

膝关节单髁置换术的临床应用研究进展

韦万威¹, 彭伟秋^{2*}

¹右江民族医学院研究生院, 广西 百色

²柳州市人民医院关节骨病科, 广西 柳州

收稿日期: 2026年7月1日; 录用日期: 2026年7月23日; 发布日期: 2026年8月4日

摘要

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是中老年人常见的退行性关节疾病, 也是导致慢性疼痛和功能障碍的重要原因。对于终末期单间室KOA患者, 单髁置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)因保留正常骨量和韧带结构、创伤小、恢复快、功能改善显著等优势, 已成为重要的治疗方式。近年来, 随着假体设计、材料学及数字化技术的发展, UKA的适应证不断拓展, 传统认为属于禁忌证的高体质量指数、前交叉韧带功能不全及年轻患者等, 在严格筛选后亦可获得良好疗效。同时, 机器人辅助、人工智能导航及个性化假体等新技术进一步提高了假体定位精度和临床效果。但UKA仍存在长期循证证据不足、适应证标准尚未统一、不同假体设计疗效存在争议及机器人辅助成本较高等问题。本文综述近年来UKA在发展历程、适应证、假体设计、临床疗效、并发症及智能化技术等方面的研究进展, 以期为临床应用及未来研究提供参考。

关键词

单髁膝关节置换术, 膝骨关节炎, 适应证, 机器人辅助, 个性化假体, 综述

Progress in Clinical Application Research of Unicompartmental Knee Arthroplasty

Wanwei Wei¹, Weiqiu Peng^{2*}

¹Graduate School of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

²Department of Joint and Bone Surgery, Liuzhou People's Hospital, Liuzhou Guangxi

Received: July 1, 2026; accepted: July 23, 2026; published: August 4, 2026

Abstract

Knee osteoarthritis (KOA) is one of the most prevalent degenerative joint disorders worldwide and

*通讯作者。

文章引用: 韦万威, 彭伟秋. 膝关节单髁置换术的临床应用研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(8): 397-405.

DOI: 10.12677/acm.2026.1682808

represents a major cause of chronic pain and disability among older adults. For patients with end-stage unicompartmental osteoarthritis, surgical intervention remains the most effective strategy to relieve pain and restore joint function. With continuous advances in minimally invasive surgery, prosthetic design, biomaterials, and digital orthopedic technologies, unicompartmental knee arthroplasty (UKA) has gained increasing popularity because of its advantages, including preservation of bone stock and cruciate ligaments, reduced surgical trauma, rapid postoperative recovery, and superior functional outcomes. Traditional contraindications such as obesity, anterior cruciate ligament deficiency, and younger age have recently been challenged by accumulating evidence, suggesting that patient selection should be individualized rather than based solely on conventional criteria. Furthermore, innovations including cementless fixation, mobile-bearing prostheses, patient-specific implants, robotic-assisted surgery, navigation systems, and artificial intelligence have significantly improved implant positioning accuracy and postoperative functional recovery. Nevertheless, several issues remain unresolved, including limited long-term evidence, controversies regarding patient selection and implant choice, and concerns regarding the cost-effectiveness of emerging technologies. This review summarizes recent advances in UKA with emphasis on indications, prosthetic design, clinical outcomes, complications, robotic-assisted surgery, and future research directions, aiming to provide evidence-based guidance for clinical practice and future investigations.

Keywords

Unicompartmental Knee Arthroplasty, Knee Osteoarthritis, Indications, Robotic-Assisted Surgery, Personalized Prosthesis, Review

Copyright © 2026 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

KOA 是导致中老年人慢性疼痛和运动功能障碍最常见的退行性关节疾病之一[1]。随着人口老龄化加剧, KOA 患病率持续上升, 对患者生活质量和社会医疗负担造成了严重影响[2]。对于保守治疗无效且病变局限于单间室的终末期 KOA 患者, UKA 是目前改善疼痛和恢复关节功能的主要治疗方法, 在临床应用中得到广泛应用[3]。本文结合近年来国内外研究进展, 对 UKA 的发展历程、适应证、假体设计、临床疗效及未来发展方向进行综述, 以期临床实践和相关研究提供参考。

2. UKA 的发展

UKA 的概念最早可追溯至 20 世纪 50 年代, 当时 McKeever 等人[4]首次设计了用于治疗单间室膝关节退变的金属胫骨平台假体, 由于当时假体材料性能有限、固定方式不成熟及手术适应证认识不足, 早期临床疗效并不理想, 假体松动、磨损及翻修率较高, UKA 未得到广泛推广。到 1973 年 L. Marmor 等人[5]发明出第一代单髁表面膝关节置换假体, 首次提出以内侧或外侧单间室病变作为独立治疗对象, 并获得较好的中期疗效; 同年 Goodfellow J 等人[6]依据正常膝关节运动学特点设计了 Oxford 活动平台假体, 引入可活动聚乙烯垫片理念, 有效降低了接触应力, 提高了假体耐磨性能, 成为现代 UKA 发展的重要里程碑。但由于假体材料性能及手术操作经验等的限制, 此次创新没有达到预期的目的。直到 20 世纪 90 年代, 第三代牛津单髁系统(Oxford UKA)的出现以及微创手术理念逐渐成熟, 假体材料、生物固定技术及围手术期快速康复(enhanced recovery after surgery, ERAS)理念的发展, 使 UKA 的围手术期安全性和长期疗效明显提高[7]。近些年来, 生物固定假体、高交联聚乙烯材料及新型表面涂层技术进一步降低了

无菌性松动和聚乙烯磨损发生率，提高了长期假体生存率[8]。研究表明[9]，以 3D 打印技术为基础的个性化导航导板被采用到 UKA 手术流程当中去，不但能提高手术的准确性，而且可以缩减术中失血以及术后康复的时间，使得患者术后随访满意度不断提高。

3. 适应证与禁忌证

3.1. 手术适应证

准确挑选目标病人且科学地决定 UKA 的适应症，这是保证手术成功、提高术后功能恢复的关键部分。自 1989 年 Kozinn 等人[10]首次提出经典适应证被认为是现代 UKA 患者选择的重要基础，主要包括：骨关节炎局限于单一间室(以内侧间室最常见)；前交叉韧带及侧副韧带功能完整；年龄 >60 岁；体质量 <82 kg；膝关节活动范围 $\geq 90^\circ$ ；屈曲挛缩 $< 5^\circ$ ；内翻畸形 $\leq 10^\circ$ 或外翻畸形 $\leq 15^\circ$ ；保守治疗无效。上述标准在 UKA 发展早期具有重要指导意义，能够有效降低假体早期失败风险。然而，随着循证医学证据不断积累，这些标准中的部分限制条件逐渐受到挑战。特别是年龄、身体质量指数(body mass index, BMI)及前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)功能不全状态已不再被认为是 UKA 的绝对限制因素在现代临床中。Price 等人[11]比较 60 岁以下与 60 岁以上的患者接收 Oxford UKA 后的临床疗效，发现两组的 10 年假体生存率相近，提出年龄不应作为 Oxford UKA 的禁忌证。肥胖患者(BMI > 30 kg/m²)、ACL 功能不全等患者也被纳入部分研究的适应范围。田世坤等人[12]的研究结果显示，比较肥胖患者接受 UKA 与 TKA 后的早期疗效发现，两组均取得良好临床效果，而 UKA 组住院时间更短、术中失血更少、术后恢复更快。刘少华等人[13]的研究表明对于慢性退变导致的 ACL 功能不足患者，固定平台 UKA 仍能够取得满意的中期疗效。以上成果给拓宽 UKA 的应用范围赋予了关键的理论支持和操作参照。

3.2. 手术禁忌证

UKA 并不是所有的患者都使用的，主要禁忌证包括：① 感染性关节疾病和炎症性关节病；② 内翻或外翻畸形大于 15° ，屈曲或屈曲挛缩畸形大于 10° ；③ 严重的肥胖(体质量 > 90 kg)；④ 伴有严重骨质疏松患者；⑤ 经常活动患者、重力劳动者[14]。传统的观点认为，BMI 过大和 ACL 功能不全是 UKA 的绝对禁忌证。但是近几年来相关数据表明，以上这些因素并不存在着不能攻克的技术障碍。Lua 等人[15]在肥胖患者是否真的禁忌单室膝关节置换术的荟萃分析中发现，在 BMI > 30 kg/m²、BMI > 35 kg/m² 或者 BMI > 40 kg/m² 的患者中，尽管假体的翻修率增加，但是这个差别没有统计学意义。针对 ACL 功能不全是否是手术绝对禁忌证，一项回顾性研究中[16]，628 例 UKA 中 67 例合并 ACL 损伤，术后随访 2.9~10 年(平均 6 年)，结果显示两组的翻修率、术后 6 年假体生存率及翻修原因差异均无统计学意义。于晓光等人[17]对 87 例术前就存在 ACL 功能障碍的患者的随访结果表明，所有的患者都没有出现结构性的并发症或者需要二次手术的情况，并且总的治疗效果较好(见表 1)。

Table 1. Comparison of clinical evidence from different studies on the expanded indication of UKA

表 1. 不同研究关于 UKA 扩大适应证的临床证据比较

作者	研究对象	干预措施	主要结局	证据类型
Kozinn 等	经典适应证患者	UKA	建立传统适应证标准	专家共识
Lua 等	BMI > 30 kg/m ²	UKA	翻修率略高但功能回复满意，肥胖并非禁忌证	Meta 分析
田世坤等	肥胖 KOA 患者	UKA 与 TKA 比较	UKA 早期疗效好，并发症未明显增加	回顾性分析
刘少华等	ACL 缺损患者	固定平台 UKA	中期疗效及假体生存率与 ACL 完整者相近	回顾性分析
于晓光等	ACL 功能障碍患者	UKA	功能改善明显，无明显结构性并发症	临床随访研究

4. 假体的选择

4.1. 骨水泥固定假体或生物固定假体

骨水泥型和生物型假体在临床应用中所具有的特点不同, 其固有性质和适用范围也有所区别。骨水泥型假体通过骨水泥与骨骼的黏接交联达到固定的效果, 具有很好的初始稳定性能, 能早期承受起载荷任务, 极大减少了早期松动以及手术失败的可能性。生物型假体依靠初始微结构化接触, 依靠长期生物学效应促进骨整合, 表现出较好的长期负重性能和低骨缺损倾向[18]。Hooper 等人[19]对 147 例牛津单髁置换术患者进行 5 年随访, 发现假体周围透亮线发生率低, 5 年累计假体生存率高达 98.7%。Stempin 等人[20]对 150 例生物固定设计 UKA 患者随访, 发现大部分的患者功能评分都达到了预期的效果, 没有出现无菌性松动的现象, 同时他们发现生物固定假体可降低患者术后人工关节被遗忘指数(FJS-12)。目前的研究数据显示, 与传统的骨水泥型假体相比, 生物型假体具有更高的长期生存率和更低的二次翻修率, 具有手术时间短、避免骨水泥相关并发症和较低 X 线透亮线发生率的优点[21] [22], 因此, 选择生物固定假体可能是提高 UKA 疗效的一种有效手段。

4.2. 活动平台假体或固定平台假体

根据膝关节生物力学特点的假体设计, 即活动平台和固定平台。活动平台假体通过减少胫股关节面接触应力分布来明显减慢垫片磨损速度, 但是它的临床应用受到手术技术和存在脱位风险的限制。固定平台假体虽然能够很好地避免上述问题, 但是它所产生的边缘区域集中负荷造成的加速磨损问题又成为了一个难题。尽管早期的研究表明传统的固定平台假体仍然是主流的选择, 但是长期的随访结果提升其远期疗效并不满意[23]。近些年来, 随着假体材料革新和手术技术的进步, 固定平台假体的临床疗效显著提高[24]。1986 年 Goodfellow 等人[25]首次使用活动平台假体以来, 由于具有独特的多点承重结构以及抗磨性能, 该种假体一直受到人们的关注。目前证据显示[26], 两种假体均能达到理想的术后疗效, 但 Oxford 活动平台假体对于下肢力线的重建比固定平台假体更明显, 仍还需要进一步研究二者性能差异来指导个体化的治疗方案的设计和改进(见表 2)。

Table 2. Comparison of characteristics and clinical application of different types of UKA implants
表 2. 不同类型 UKA 假体的特点及临床应用比较

假体类型	优点	局限性	适用情况
骨水泥固定假体	初始稳定性好, 术后可早期负重, 临床应用成熟	存在骨水泥相关并发症, 远期可能出现透亮线	骨质较差、高龄患者
生物固定假体	避免骨水泥相关并发症, 长期骨整合较好, 翻修率较低	对骨质量要求较高, 早期稳定性依赖手术技术	骨质量较好的患者
固定平台假体	结构简单, 不易发生垫片脱位, 手术操作相对容易	接触应力集中, 聚乙烯磨损风险较高	临床应用广泛
活动平台假体	接触应力分布均匀, 磨损较少, 更符合膝关节生物力学	手术技术要求高, 存在垫片脱位风险	牛津 UKA 等成熟系统

由表 2 可见, 不同类型假体各具特点, 目前尚无证据表明某一种假体适用于所有患者。骨水泥固定假体具有良好的初始稳定性, 而生物固定假体在长期骨整合方面具有一定优势; 活动平台与固定平台假体均能获得满意的临床疗效, 但其适应人群及手术要求存在差异。因此, 应结合患者年龄、骨质量、活动水平及术者经验等因素进行个体化选择, 以获得最佳临床疗效。

5. UKA 临床效果

5.1. 短期疗效

UKA 手术在临床使用上具有较好的短期效果, 患者的术后疼痛缓解显著, 膝关节功能恢复的速度也显著提高。李宇轩等人[27]研究显示, 在术后一个月的随访中, 受试者的胫骨近端内侧角度和股胫角均比术前显著改善, 视觉模拟评分法(VAS)测量的结果显示, 术后 6 个月 VAS 评分由基线值 6.13 ± 1.01 降到 1.80 ± 0.89 , 膝关节活动度也由原来的术前 $93.73^\circ \pm 4.15^\circ$ 提高到现在的 $113.73^\circ \pm 4.24^\circ$, 二者都有显著性差异。林鑫欣等人[28]研究显示, 术后一个月患者膝关节活动度、HSS 膝关节评分、股胫角(FTA)及 VAS、西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)较术前均有显著改善。该结论和虞宵等人[29]的研究具有相似性。

5.2. 长期疗效

多项国内外的研究结果都表明, UKA 具有良好的疗效以及持久的疗效。S. Parratte 等人[30]经由十年时间里的多中心回顾性考察得出结论, 术后 10 年假体在位率均 $\geq 95\%$ 。H. Pandit 等人[31]对 1000 例单髁置换患者长达 15 年的随访中发现, UKA 假体 10 年生存率为 94%, 15 年生存率为 91%。国外一项长达 7 年随访研究表明[32], 单髁置换术术后五年总体生存率为 99.5%, 患者的膝关节功能明显提高, HSS 评分(汉诺斯评分)由基线水平的 52.1 分提高到现在的 85.6 分, OKS 评分(奥康奈尔评分)也由原来的 22.8 分增加到 42.7 分。国内同类研究也证实[33], 在 5 年的随访期内没有因感染、假体失败或者深静脉血栓等重大并发症造成患者死亡或者伤残的情况发生, 所以其安全性、有效性得到了充分地体现。

以上分析可以得出结论, 不管是从短期还是长期来看, UKA 都具有很好的临床价值, 并且对于患者的康复功能、提高患者满意度、提高患者的生活质量都有一定的积极作用。

6. 术后并发症

垫片脱位是 UKA 最常见的早期并发症, 也是引起术后翻修的主要因素之一, 在应用活动平台假体的病人当中尤为显著[34][35]。假体垫片相关并发症与 UKA 假体设计密切相关。Vasso 等人[36]指出, 活动平台 UKA 最主要的轴承相关失败模式为聚乙烯垫片脱位, 而固定平台 UKA 则更容易发生聚乙烯磨损及无菌性松动。固定平台结构由于长期承受较高接触应力, 可导致聚乙烯表面变形、分层磨损, 并产生磨损颗粒诱导骨溶解, 相关失败通常发生于术后 8 年以上。因此, 假体设计选择、垫片厚度、假体定位及软组织平衡对于降低 UKA 垫片相关并发症具有重要意义。单柱式股骨假体由于存在局部应力集中, 使得假体松动的风险会提高, 现代双柱结构的假体大大减少了此种情况的发生率, 并且已经被广泛地应用到临床当中[37]。UKA 术后的假体周围骨折相对少见, Kim 等人[38]报道的发生率仅为 0.4%。虽然假体周围骨折发生率较低, 但是其潜在的危害也不能忽略, 急需开发出相应的预防措施。未知原因引起的术后疼痛属于难于解决的并发症, 占有 UKA 术后并发症总和的比例为 14% [39], 有报道称不明原因的疼痛可能是由于胫骨近端应变和术前软骨下骨髓水肿、弹响综合征造成的, 但仍需进一步研究证明[40]。

7. 个性化假体

数字医疗技术和精准医学的发展促进了个性化假体在 UKA 中的应用, 其核心理念是依据患者个体解剖特点设计与之高度匹配的假体, 以提高假体覆盖率、恢复正常下肢力线并改善关节运动学。Pumilia 等人[41]研究发现, 基于患者 CT 影像数据, 结合三维重建, 术前计算机断层扫描图像定制假体具有良好的生物相容性以及耐久性能, 具有良好的临床应用前景。Paxton 等人[42]研究指出, 个性化假体能有效减少假体与骨骼及软组织间的摩擦, 延长假体使用寿命。另外一项研究成果发现个性化设计为不同群体提

供专门解决方案,为年轻活跃的患者提供更耐用的选项,为老年患者设计则注重稳定性和舒适性的假体,均可显著提升患者满意度,明显提高患者术后的质量以及远期康复状况[43]。Mestriner 等人[44]进一步证实,结合三维建模与 3D 打印技术制造的个性化 UKA 假体具有良好的中短期临床效果和假体生存率。

近年来,有研究表明,个性化假体可提高假体覆盖率,减少骨-假体不匹配及不必要的骨切除,有助于改善下肢力线恢复精度,在骨性解剖结构特殊、年轻患者及复杂畸形患者中具有潜在优势[45]。然而,目前相关研究仍以单中心、小样本病例系列为主,缺乏高质量随机对照研究和长期随访资料,其对假体长期生存率及翻修率的改善效果尚缺乏高级别循证医学证据支持[46]。

此外,个性化假体需依赖术前三维影像重建及定制化制造流程,其生产周期较长,初始成本明显高于常规标准化假体,在一定程度上增加了患者医疗负担。目前有关其长期成本效益及卫生经济学优势的证据仍较有限,因此经济成本仍是限制其临床广泛推广的重要因素[47]。未来,随着数字化设计、人工智能辅助建模、3D 打印及智能制造技术的不断发展,个性化假体有望进一步缩短设计与生产周期、降低制造成本,实现更加精准、安全和个体化的 UKA [48]。

8. 机器人辅助 UKA

近年来,机器人辅助技术逐渐应用于 UKA,并成为精准关节外科的重要发展方向。有研究表明,机器人辅助 UKA 能够提高术前规划及术中执行的准确性,减少假体定位误差,降低冠状位和矢状位对线离群值,改善下肢力线恢复,从而提高假体初始稳定性[49]。对于经验不足的术者,机器人辅助系统还可缩短学习曲线,提高不同术者间手术质量的一致性,在复杂病例中具有一定优势[50]。

然而,机器人辅助 UKA 仍存在设备购置及维护成本较高、术前规划流程复杂及培训要求较高等问题,其推广应用受到一定限制[51]。目前已有 Meta 分析显示,机器人辅助 UKA 可改善假体定位精度,并在短中期降低并发症及翻修率,但其对长期假体生存率、远期功能恢复及成本效益的优势仍缺乏充分证据,尚需更多高质量、多中心、长期随访研究进一步验证[52]。

9. 小结

UKA 作为治疗膝关节单间室终末期骨关节炎的重要手术方式,具有创伤小、术中失血少、恢复快、保留正常骨及韧带组织等优势,在严格掌握适应证的前提下,可获得良好的短期及中长期临床疗效。近年来,随着适应证不断扩大、生物固定假体、个性化假体及机器人辅助技术的发展,UKA 的临床应用范围进一步拓展,为患者提供了更加精准和个体化的治疗方案。然而,目前 UKA 在肥胖患者、前交叉韧带功能不全患者等特殊人群中的长期疗效仍缺乏高质量循证医学证据,个性化假体及机器人辅助技术的长期获益和成本效益亦有待进一步验证。因此,未来应开展多中心、大样本、长期随访研究,进一步完善适应证选择,优化假体设计,结合人工智能、数字化技术及机器人辅助系统,推动 UKA 向精准化、个体化方向发展,为临床治疗决策提供更加可靠的循证依据。

参考文献

- [1] Mahmoudian, A., Lohmander, L.S., Mobasher, A., Englund, M. and Luyten, F.P. (2021) Early-Stage Symptomatic Osteoarthritis of the Knee—Time for Action. *Nature Reviews Rheumatology*, 17, 621-632. <https://doi.org/10.1038/s41584-021-00673-4>
- [2] Curry, Z.A., Beling, A. and Borg-Stein, J. (2022) Knee Osteoarthritis in Midlife Women: Unique Considerations and Comprehensive Management. *Menopause*, 29, 748-755. <https://doi.org/10.1097/gme.0000000000001966>
- [3] Vasso, M., Antoniadis, A. and Helmy, N. (2018) Update on Unicompartmental Knee Arthroplasty: Current Indications and Failure Modes. *EFORT Open Reviews*, 3, 442-448. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170060>
- [4] Scott, R.D., Joyce, M.J., Ewald, F.C. and Thomas, W.H. (1985) McKee-McKeever Metallic Hemiarthroplasty of the Knee in

- Unicompartmental Degenerative Arthritis. Long-Term Clinical Follow-Up and Current Indications. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **67**, 203-207. <https://doi.org/10.2106/00004623-198567020-00004>
- [5] Marmor, L. (1979) Marmor Modular Knee in Unicompartmental Disease. Minimum Four-Year Follow-Up. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **61**, 347-353. <https://doi.org/10.2106/00004623-197961030-00005>
 - [6] Goodfellow, J. and O'Connor, J. (1978) The Mechanics of the Knee and Prosthesis Design. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **60**, 358-369. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.60b3.581081>
 - [7] 雷堃. 膝关节单髁置换术治疗膝关节内侧间室骨关节炎的近期疗效评价[D]: [硕士学位论文]. 石河子: 石河子大学, 2019.
 - [8] 王建军, 闫师通, 苏健. 一种新型高交联聚乙烯髁臼内衬的体外磨损性能测试[J]. 中国医学装备, 2023, 20(4): 27-31.
 - [9] 郭东辉, 马世强, 董军, 等. 3D 打印个性化截骨模块导板辅助单髁膝关节置换术的临床疗效[J]. 临床骨科杂志, 2022, 25(3): 368-373.
 - [10] Kozinn, S.C. and Scott, R. (1989) Unicondylar Knee Arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **71**, 145-150. <https://doi.org/10.2106/00004623-198971010-00023>
 - [11] Price, A.J., Dodd, C.A.F., Svard, U.G.C. and Murray, D.W. (2005) Oxford Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty in Patients Younger and Older than 60 Years of Age. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **87**, 1488-1492. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.87b11.16324>
 - [12] 田世坤, 黄兆钢, 陈崇阳. 单髁与全膝关节置换治疗膝骨关节炎肥胖患者的早期疗效比较[J]. 实用骨科杂志, 2024, 30(10): 899-902.
 - [13] 刘少华, 周观明, 陈希聪, 等. 前交叉韧带缺陷对固定平台单髁置换后中期疗效的影响[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(6): 860-865.
 - [14] Keene, G.C.R. and Forster, M.C. (2005) (III) Modern Unicompartmental Knee Replacement. *Current Orthopaedics*, **19**, 428-445. <https://doi.org/10.1016/j.cuor.2005.10.003>
 - [15] Lua, J., Kripesh, A. and Kunnasegaran, R. (2023) Is Unicompartmental Knee Arthroplasty Truly Contraindicated in an Obese Patient? A Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Science*, **28**, 1317-1324. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2022.09.011>
 - [16] Engh, G.A. and Ammeen, D.J. (2014) Unicondylar Arthroplasty in Knees with Deficient Anterior Cruciate Ligaments. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **472**, 73-77. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-2982-y>
 - [17] 于晓光, 秦永辉, 李佳, 等. 人工单髁置换术治疗膝关节内侧间室骨关节炎合并前交叉韧带功能不良的近期疗效[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2024, 18(4): 337-342.
 - [18] 雷雪枫, 张文正, 涂意辉, 等. 骨水泥型和生物型 Oxford 假体单髁置换治疗膝内侧间室关节炎的研究进展[J]. 实用骨科杂志, 2023, 29(10): 929-933.
 - [19] Hooper, N., Snell, D., Hooper, G., Maxwell, R. and Frampton, C. (2015) The Five-Year Radiological Results of the Uncemented Oxford Medial Compartment Knee Arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, **97**, 1358-1363. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.97b10.35668>
 - [20] Stempin, R., Stempin, K. and Kaczmarek, W. (2019) Medium-Term Outcome of Cementless, Mobile-Bearing, Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Annals of Translational Medicine*, **7**, Article No. 41. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.12.50>
 - [21] Mohammad, H.R., Matharu, G.S., Judge, A. and Murray, D.W. (2020) Comparison of the 10-Year Outcomes of Cemented and Cementless Unicompartmental Knee Replacements: Data from the National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man. *Acta Orthopaedica*, **91**, 76-81. <https://doi.org/10.1080/17453674.2019.1680924>
 - [22] Mohammad, H.R., Bullock, G.S., Kennedy, J.A., Mellon, S.J., Murray, D. and Judge, A. (2020) Cementless Unicompartmental Knee Replacement Achieves Better Ten-Year Clinical Outcomes than Cemented: A Systematic Review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **29**, 3229-3245. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06091-5>
 - [23] Insall, J. and Walker, P. (1976) Unicondylar Knee Replacement. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **120**, 83-85. <https://doi.org/10.1097/00003086-197610000-00013>
 - [24] Burger, J.A., Kleblad, L.J., Siersevelt, I.N., Horstmann, W.G. and Nolte, P.A. (2019) Bearing Design Influences Short-to Mid-Term Survivorship, But Not Functional Outcomes Following Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **27**, 2276-2288. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05357-x>
 - [25] Goodfellow, J.W. and Oconnor, J. (1986) Clinical Results of the Oxford Knee: Surface Arthroplasty of the Tibiofemoral Joint with a Meniscal Bearing Prosthesis Login. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **205**, 21-42. <https://doi.org/10.1097/00003086-198604000-00005>

- [26] 侯江业, 李耀章, 张宁, 等. 活动与固定平台假体在单髁膝关节置换术治疗膝关节前内侧骨关节炎中的临床疗效及安全性比较[J]. 临床和实验医学杂志, 2025, 24(3): 288-292.
- [27] 李宇轩, 袁伶俐, 许志远, 等. 单髁置换治疗膝关节内侧间室骨关节炎: 关节功能及炎性细胞因子变化[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(36): 5828-5832.
- [28] 林鑫欣, 秦豪, 甘锋平, 等. 膝关节活动平台单髁置换术治疗股骨内侧髁骨坏死的疗效观察[J]. 医药前沿, 2025, 15(5): 38-41.
- [29] 虞宵, 周晓强, 余远时, 等. 胫骨高位截骨术与单髁置换术治疗膝关节前内侧间室骨关节炎短期疗效及成本效益分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(3): 183-189.
- [30] Paratte, S., Ollivier, M., Lunebourg, A., Abdel, M.P. and Argenson, J. (2015) Long-Term Results of Compartmental Arthroplasties of the Knee: Long Term Results of Partial Knee Arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, **97**, 9-15. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.97b10.36426>
- [31] Pandit, H., Hamilton, T.W., Jenkins, C., Mellon, S.J., Dodd, C.A.F. and Murray, D.W. (2015) The Clinical Outcome of Minimally Invasive Phase 3 Oxford Unicompartmental Knee Arthroplasty: A 15-Year Follow-Up of 1000 UKAs. *The Bone & Joint Journal*, **97**, 1493-1499. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.97b11.35634>
- [32] Xue, H., Ma, T., Wen, T., Yang, T., Xue, L. and Tu, Y. (2021) Predictors of Satisfactory Outcomes with Fixed-Bearing Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty: Up to 7-Year Follow-Up. *The Journal of Arthroplasty*, **36**, 910-916. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.10.001>
- [33] 牛国庆, 彭智浩, 温建强, 等. 活动平台单髁置换治疗膝关节自发性骨坏死的 5 年随访[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(33): 5283-5288.
- [34] Choy, W.S., Lee, K.W., Kim, H.Y., Kim, K.J., Chun, Y.S. and Yang, D.S. (2017) Mobile Bearing Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty in Patients Whose Lifestyles Involve High Degrees of Knee Flexion: A 10-14 Year Follow-Up Study. *The Knee*, **24**, 829-836. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2017.05.004>
- [35] 陶可, 林剑浩, 李虎. 单髁关节置换术治疗膝骨关节炎的研究进展[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2019, 12(2): 150-155.
- [36] Vasso, M., Corona, K., D'Apolito, R., Mazzitelli, G. and Panni, A.S. (2017) Unicompartmental Knee Arthroplasty: Modes of Failure and Conversion to Total Knee Arthroplasty. *Joints*, **5**, 44-50.
- [37] Ji, J.H., Park, S.E., Song, I.S., Kang, H., Ha, J.Y. and Jeong, J.J. (2014) Complications of Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **6**, 365-372. <https://doi.org/10.4055/cios.2014.6.4.365>
- [38] Kim, K.T., Lee, S., Lee, J.I. and Kim, J.W. (2016) Analysis and Treatment of Complications after Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Knee Surgery & Related Research*, **28**, 46-54. <https://doi.org/10.5792/ksrr.2016.28.1.46>
- [39] van der List, J.P., Zuiderbaan, H.A. and Pearle, A.D. (2016) Why Do Medial Unicompartmental Knee Arthroplasties Fail Today? *The Journal of Arthroplasty*, **31**, 1016-1021. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.11.030>
- [40] Jacobs, C.A., Christensen, C.P. and Karthikeyan, T. (2016) Subchondral Bone Marrow Edema Had Greater Effect on Postoperative Pain after Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty than Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **31**, 491-494. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.09.023>
- [41] Pumilia, C.A., Schroeder, L., Sarpong, N.O. and Martin, G. (2021) Patient Satisfaction, Functional Outcomes, and Implant Survivorship in Patients Undergoing Customized Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Journal of Personalized Medicine*, **11**, Article No. 753. <https://doi.org/10.3390/jpm11080753>
- [42] Paxton, N.C., Nightingale, R.C. and Woodruff, M.A. (2022) Capturing Patient Anatomy for Designing and Manufacturing Personalized Prostheses. *Current Opinion in Biotechnology*, **73**, 282-289. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.09.004>
- [43] Kulkarni, P.G., Paudel, N., Magar, S., Santilli, M.F., Kashyap, S., Baranwal, A.K., et al. (2023) Overcoming Challenges and Innovations in Orthopedic Prosthesis Design: An Interdisciplinary Perspective. *Biomedical Materials & Devices*, **2**, 58-69. <https://doi.org/10.1007/s44174-023-00087-8>
- [44] Mestriner, A.B., Antonelli, B., Schwab, P., Chen, A.F., Jones, T., Ackermann, J., et al. (2023) Short-to Mid-Term Survivorship of a Patient-Specific Unicompartmental Knee Arthroplasty Implant Cast from a Three-Dimensional Printed Mold. *Orthopedic Clinics of North America*, **54**, 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2022.12.001>
- [45] Cai, J., Ma, M., Zeng, W., Luo, S., Yuan, F. and Yin, F. (2023) Computed Tomography-Based Patient-Specific Cutting Guides Used for Positioning of the Femoral Component of Implants during Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Cadaver Study. *BMC Surgery*, **23**, Article No. 381. <https://doi.org/10.1186/s12893-023-02272-4>
- [46] Miyake, Y., Namba, Y., Mitani, S., Umehara, N., Kawamoto, T. and Furuichi, S. (2023) Comparison of Tibial Implant Positioning between Symmetrical and Anatomical Design Implants in Unicompartmental Knee Arthroplasty for Japanese Patients. *Journal of Orthopaedic Surgery*, **31**. <https://doi.org/10.1177/10225536221149485>

-
- [47] Demey, G., Müller, J.H., Liebensteiner, M., Pilot, P., Nover, L., Saffarini, M., *et al.* (2022) Insufficient Evidence to Confirm Benefits of Custom Partial Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **30**, 3968-3982. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06766-7>
- [48] Albishi, W., AbuDujain, N.M., Aldahri, M. and Alzeer, M. (2024) Unicompartmental Knee Replacement: Controversies and Technical Considerations. *Arthroplasty*, **6**, Article No. 21. <https://doi.org/10.1186/s42836-024-00242-6>
- [49] MacNeille, R., Law, T.Y., Roche, M. and Chow, J. (2024) Does Robotic-Assisted Unicompartmental Knee Arthroplasty Improve Alignment and Outcomes? *Journal of ISAKOS*, **9**, Article ID: 100336. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2024.100336>
- [50] Schopper, C., Proier, P., Luger, M., Gotterbarm, T. and Klasan, A. (2023) The Learning Curve in Robotic Assisted Knee Arthroplasty Is Flattened by the Presence of a Surgeon Experienced with Robotic Assisted Surgery. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, **31**, 760-767.
- [51] Begum, F.A., Kayani, B., Morgan, S.D.J., Ahmed, S.S., Singh, S. and Haddad, F.S. (2020) Robotic Technology: Current Concepts, Operative Techniques and Emerging Uses in Unicompartmental Knee Arthroplasty. *EFORT Open Reviews*, **5**, 312-318.
- [52] Zhang, J., Ng, N., Scott, C.E.H., Blyth, M.J.G., Haddad, F.S., Macpherson, G.J., *et al.* (2022) Robotic Arm-Assisted versus Manual Unicompartmental Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis of the MAKO Robotic System. *The Bone & Joint Journal*, **104**, 541-548. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.104b5.bjj-2021-1506.r1>