

本文引用:明海武,董卫兵,黄媛霞,等. 数字化技术在膝关节置换术中的应用[J]. 新乡医学院学报,2017,34(8):772-775. DOI:10.7683/xyxyxb.2017.08.030.

【综述】

数字化技术在膝关节置换术中的应用

明海武¹, 董卫兵², 黄媛霞¹, 徐海斌¹

(1. 新乡医学院第一附属医院骨外科,河南 卫辉 453100;2. 郑州颐和医院骨外科,河南 郑州 450008)

摘要: 随着关节外科的快速发展,全膝关节置换术和单髁膝关节置换术已成为治疗膝关节炎症的可靠方案。近些年数字化技术如三维打印、计算机辅助导航、机器人辅助等数字化技术开始应用于膝关节置换术。本文就三维打印技术、计算机辅助导航技术、机器人辅助技术和互联网技术在全膝关节置换术和单髁膝关节置换术中的应用加以综述。

关键词: 三维打印;全膝关节置换;单髁膝关节置换;计算机辅助;机器人辅助

中图分类号: R687.4+2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-7239(2017)08-0772-04

人工关节置换技术在国内经过 30 余年的发展,接受人工关节置换术的患者增长迅速,关节置换的临床疗效得到迅速提高。随着数字化技术和关节外科医疗水平的发展,数字化技术为关节外科的发展提供了强有力的技术支撑,发挥了不可替代的应用价值^[1]。膝关节为人体最大的关节,容易损伤及退变,终末期膝关节炎导致膝关节疼痛、骨质缺损、挛缩畸形等,成为我国老年人致残的主要原因。单髁膝关节置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)和全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)是治疗膝关节炎症的可靠方案,最近的一项队列研究显示,内侧 UKA 和外侧 UKA 的 10 a 存活率分别为 92% 和 91%^[2],显示出与 TKA 相当的存活率,本文就数字化技术在 UKA 和 TKA 中的应用加以综述。

1 UKA

膝关节可分为内侧间室、外侧间室和髌股关节 3 个间室。UKA 是指对内侧或者外侧关节间室进行表面置换的手术。单髁假体分为固定型和活动型,早期的单髁关节假体设计股骨的曲率和聚乙烯衬垫的曲率相一致^[3],其较窄的胫骨假体容易引起胫骨假体下沉,后经 GOODFELLOW 等^[4]改进设计出牛津半月板承重假体,此种假体衬垫设计为可活动性,减少了应力集中,但术后早期容易出现衬垫的脱位。随着器械和假体设计的改进,

新一代的单髁假体修正了既往狭窄假体导致应力集中最终引起的胫骨假体下沉松动的缺陷,开发出关节假体间大面积接触分散胫骨假体应力的单髁假体,改进相应器械和手术技术,使得微创单髁置换技术简单可靠^[5]。

UKA 需要有严格的手术适应证,接受单髁置换手术的患者膝关节病变集中在单侧关节间室,膝关节韧带功能完整,膝关节足够稳定,X 线检查证实对侧关节间室无明显退变并且髌股关节功能正常或轻度退变。对于膝关节活动度 <90°、外翻畸形 >15°、内翻畸形 >10°、屈曲挛缩 >15°的肥胖、关节不稳、感染性病变的患者,禁忌施行 UKA^[6-7]。膝关节骨性关节炎常累及内侧关节间室,TKA 仅保留后交叉韧带(posterior cruciate ligament, PCL)或者使用 PCL 替代型假体,因而患者术后本体感丧失,UKA 则完整保留了患者的本体功能,使患者获得了良好的术后体验,UKA 具有较好的保留骨量、手术损伤小、出血少、住院时间短、严重并发症少、术后恢复快等优点^[8-9],新一代的单髁假体引入微创技术(minimally invasive surgical techniques, MIS)^[10-12],特别是计算机辅助导航和机器人辅助计算机导航技术的引入^[13-14],推动了 UKA 技术迅猛发展。

2 三维(three-dimensional, 3D)打印技术在膝关节置换术中的应用

3D 打印技术将原始数据经计算机编程后输入 3D 打印机,运用特殊可黏合材料通过逐层打印的方式获得实物模型。3D 打印技术广泛应用于医学领域,如整形外科、脊柱外科、颌面外科、神经外科和心脏外科等,其中应用最广泛的是膝关节外科^[15],其内部多孔结构为体液的渗入、细胞的生长提供稳定的内环境,使得自体生物型关节成为可能。在膝关

DOI:10.7683/xyxyxb.2017.08.030

收稿日期:2017-04-05

作者简介:明海武(1989-),男,河南滑县人,硕士研究生在读,研究方向:关节疾病的基础与临床。

通信作者:徐海斌(1963-),男,河南新乡人,教授,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:关节疾病的基础与临床;E-mail:drxhb@163.com。

节置换手术中,可凭借 CT 扫描后采用 3D 打印技术打印出手术部位的模型和导航模板,在实物模型上进行术前设计和预手术,导航模板可辅助手术医生采用个性化工具进行截骨操作。同时手术医生可以使用个人电脑利用数字化技术和 3D 打印技术确定下肢力线、股骨旋转轴和外翻角、胫骨后倾角和截骨参考点,根据患者自身解剖结构特点在负重条件下对假体的最佳位置进行调整。使得假体安装满足下肢生物力学的要求^[16]。相关研究显示,相比于传统 TKA 手术,3D 打印辅助可获得良好的关节活动度、下肢力线、较高的膝关节评分^[17]。

3 计算机辅助导航系统在膝关节置换术中的应用

关节矫形外科的目的是精确重建肌肉骨骼系统特别是关节的功能和稳定性^[18],恢复肢体的生物力学要求,因而对手术治疗的精准性要求极高。TKA 需要精确重建下肢力线,因而要求准确截骨、假体位置正确安放和精巧的软组织平衡技术,即使是经验丰富的关节外科医生,下肢力线重建及假体位置安放欠佳也时有发生^[19],使得患者承受术后假体位置不良带来的疼痛、假体异常磨损、假体松动等不良后果,因而为手术医生提供更加精确、可靠的工具尤为必要。计算机辅助导航系统(computer-assisted orthopedic surgery, CAOS)是在计算机辅助下,收集影像学检查资料,通过相关图形图像技术重建医学模型,以便手术医生模拟手术步骤和计划手术方案,同时通过光学或电磁学技术完成手术部位的定位设置,将收集数据传送到计算机进行表面重建和体重重建图像,最终反馈给手术医生,使手术更安全可靠。计算机辅助导航技术通过对股骨远端、胫骨近端等手术解剖标志点注册,收集膝关节运动数据,术中实时提供股骨、胫骨及关节假体的位置及运动轨迹,通过数据反馈给术者,为术者提供精准的下肢力线和准确的假体位置。同时在安装试模后可通过计算机辅助系统观察膝关节活动中的软组织变化情况^[20],术者可根据系统反馈进行软组织松解和调整衬垫,以获得更好的膝关节稳定性。

随着 UKA 和 MIS-UKA 的发展,CAOS 在 UKA 中广泛应用。手术医生仅需采用探针选取特征性解剖结构,由计算机自动根据数据库资料计算下肢力线和假体型号,并指导手术医生进行软组织平衡。随着微创膝关节技术的发展,计算机辅助导航技术显示了极大的优势,其精确的数据分析和力学轴线计算能力弥补了人工操作中存在的视野小、解剖变异等缺陷^[8],随着计算机导航技术在 UKA 和 MIS-UKA 中的应用,2 种手术方式也将产生革命性的发展。

4 机器人辅助技术在膝关节置换术中的应用

虽然计算机辅助技术提供了机械切割的精度,取得了精确的下肢力线和假体位置,但分析显示,计算机辅助导航技术与传统手术相比并没有取得预期优势^[21-23]。在此基础上,机器人辅助系统得以开发。机器人辅助系统的目的同样是提高手术的精准度,相较于计算机辅助技术,机器人辅助技术能以较短的手术时间完成手术截骨,减少冠状面和矢状面的变异^[24]。与其他技术不同,机器人辅助系统通过自主处理主动或半主动来监督术者按术前方案执行手术操作。目前,美国食品药品监督管理局批准的用于膝关节置换的手术机器人有 Mako 系统(The Stryker/Mako haptic guided robot)、PFS 系统(The navio precision free-hand sculptor)和 OmniBotic 机器人系统(The OmniBotic robotic system)。在欧洲用于膝关节置换术的机器人辅助系统则为 Caspar 系统,另外比较常见的就是为 TKA 或全髌关节置换^[25]而设计的 Robodoc 手术系统,再者就是 Acrobot 手术系统。一项针对尸体的研究发现,在机器人辅助组 UKA 股骨与胫骨的均方根误差分别为 1.9 mm、3.7° 和 5.4 mm、10.2°,而在传统 UKA 组则分别为 5.4 mm、10.2° 和 5.7 mm、19.2°^[26]。然而由于机器人辅助技术是一种新概念的手术形式,长期的随访研究是尤为必要的。一项随机临床研究观察机器人辅助 TKA 和传统 TKA 在下肢力线、假体位置、软组织平衡等方面的差异,结果显示,机器人辅助 TKA 具有更小的力线和假体位置偏差,92% 的患者能达到软组织屈伸平衡,而传统 TKA 则为 77%,但同时发现 2 种手术的术后功能评分差异无统计学意义^[27]。

5 互联网技术在膝关节置换术中的应用

互联网技术已渗透到人们生活的各个角落,直接或潜在地影响着人们的生活和心理活动。相关研究表明,术前心理疾病如焦虑和抑郁等会导致术后持续疼痛和较差的患者体验^[28-30]。因而梅奥诊所矫形外科制作了 16 个 YouTube 视频,从而创建一个虚拟医院体验全髌关节置换术和 TKA,用以研究该视频列表对术前焦虑的潜在影响,研究中随机将患者分为对照组和治疗组,对照组患者采用标准的面对面随访和教材教育,治疗组患者采用标准教育加观看 16 个 YouTube 视频,结果显示,治疗组患者术前焦虑水平有降低趋势,特别是在术前处在焦虑状态的女性患者,焦虑水平降低的趋势更加明显^[31]。目前国内互联网技术和社交软件也应用于医疗行业,特别是医生间用以交流临床经验的微信群、个人

博客、创建相关视频等,也直接或间接促进了关节外科的发展。

6 结语与展望

伴随着数字化技术的发展,关节外科的发展也迎来黄金时期,新成像技术、新轴承表面、新植入物的研发设计以及新数字化技术,为膝关节外科提供了可靠的生物学力线、准确的假体位置和精巧的软组织平衡技术,进一步促进了关节外科的发展。但仍存在一些问题,例如计算机辅助导航技术可能要花费更长的手术时间设置和安装导航系统,虽然尚无相关研究证实术后感染情况的发生,为得到准确的数据,手术医生不得不减少无菌巾的覆盖面积,暴露大面积的皮肤^[32]。同时,计算机辅助微创技术也面临着手术时间长、频繁调整示踪器及其他元件位置等不足^[33];而机器人辅助技术由于其对机器人精密度要求极高,初始成本极为高昂,限制着该技术的广泛开展^[34]。最重要的是,数字化技术使得关节外科的成本增加,但术后假体长期生存率和患者满意度较传统手术并未得到明显改善,并且手术之后仍要面临几乎同样概率的并发症^[35-36]。同时医生的学习曲线也是要明确考虑的问题^[37]。新技术的发展均要经过反复的实验和临床验证,数字化技术在膝关节置换术中已经显示了其独特的优势,相信随着相关技术产业的发展,数字化技术在未来会极大地推动关节外科的发展,骨科医生必须从我国国情出发,明确各项技术的优势和不足,权衡医院和自身技术水平,评估技术成本和患者受益,从安全出发,使患者的收益最大化。

参考文献:

- [1] 王坤正. 浅谈中国关节置换外科的现状与未来[J]. 中华关节外科杂志:电子版,2015,9(6):703-706. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2015.06.003.
- [2] VAN DER LIST J P, MCDONALD L S, PEARLE A D. Systematic review of medial versus lateral survivorship in unicompartmental knee arthroplasty[J]. *Knee*,2015,22(6):454-460.
- [3] GUNSTON F H. Polycentric knee arthroplasty: prosthetic simulation of normal knee movement[J]. *J Bone Joint Surg Br*,1971,53(2):272-277.
- [4] GOODFELLOW J, O'CONNOR J. The mechanics of the knee and prosthesis design[J]. *J Bone Joint Surg Br*,1978,60-B(3):358-369.
- [5] PANDIT H, JENKINS C, BARKER K, et al. The Oxford medial unicompartmental knee replacement using a minimally-invasive approach[J]. *J Bone Joint Surg Br*,2006,88(1):54-60.
- [6] 刘晓东,涂意辉. 膝关节单髁置换术的临床应用进展[J]. 中华关节外科杂志:电子版,2010,4(6):804-808. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2010.06.014.
- [7] 陈辉,操石磊,张春礼. 膝关节单髁置换术的研究现状[J]. 中国矫形外科杂志,2007,15(7):525-527.
- [8] 喻忠,王黎明,桂鉴超,等. 计算机导航辅助下微创膝关节单髁置换术的初步临床研究[J]. 中华关节外科杂志:电子版,2007,1(4):247-252. DOI:10.3969/j.issn.1674-134x.2007.04.012.
- [9] EMERSON R H, ALNACHOUKATI O, BARRINGTON J, et al. The results of Oxford unicompartmental knee arthroplasty in the United States: a mean ten-year survival analysis[J]. *Bone Joint J*,2016,98-B(10 Suppl B):34-40.
- [10] KENDRICK B J, LONGINO D, PANDIT H, et al. Polyethylene wear in Oxford unicompartmental knee replacement: a retrieval study of 47 bearings[J]. *J Bone Joint Surg Br*,2010,92(3):367-373.
- [11] LUM Z C, LOMBARDI A V, HURST J M, et al. Early outcomes of twin-peg mobile-bearing unicompartmental knee arthroplasty compared with primary total knee arthroplasty[J]. *Bone Joint J*,2016,98-B(10 Suppl B):28-33.
- [12] LISOWSKI L A, MEIJER L I, BEKEROM M P, et al. Ten-to 15-year results of the Oxford phase III mobile unicompartmental knee arthroplasty: a prospective study from a non-designer group[J]. *Bone Joint J*,2016,98-B(10 Suppl B):41-47.
- [13] YOKOYAMA Y, ABE N, FUJIWARA K, et al. A new navigation system for minimally invasive total knee arthroplasty[J]. *Acta Med Okayama*,2013,67(6):351-358.
- [14] VAN DER LIST J P, CHAWLA H, PEARLE A D. Robotic-assisted knee arthroplasty: an overview[J]. *Am J Orthop*,2016,45(4):202-211.
- [15] TACK P, VICTOR J, GEMMEL P, et al. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review[J]. *Biomed Eng Online*,2016,15(1):115.
- [16] POWERS M K, LEE B R, SILBERSTEIN J. Three-dimensional printing of surgical anatomy[J]. *Curr Opin Urol*,2016,26(3):283-288.
- [17] NOBLE J W, MOORE C A, LIU N. The value of patient-matched instrumentation in total knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*,2012,27(1):153-155.
- [18] SCHLATTERER B, LINARES J M, CHABRAND P, et al. Influence of the optical system and anatomic points on computer-assisted total knee arthroplasty[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*,2014,100(4):395-402.
- [19] SPARMANN M, WOLKE B, CZUPALLA H, et al. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. A prospective, randomised study[J]. *J Bone Joint Surg Br*,2003,85(6):830-835.
- [20] 张先龙,邵俊杰,王琦,等. 计算机导航辅助下微创人工全膝关节置换的初步经验[J]. 中华骨科杂志,2006,26(10):654-660.
- [21] MOSKAL J T, CAPPS S G, MANN J W, et al. Navigated versus conventional total knee arthroplasty[J]. *J Knee Surg*,2014,27(3):235-248.
- [22] ALCELIK I A, BLOMFIELD M I, DIANA G, et al. A Comparison of short-term outcomes of minimally invasive computer-assisted vs minimally invasive conventional instrumentation for primary total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Arthroplasty*,2016,31(2):410-418.
- [23] ZAMORA L A, HUMPHREYS K J, WATT A M, et al. Systematic review of computer-navigated total knee arthroplasty[J]. *ANZ J*

- Surg, 2013, 83 (1/2): 22-30.
- [24] JACOFISKY D J, ALLEN M. Robotics in arthroplasty: a comprehensive review[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31 (10): 2353-2363.
- [25] LIOU M H, XIA Z, WONG M K, et al. Robot-assisted total knee arthroplasty accurately restores the joint line and mechanical axis. A prospective randomized study [J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29 (12): 2373-2377.
- [26] CITAK M, SUERO E M, CITAK M, et al. Unicompartmental knee arthroplasty: is robotic technology more accurate than conventional technique[J]. *Knee*, 2013, 20(4): 268-271.
- [27] SONG E K, SEON J K, PARK S J, et al. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty with robotic and conventional techniques: a prospective, randomized study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2011, 19(7): 1069-1076.
- [28] KHATIB Y, MADAN A, NAYLOR J M, et al. Do psychological factors predict poor outcome in patients undergoing TKA? A systematic review[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473 (8): 2630-2638.
- [29] SINGH J A, LEWALLEN D G. Medical and psychological comorbidity predicts poor pain outcomes after total knee arthroplasty [J]. *Rheumatology*, 2013, 52(5): 916-923.
- [30] DUIVENVOORDEN T, VISSERS M M, VERHAAR J A, et al. Anxiety and depressive symptoms before and after total hip and knee arthroplasty: a prospective multicentre study[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2013, 21 (12): 1834-1840.
- [31] O'CONNOR M I, BRENNAN K, KAZMERCHAK S, et al. YouTube videos to create a "virtual hospital experience" for hip and knee replacement patients to decrease preoperative anxiety: a randomized trial[J]. *Interact J Med Res*, 2016, 5(2): e10.
- [32] STULBERG S D, YAFFE M A, KOO S S. Computer-assisted surgery versus manual total knee arthroplasty: a case-controlled study [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2006, 88(Suppl 4): 47-54.
- [33] BONUTTI P M, DETHMERS D A, MCGRATH M S, et al. Navigation did not improve the precision of minimally invasive knee arthroplasty[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466 (11): 2730-2735.
- [34] MOSCHETTI W E, KONOPKA J F, RUBASH H E, et al. Can robot-assisted unicompartmental knee arthroplasty be cost-effective? A markov decision analysis[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31 (4): 759-765.
- [35] COOPER H J, DELLA V C J, BERGER R A, et al. Corrosion at the head-neck taper as a cause for adverse local tissue reactions after total hip arthroplasty [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2012, 94 (18): 1655-1661.
- [36] JASSIM S S, BENJAMIN-LAING H, DOUGLAS S L, et al. Robotic and navigation systems in orthopaedic surgery: how much do our patients understand[J]. *Clin Orthop Surg*, 2014, 6(4): 462-467.
- [37] DUWELIUS P J, PARVIZI J, MATSEN K L. New technology: safety, efficacy, and learning curves [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2014, 472(4): 1080-1085.

(本文编辑:李胜利)

(上接第 771 页)

示,出院后观察组患者的生活质量评分低于对照组,提示观察组患者的生活质量高于对照组,说明了基于网络的医院-社区-家庭一体化照护模式能够改善糖尿病患者的生活质量。

近年来,国内已开展较多的关于糖尿病医院-社区-家庭一体化照护模式的实践,并取得较好成果,但仍有较多问题亟须解决,例如,缺少大规模、随机的研究实践,缺少标准化记录系统、专业人员缺乏等。本研究通过实施基于网络的医院-社区-家庭一体化照护,患者的自我管理水平和生活质量均有不同程度的提高。但生活质量需要长期、大样本量的观察,因此,仍需要继续开展相关研究,探索规范化的基于网络的糖尿病医院-社区-家庭一体化照护模式。

参考文献:

- [1] WU E Q, XIE J, DU E X, et al. Trend in economic burden of diabetes in urban china from 2009 to 2011 [J]. *Value Health*, 2013, 16(3): A161.
- [2] 黄淑娇,温卫东,黎辉敏. 医院-社区-家庭一体化管理模式对糖尿病患者的应用价值[J]. *中医临床研究*, 2016, 8(9): 59-61.
- [3] 李秀云,徐蓉,刘于,等. 医院-社区-家庭一体化护理照顾模式的构建与实施[J]. *中国护理管理*, 2012, 12(5): 18-19.
- [4] FREITAS S S, NETA D S R, SILVA A R V D. Analysis of the self-care of diabetics according to by the Summary of Diabetes Self-Care Activities Questionnaire (SDSCA) [J]. *Acta Scient Health Sci*, 2014, 36(1): 73-81.
- [5] 李延飞,陈伟菊,许万萍,等. 2型糖尿病患者自我管理行为量表的改良及其信效度检验[J]. *现代医院*, 2011, 11(3): 148-150.
- [6] 陶明,朱本章,李志刚,等. 糖尿病患者生活质量及其影响因素的调查分析[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2000, 8(2): 73-75.
- [7] SENDELBACH M, SARIG N, WAKAMOTO K, et al. National standards for diabetes self-management education programs. Task force to revise the national standards. the american diabetes association [J]. *Diabetes Care*, 1995, 21(3): 189-190, 193.
- [8] 史素玲,寇丽霞,丁雅芳. 医院糖尿病病人健康知识需求对比研究[J]. *护理学杂志*, 2003, 18(8): 627-628.
- [9] 贡浩凌,戴莉敏,刘媛,等. 医院-社区-家庭护理干预模式对2型糖尿病患者饮食控制的效果[J]. *中华护理杂志*, 2014, 49(4): 399-403.
- [10] 徐禹静,白姣姣,孙皎,等. 医院-社区-家庭联动在糖尿病风险足分级管理中的应用[J]. *上海护理*, 2016, 16(3): 38-41.
- [11] 林允照,冯晨,刘敏,等. 基于行为转变理论指导的阶段性干预对2型糖尿病患者自我效能及生活质量的影响[J]. *中国全科医学*, 2014, 17(35): 4157-4162.
- [12] 杨中方,白姣姣. 老年糖尿病病人运动依从性现状及影响因素研究[J]. *护理研究:中旬版*, 2014, 28(4): 1328-1330.

(本文编辑:孟月 英文编辑:孟月)