

机器人辅助膝关节单髁置换术对坐起动作的生物力学影响

赵磊¹, 刘思佳¹, 周文瑞²

(1. 通辽市医院创伤骨科 内蒙古 通辽 028000; 2. 通辽市科尔沁区第一人民医院呼吸与危重症医学科 内蒙古 通辽 028000)

摘要 机器人辅助膝关节单髁置换术作为一项新兴技术, 具有快速、安全和可重复性好等特点, 能够显著提高手术的精准度和准确性, 降低术后并发症的发生率。本文针对机器人辅助膝关节单髁置换术对坐起时膝关节生物力学的影响进行综述, 旨在为临床手术提供更加科学和规范的参考和指导, 为机器人辅助膝关节单髁置换术在临床上应用提供更为可靠的技术保障。

关键词 机器人辅助手术; 坐起动作; 生物力学; 膝关节单髁置换术

中图分类号 R687.4 R318.01 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2023) 06-0597-05

Biomechanical effects of robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty on sitting-up movement

ZHAO Lei¹, LIU Sijia¹, ZHOU Wenrui²

(1. 2nd Department of Orthopedics Trauma, Tongliao City Hospital, Tongliao 028000, China; 2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, the First People's Hospital of Horqin District of Tongliao City, Tongliao 028000, China)

Abstract Being an emerging technology, robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty (UKA) is fast, safe and reproducible, which could significantly improve the accuracy and precision of surgery, and reduce the incidence of postoperative complications. The biomechanical effects of robot-assisted UKA on sitting-up movement were reviewed in this paper, aiming to provide more scientific and standardized references, as well as more reliable technical support for clinical application of robot-assisted UKA.

Key words Robot-assisted surgery; Sitting-up movement; Biomechanics; Unicompartmental knee arthroplasty

收稿日期: 2023-05-26 录用日期: 2023-07-25

Received Date: 2023-05-26 Accepted Date: 2023-07-25

通讯作者: 赵磊, Email: jianjialibing19774@163.com

Corresponding Author: ZHAO Lei, Email: jianjialibing19774@163.com

引用格式: 赵磊, 刘思佳, 周文瑞. 机器人辅助膝关节单髁置换术对坐起动作的生物力学影响 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2023, 4(6): 597-601.

Citation: ZHAO L, LIU S J, ZHOU W R. Biomechanical effects of robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty on sitting-up movement[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2023, 4(6): 597-601.

膝关节单髁置换术 (Unicompartmental Knee Arthroplasty, UKA) 作为单个髁面严重磨损或劈裂的有效外科治疗方法, 已广泛应用于临床。随着机器人手术的发展和应用, 机器人辅助膝关节单髁置换术 (Robot-assisted Unicompartmental Knee Arthroplasty, RUKA) 逐渐成为一种安全、精准且效果显著的手术方式。目前已有研究表明, 机器人辅助膝关节单髁置换术相比于传统手术具有更精准的植入位置和更好的肢体平衡性。坐起作为生活中非常常见的动作, 对于术后患者来说具有重要的生理意义, 直接影响患者的运动功能和生活自理能力。

1 膝关节疾病现状

1.1 膝关节疾病的流行情况

膝关节疾病是指影响人类膝关节健康的一类疾病, 包括骨关节炎、风湿性关节炎、滑膜炎等。随着人们年龄增长、生活方式改变以及运动量减少, 膝关节疾病越来越常见。据最新统计, 膝关节疾病在全球范围内非常普遍, 几乎每个国家和地区都有很高的患病率, 其中发达国家的膝关节疾病患病率相对较高。中国也不例外, 我国膝关节疾病患者数量已经达到了数千万^[1]。值得注意的是, 膝关节疾病目前呈现低龄化趋势^[1-2], 越来越多的年轻人也开始出现这类疾病的相关症状。此外, 女性比男性更容易患上膝关节疾病, 可能与女性的骨骼结构和生理特点有关。

1.2 传统膝关节疾病治疗方法的不足

传统膝关节疾病治疗方法包括保守治疗、药物治疗、手术治疗等。这些方法虽然可以对膝关节疾病达到一定程度的缓解或治愈, 但仍存在许多不足之处。保守治疗往往只是暂时缓解或减轻了疼痛, 无法实现真正意义上的治

愈。由于药物治疗的药物种类繁多, 且使用效果和治疗时间不确定, 长期使用可能对患者身心带来负担。手术治疗需要医生具备高超的手术技术, 患者则需支付昂贵的医疗设备费用, 还面临手术风险高、术后恢复时间长等问题, 给患者带来较大的经济负担^[3]。另外, 传统治疗方法通常没有考虑到患者的个性化差异, 无法为患者提供个性化的治疗方案。通过近年来的探索和发展, 一些新型治疗方式已经出现, 如干细胞治疗、注射疗法、微创手术等, 这些治疗方法具有相对较小的副作用和更好的治疗效果, 同时也更能满足患者需求。此外, 大数据技术的应用使得医生可以为患者制定个性化的治疗方案, 从而提高治疗效果, 更好地服务患者。

1.3 机器人辅助膝关节治疗的背景和意义

机器人辅助手术是一种新兴的膝关节疾病治疗方式, 将机器人手术技术与传统物理治疗相结合, 可以对膝关节疾病进行更为精准和高效的治疗。现代医疗技术和工程技术的迅速发展, 使得机器人手术技术不断得到应用和提高。随着老龄化社会的到来, 膝关节疾病已成为高发病种之一, 传统治疗方法难以满足患者需求, 因此机器人辅助膝关节治疗应运而生。使用机器人手术系统对膝关节疾病进行治疗有很重要的医学突破和意义^[4]。一项研究纳入 150 例患者进行观察, 结果显示机器人辅助手术组的手术失误率明显降低, 证明了机器人辅助全膝关节置换手术较传统手术拥有更高的精确度。

2 RUKA 操作流程

随着现代医疗技术的发展, 机器人辅助手术已经成为一种最新的、具有广泛应用前景

的手术方法。近年来，RUKA 成为股骨与胫骨接头一侧受损的高位膝骨一侧实施单髁置换的主要外科手段，该术式适用于患有局限性关节炎或关节损伤，并且只有一个髁面受到明显损伤的中老年患者。它可以通过利用新兴机器人技术，实现膝关节精准、安全、高效的手术操作。RUKA 的基本原理是通过先进的机器人手术技术，配合高度精确的计算、定位及操作，完成对膝关节中受损一侧髁部的完整置换。手术过程包括手术前期计划、机器人引导下开刀、髁部切割、假体安置以及术后康复等。

2.1 术前计划

RUKA 手术前期会进行严格的计划和准备。医生可以通过三维重建技术获取患者膝关节的精准数据，包括骨骼结构、软组织情况等，然后结合患者的具体症状及身体特征，制定最合适的手术方案。具体来说，三维重建技术可以提供患者单侧髁部置换的具体位置、大小以及植入的假体型号等相关信息^[5]，通过对这些数据进行高精度计算和分析，医生能够更加容易地制定出最优化的手术方案。在此基础上，医生还会根据手术要求和患者需求，制定出具有针对性和可操作性的手术方案。通过这样一系列的计划和准备，RUKA 可以实现更加精确和安全的手术操作。这有助于提高手术结果的准确性和稳定性，降低手术风险，同时也能提升患者的手术体验和术后康复效果。

2.2 机器人手术系统引导下开刀

RUKA 需要在机器人手术系统的引导下进行。机器人手术系统使得医生的操作更加科学、准确、规范，从而避免因人为因素而引发的错误。在整个手术过程中，医生只需按照机器人系统中设定的数据进行操作，机器人手术系统会提供实时的导航和引导，帮助医生确保手术的精

准性和安全性。操作人员可以利用先进的机器人技术，实现对手术操作过程的自动化掌控，从而确保膝关节置换手术的成功进行。通过机器人手术系统的辅助，医生可以获得更高的手术精度和可重复性，同时缩短手术时间，减少术中创伤。机器人手术系统可以通过实时图像处理 and 跟踪，提供精准的导航和定位功能，帮助医生在手术中进行准确的骨骼重建和假体定位，这有助于提高手术结果的预测性和持久性，减少手术并发症的风险。RUKA 通过引导和辅助医生的操作，实现了手术过程的科学化、精准化、规范化，进一步提升膝关节置换手术的质量和水平，为患者带来更好的术后效果和生活质量。

2.3 髁部切割

RUKA 中使用针或齿锯等工具进行髁部切除的操作由机器人手术系统完成。相比传统的手术方式，机器人辅助手术可以大大缩短手术时间，降低手术的难度。通过机器人手术系统的精确导航和引导，针或齿锯等工具可以在机器人的协助下更加精细地进行髁部切除。机器人手术系统提供的实时图像处理和跟踪功能，可以确保工具的位置和角度准确无误，有助于减少手术过程中的误差和风险。使用机器人手术系统进行髁部切除还可以减少术中对周围组织的损伤，降低血管、神经等重要结构受损的风险^[6]。精确的切割可以最大限度地保留健康的组织，减少后续治疗的难度和风险。

2.4 假体安置

RUKA 中，把大小恰当的假体安装到准确位置是非常关键的步骤。在手术过程中，机器人手术系统通过先进的图像处理和导航技术对患者的骨骼结构进行实时准确的三维重

建和分析,医生可以根据患者的具体情况选择大小和形状适当的假体安装到骨质袋中。在机器人手术系统引导下可以精确控制手术工具的位置、角度和深度,确保假体与周围结构紧密贴合,实现有效且稳定的安装,避免假体的损坏或松动,提高了手术的成功率和持久性。与传统手术相比,机器人辅助手术在技术精度和稳定性方面具有显著优势。精准的假体安装可以提供更好的术后功能和持久性,降低假体松动或脱位的风险,从而对患者的治疗效果和术后生活质量产生积极影响。因此,RUKA通过精确引导和稳定操作,将大小恰当的假体安装到骨质袋中,并确保其有效和稳定适配,使得手术的成功率更高,同时也满足了患者对手术的期望。

2.5 术后康复

术后康复训练旨在恢复患者的关节活动范围、力量和稳定性,包括早期的主动和被动关节运动、肌力锻炼、平衡训练等。康复师会根据患者情况,制定个体化的康复计划,并逐步增加训练强度和难度,以提高患者的运动功能水平。物理治疗可以通过各种手段促进伤口愈合,减轻疼痛和肿胀等术后不适,促进局部血液循环,加快康复进程。常见的物理治疗方法包括热疗、冷敷、电疗、超声波等。根据患者术后的疼痛、炎症情况,医生可以给予镇痛剂、非甾体抗炎药等相应药物进行治疗,以控制疼痛、减轻炎症反应。术后恢复治疗和康复训练是RUKA的重要组成部分,通过制定个性化的物理治疗、药物治疗和康复训练等术后治疗方案,可以帮助患者消除手术的不良反应,促进患者功能恢复^[7]。患者也需要积极配合医生和康复师的指导,进行有效的康复训练和治疗,以确保手术效果。

3 RUKA对坐起时膝关节生物力学的影响

3.1 坐起动作过程及膝关节在其中的生物力学表现

坐起是人类日常生活中经常进行的动作之一,它是一个复杂的动作,涉及到多个肌肉群和关节的协同运动。坐起动作的一般过程如下。

- ①体位:开始时人体处于仰卧位,腿部伸直,双手伸向身体两侧。
- ②屈曲:将膝关节屈曲,将脚尖移向臀部方向,同时将上半身前倾并且用力压低胸腹部,这些动作使得腰部、臀部和大腿等肌肉张力增加。此时,膝关节屈曲角度减小,产生了屈曲力矩,由于肌肉的收缩产生的反作用力使得关节维持在稳定状态^[8]。
- ③助推:在大腿肌肉的帮助下,部分身体向前冲出,产生向前的动量,同时上半身也通过腰部准备开始坐起。
- ④伸长:在保持上述动量的情况下,上半身向上伸展,直到坐直,此时膝关节被进一步屈曲,膝关节前翻,产生了更大的屈曲力矩。
- ⑤保持:坐起后,将双脚贴紧地面以维持平衡。

在坐起的过程中,膝关节是非常重要的关节之一,它主要承受冲击和压力。当膝关节屈曲时,臀部和腿部肌群的收缩使得屈曲力矩增加并使关节受到一定压力。同时,当上半身开始向前冲出时,大腿肌肉继续收缩使得坐起动作更加顺畅。在坐起完成后,膝关节会被进一步屈曲,在减小关节压力的同时也保证了身体的稳定性。

3.2 RUKA对膝关节的影响

相比传统的手术方式,RUKA可以更加准确地定位和安装假体,同时也可以通过生物力学模型帮助医生制定更优化的手术方案,对医生实施手术和患者康复都有一定的积极影响。

在膝关节负荷分布方面，RUKA 使用先进的 3D 成像技术和运动分析算法，可以更加精确地测量出患者的骨骼结构和运动范围，从而为手术提供可靠的数据指导。基于这些数据，机器人手术系统可以利用生物力学模型来制定针对性的手术方案，使得假体更加精准地适配患者的膝关节，达到更好的稳定性，从而有助于均匀分布膝关节负荷，避免局部过度磨损和损伤^[9-10]。

在术后运动范围方面，RUKA 的优点之一就是能够准确地确定假体的位置和角度，从而使患者在术后尽快恢复正常运动范围。机器人手术系统利用三维建模和运动分析技术，能够更加精细地规划手术方案，并在手术过程中实时调整假体位置和角度，从而最大程度地恢复患者的生理功能。值得一提的是，机器人辅助手术不仅能够降低手术难度和操作风险，还能够显著缩短手术时间和患者的住院时间，从而大大提高手术效率和治疗效果。

4 结语

RUKA 作为一种先进的手术技术，具有操作准确性高、手术创伤小等优点，广泛应用于膝关节相关疾病的治疗中。本文聚焦于该术式对坐起动作时膝关节生物力学的影响进行研究，随着人们对手术效果、治疗质量和患者体验的重视，未来的研究应更加注重量化评估，在更大样本、更广范围、更多方面开展深入探究，

以期揭示 RUKA 对膝关节生物力学的影响，并协助医疗从业者为患者提供更为有利的治疗方案。

参考文献

- [1] 何宜蓁, 耿霄, 田华. 机器人辅助髌膝关节置换术的应用现状及趋势分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(4): 378-384.
- [2] 李晓燕, 曾晓, 张冬梅. 宫腔镜检查对子宫内膜癌患者子宫受累的诊断价值及与预后的影响[J]. 实用癌症杂志, 2022, 37(4): 671-674.
- [3] 石璇, 乔红, 安赫蕊. 机器人膝关节单髁置换术护理配合[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2021, 2(1): 66-71.
- [4] 银彩霞, 林牡丹, 柴伟. 机器人系统辅助的膝关节单髁置换术治疗老年膝关节骨关节炎的临床效果[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2021, 20(7): 504-507.
- [5] 高焕坤. 活动平台型膝关节单髁置换术的中远期临床效果分析[D]. 青岛大学, 2021.
- [6] 刘焱杰. 胫骨平台后倾角的选择对膝关节单髁置换术后功能的影响[D]. 广州中医药大学, 2020.
- [7] 朱科朝, 王俏杰, 陈云苏, 等. 机器人辅助下膝关节单髁置换术短期临床疗效[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2019, 13(5): 547-553.
- [8] 曾庆亮. 计算机导航辅助与传统膝关节单髁置换术手术疗效的 Meta 分析[D]. 蚌埠医学院, 2019.
- [9] 付君, 柴伟, 倪明, 等. 机器人与牛津单髁膝关节置换术的学习曲线对比研究[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2017, 11(6): 575-581.
- [10] 汤春平, 严亮, 袁耕. 微创膝关节单髁置换术研究进展[J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2017, 1(8): 51.

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎指导