Contamination as a Cause of Surgical Site Infection in Spinal Surgery: Are Single-Use Implants a Reasonable Solution?—A Systematic Review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **21**, Article No. 634. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03653-z>
- [48] Leaper, D.J. and Edmiston, C.E. (2017) World Health Organization: Global Guidelines for the Prevention of Surgical Site Infection. *Journal of Hospital Infection*, **95**, 135-136. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.12.016>
- [49] Wang, D., Huang, X., Lv, W. and Zhou, J. (2022) The Toxicity and Antibacterial Effects of Povidone-Iodine Irrigation in Fracture Surgery. *Orthopaedic Surgery*, **14**, 2286-2297. <https://doi.org/10.1111/os.13422>
- [50] 魏兰芬, 潘协商, 倪娜, 等. 聚维酮碘杀灭金黄色葡萄球菌效果与浓度的关系[J]. 中国消毒学杂志, 2016, 33(10): 948-950.