

牛津单髁关节置换术股骨假体型号预测的研究进展

闫裕冰¹ 黄景星¹ 庞俊耀¹ 张氏^{1△}

[关键词] 单髁置换术;股骨假体;假体型号;预测

[中图分类号] R687.4 [文献标志码] A [文章编号] 1005-0205(2022)05-0084-05

牛津单髁关节置换术(Oxford Unicompartmental Knee Arthroplasty, Oxford UKA)是治疗膝关节前内侧骨关节炎的有效方法,其良好的临床效果依赖于适合的适应证和成熟的手术技术^[1-6]。UKA 正确的假体尺寸^[7-8]和假体对线^[9-14]被认为是长期临床效果的关键。目前第三代 Oxford UKA 增加了多种股骨假体型号^[15],但假体型号的个性化使用仍存在潜在的问题^[7,16]。随之出现的 Microplasty UKA(MP-UKA)技术具有微创、操作简化等优点^[17-18],然而由于较少的手术暴露和缺乏准确的定位点^[19],术中很难确定理想的股骨假体型号。本综述旨在总结模板、性别、身高、假体匹配关系、MRI 等股骨假体预测方法的准确性及影响因素,为临床医生提供参考。

1 通过 X 线模板预测股骨假体型号

在进行 UKA 手术之前,通常需要使用 X 线模板来预测股骨假体的型号。使用 X 线模板预测时,保证模板和 X 线片等比例是很重要的。将等比例股骨模板放置在标准的侧位 X 线片上,单柱 UKA 的中央栓应与股骨长轴平行,双柱 UKA 的中央栓应与股骨长轴呈屈曲 10°,因为后者是高度屈曲的设计,模板的假体轮廓应贴附于 X 线片上的股骨内侧髁,在股骨远端和股骨后髁,模板的远端均应超出内侧髁 2~3 mm,以保证在高度屈曲时股骨假体与保留的软骨相连接^[16,20-22]。

一个成功的模板应有良好的可重复性和准确性,以保证模板可以适用于不同患者和被不同的临床医生使用^[23]。UKA 假体型号预测方法准确性的研究困难在于对于不同的患者来说,并不总是知道股骨假体的理想尺寸是什么,各种方法是否准确预测了假体型号。有研究显示,可以通过评估术后 X 线片来判断是否使

用了最适合的尺寸^[20]。

X 线模板的使用依赖于模板精确定位和侧位片上准确识别解剖标志,而 CT 扫描和数字化技术可以使模板的测量更加精确,其可能是 X 线模板测量的进一步发展方向。Bothra 等^[24]首次研究了 X 线模板预测 UKA 股骨假体型号的可重复性,其研究结果显示观察者的年资经验增长并未对模板测量的可靠性产生有利的影响,且观察者之间和单一观察者两次测量的可重复性均较差。其认为这可能是因为侧位片上缺乏可靠的解剖标志来准确使用模板。虽然在侧位 X 线片上股骨内侧髁和外侧髁有不同的表现,但由于膝关节骨关节炎的进展,有时很难区分内外侧髁,而计算机三维重建可能是术前 X 线模板测量的改进方向。这与 Kasis 等^[23]观点一致,其研究结果显示单一观察者两次测量的可重复性很高,但观察者之间的可重复性和测量的准确性都很差。这说明每个观察者的测量都很精确,并且能够重复和重现相同的结果,但这些测量始终是错误的。其认为这种结果的原因可能是缺乏可靠的解剖标志和正确使用模板的指导不足,并建议使用 CT 扫描和导航技术提高模板的准确度,且术中测量假体型号的方法仍然应该被使用。但其研究中仅通过术中测量结果判断术前 X 线模板测量的准确性,并未判断术中股骨假体型号的准确性。

有研究者对 X 线模板测量的准确性进行了研究,不同研究的 X 线模板准确性差异较大,其准确性被认为受 X 线片的放大率和观察者学习曲线的影响较大。Fawzy 等^[20]研究了 X 线模板的准确性和可重复性,其首次采用术后 X 线片与其所用的假体型号确定应使用的理想假体型号,并以此为标准,研究了 X 线模板测量 Oxford UKA 单柱股骨假体的型号的准确性和可重复性。结果显示 X 线模板方法准确度达到 67%,单一观察者两次测量的可重复性为 82%,观察者之间的可重复性为 77%,其中初级年资的医生初次和二次测量的准确率分别为 52%和 61%,而高年资的医生两

基金项目:山西省留学人员科技活动择优资助项目(20210008)

¹ 山西医科大学第二临床医学院骨科(太原,030000)

[△]通信作者 E-mail:zhangminty126@126.com

次测量的准确率均为 67%，两者存在差异，其认为在评估 X 线模板准确性时还应考虑到不同年资医生的经验差别。其中 33% 的预测错误的结果被认为可接受（假体型号与理想型号均仅相差一个尺寸），因为仅有单一股骨假体型号的第一代和第二代牛津 UKA 假体有良好的长期临床效果，且第三代牛津 UKA 股骨假体采用单一半径的正球形设计，与半月板垫片的接触面大且完全匹配，而球的大小在一定程度上均是可接受的。其研究中影响 X 线模板测量准确率的原因有：不同年资医生的经验差别，X 线放大率可能没有达到理想的 105%，侧位 X 线片上难以区分内髁和外髁，和使用模板可能没有很好地贴合股骨内髁。Yang 等^[25]的研究中 X 线模板预测第三代 Oxford UKA 双柱股骨假体型号的准确率仅为 42.3%，其认为造成较低准确率的原因可能是 X 线片的放大率可变以及图像的质量差，难以区分内外髁。薛华明等^[26]的研究结果显示模板预测的准确率仅为 59%，其认为 X 线模板研究有一定的学习曲线，需要有必要的专业指导与学习，且影响 X 线模板准确率的因素较多，建议联合其他方法以提高准确率。

术中使用 C 臂机等影像设备可以更精确地控制 X 线片的放大率和准确区分股骨内外髁，提高 X 线模板预测的准确率，但对于其适用性仍存在争议。在 Tu 等^[21]的研究中，使用 C 臂机导向器（GAIG）辅助在术中确定每个患者第三代 Oxford UKA 单柱股骨假体型号的大小，结果显示术中结合 C 臂机辅助下的 UKA 股骨假体预测方法的准确率达到 92%，远高于传统的术前 X 线模板预测的 59% 准确率。这可能是由于在术中通过 C 臂机辅助并且在股骨内侧髁放置一个 1 cm 针可以更精确地控制 X 线片的放大率和更容易在侧位片上区分股骨内外髁。Yang 等^[25]认为术中使用 C 臂机导向器（CAIG）可以精确估计股骨组件，然而辐射照射会增加，这种情况下的感染率未知。因此，在临床情况下不实用。Malhotra 等^[22]认为术中通过 C 臂机方法判断股骨假体准确性时根据即时的 X 线侧位片确定的理想假体型号可能会有偏差，因为每个股骨假体尺寸都具有不同的半径，并且有独立的一套股骨准备器械，当根据其他尺寸在股骨远端进行测试时，可能无法与骨表面完全贴合，从而导致观察的偏差。

2 通过性别结合身高以及胫骨股骨假体最佳匹配关系预测股骨假体型号

有研究显示，股骨内髁的半径参数与身高、性别明显相关^[27-28]，而在 Oxford UKA 中，适合的股骨假体型号应使假体尽可能与股骨内髁相匹配，所以基于性别、身高和胫骨股骨假体匹配关系的股骨假体分布可

能是一个研究方向。由于不同种族人群有不同的膝关节解剖特征，此方法可能受种族人群差异的影响较大。

Fawzy 等^[20]首次提出基于患者性别结合身高以及胫骨股骨假体最佳匹配关系来预测 Oxford UKA 股骨假体型号的方法，并且建立了 Oxford UKA 股骨假体型号分布。在 100 名 Oxford UKA 患者流行病学和影像学的研究中，采用术后 X 线片与其所用的假体型号确定应使用的理想假体型号，结果显示通过性别和身高来预测股骨假体型号的方法准确率为 75%，高于通过 X 线模板测量的 67% 的准确率；而单独使用身高来预测假体型号的方法准确率为 56%，且有 6% 的患者预测结果是不可接受的；通过胫骨与股骨假体型号的最佳匹配关系来预测股骨假体型号的准确率为 56%，且有 3% 的结果是不可接受的。其认为 X 线模板和性别结合身高均是评估股骨假体型号的可靠方法，并建议外科医生同时使用两种方法。

与西方人群不同，中国人群的平均股骨尺寸较小，适用于西方人群的 UKA 假体型号分布可能并不适合于亚洲人群^[29-30]。Wang 等^[31]研究了 1 909 例中国患者的第三代 Oxford UKA 的假体型号分布情况，研究结果显示，M 型号的股骨假体是男性患者最常用的，S 型号的股骨假体是女性患者最常用的。其认为性别和身高是选择股骨假体型号的必要考虑因素，并确定了适合于中国人群的股骨和胫骨假体型号的最佳匹配关系，这可以为外科医生选择 UKA 假体型号提供参考。国内也进行了相似的研究^[26]，其研究结果显示身高和性别与股骨假体大小明显相关，而年龄、左/右侧、BMI 与股骨假体尺寸分布均无明确的相关性。

许多研究者认为基于性别、身高和胫骨股骨假体匹配关系的股骨假体分布受不同种族人群的影响较大，可以通过建立不同人群的股骨假体分布提高假体预测的准确率。Tu 等^[21]也研究了性别结合身高以及胫骨股骨假体最佳匹配关系来预测 Oxford UKA 股骨假体型号的方法，并利用 Fawzy 提出的假体型号分布对 92 例牛津 UKA 病例进行了研究，其结果显示根据 Fawzy 的假体型号分布，性别结合身高预测假体型号的准确率仅为 51.1%，基于股骨胫骨最佳匹配关系预测的准确率仅为 59.8%，这与 Fawzy 研究中性别结合身高预测股骨假体型号 75% 的准确率有很大差异，其认为造成这种差异的最可能原因是欧洲和亚洲人口群体之间的巨大差异。于是其提出了可用于中国人的假体型号分布，根据该分布，性别结合身高预测假体型号的准确率为 88%，基于股骨胫骨最佳匹配关系预测的准确率为 70.7%，两种分布的准确率有明显差异。其认为这种方法对中国人群是一个有效的预测指标，但对于其他种族而言，这种方法可能并不准确，这与

Malhotra 等的研究一致, Malhotra 等^[22]对印度人群的研究结果显示西方人群和中国人群的假体分布的准确率分别为 37% 和 47.7%, 西方人群及中国人群的假体型号分布并不适用于印度人群。其提出了可用于印度人群的假体型号分布, 利用该分布, 性别结合身高预测假体型号的准确率为 73.8%, 三种分布的准确率有明显差异。其还首次研究了术中牛津骨勺的可靠性, 研究结果显示术中利用牛津骨勺预测股骨假体型号的准确率为 75%。其认为通过胫骨股骨假体最佳匹配关系来预测牛津 UKA 股骨假体型号的方法并不可靠, 因为在手术过程中, 股骨假体大小是在胫骨大小确定之前完成的, 如果需要重新切割胫骨, 则在手术过程中胫骨部件的尺寸可能会发生变化; 但是, 在手术过程中, 股骨组件的大小没有改变。国内研究者^[26]认为胫骨假体的型号完全取决于术者胫骨垂直截骨的深度, 不同术者对胫骨软骨磨损的深度判断不同, 操作有很大的随意性, 因此仅凭胫骨股骨假体最佳匹配关系来判断股骨假体的大小并不可靠。Yang 等^[25]的研究中, 根据西方人群、中国人群和印度人群的假体分布的准确率分别为 42.3%、25% 和 23%, 而利用牛津骨勺测量股骨假体的准确率为 67.3%, 其认为虽然其研究对象与 Tu 的研究对象是相同的种族, 性别结合身高的方法的准确率仍然无法令人满意, 建议根据不同的种族人群更精确地建立最适合的 UKA 假体型号分布。Crawford 等^[32]建立了适用于美国人群的 UKA 股骨假体型号分布, 根据该假体分布, 有 78.7% 的患者可以正确预测股骨假体型号, 男性为 82.1%, 女性为 78.7%。其认为身高结合性别可以准确预测 Oxford UKA 的股骨假体型号, 但在其研究中并未研究术中股骨假体型号的准确性。

国内一些研究者也进行了类似的研究, 杨伟铭等^[33]的研究结果显示身高和性别与股骨假体的型号相关, 而年龄、部位和 BMI 等因素与股骨假体型号无明显相关性。其根据华南人群的数据建立了华南地区人群的 UKA 假体分布, 根据该分布, 基于性别结合身高这一因素判断股骨假体大小, 男性患者的准确率为 75.3%, 女性患者为 95.9%, 基于胫骨假体与股骨假体的匹配关系预测股骨假体大小的准确率为 63.0%。其认为华南地区的人群身高普遍比北方人群瘦小, 建议根据不同的地域进一步完善 Oxford UKA 假体分布。薛华明等^[26]初步建立了国人 UKA 假体相关参数的分布图, 其认为中国人群的 UKA 假体型号分布与欧美人不同。按照该分布图测量股骨假体型号, 结果显示术前采用性别结合身高判断股骨假体大小的准确性为 84.9%, 术中采用胫骨假体判断股骨假体大小的准确性为 61.1%。其认为适合于中国人的假体分

布图能够较好的指导术中选用合适大小的股骨假体。

3 通过鞋码预测股骨假体型号

鞋码是足部大小和个人纵向生长的反映^[34], 在成年后, 足的长度通常不随年龄变化, 而跖趾外翻和其他后天性疾病会改变足的宽度^[35]。有研究表明, 鞋子的大小可以预测足骨的大小和身高^[36-37]。Sawalha 等^[38]首次提出了通过鞋码来测量 UKA 股骨假体型号的方法, 并通过术后侧位 X 线片来判断术中植入股骨假体型号的准确度, 排除了股骨型号过大和过小的患者, 结果显示鞋码和 UKA 中股骨组件的大小正相关, 其提出了一种通过鞋码型号预测 UKA 股骨假体型号的算法, 此方法准确预测了 80% 患者的股骨假体型号。但其研究中没有超小和超大型号的股骨组件大小的患者, 且仅对英国人群进行了研究, 所以基于鞋码预测股骨假体型号的方法仍有待进一步研究。

4 通过 MRI 预测股骨假体型号

通过 MRI 预测骨假体型号的方法可以普遍适用于不同种族、不同膝关节解剖特征或不同的软组织张力的人群, 其可以弥补模板和假体分布等 UKA 股骨假体型号预测方法的不足。Yang 等^[25]首次提出了通过 MRI 预测 UKA 股骨假体型号的方法, 并根据术后 X 线片与其所用的假体型号确定应使用的理想假体型号, 结果显示通过 MRI 预测的准确率为 90.3%, 且所有的预测结果均是可接受的, 准确率远高于 X 线模板法和性别结合身高的预测方法。其认为, 牛津 UKA 现有的股骨假体预测方法在不同人群中会产生不同的结果, 而通过 MRI 的精确预测方法适用于不同人群。但其预测方法对 MRI 的质量和摄片方法有较高要求, 此预测方法仍需要进一步的研究。

5 采用 3D 打印技术及数字化技术预测股骨假体型号

由于 X 线模板预测股骨假体型号的方法受精确的定位及准确解剖标志等因素的影响较大, 二维的 X 线片可能无法真实反映三维的膝关节解剖模型, 3D 打印技术及数字化技术被认为是未来进一步的发展方向, 其可以提高 UKA 中股骨假体型号选择的准确性。秦宇航等^[39]比较了通过三维化数字模型和术前 X 线片预测第三代 Oxford UKA 股骨假体型号的准确率, 结果显示数字组准确率为 91.43%, 远高于 X 线模板的 71.43%。其认为 CT 三维重建膝关节三维模型可以去除肌肉及软组织, 保留骨赘和骨骼特征, 在三维模型上进行实测并模拟手术, 初步了解假体的安放位置、角度及假体的型号, 能够提高术者在手术过程中对假体使用的精准度。但其研究仅比较术前与术中预测结果的一致性, 并未通过术后 X 线片判断术中股骨假体型号的准确性。Fawzy 等^[20]认为数字化技术并不可靠, 有时甚至会对术者产生误导, 因此尽管 X 线模板

在传统射线照相系统中是可靠的,但它可能不适用于数字系统。Batailler 等^[40]首次研究了机器人辅助技术与传统手术技术预测 UKA 假体型号的准确性,研究结果显示传统手术预测 UKA,股骨和胫骨假体在后方的覆盖不足的发生率更高,其认为这是由于术者担心假体型号过大会导致软组织撞击、持续疼痛和功能不佳的结果。假体覆盖的不足主要集中在后方,传统的手术器械很难进行评估而 UKA 中较小的手术暴露也会影响外科医生对假体型号的判断。其认为术前结合 CT 扫描的机器人辅助技术可以更准确地确定 UKA 的假体型号。顾飞等^[41]研究显示通过术前预测的膝关节 CT 及 MRI 数据进行个性化重建,可以增加预测假体大小的准确性、模拟手术操作。Jones 等^[42]描述了 3D 打印技术在 UKA 中的应用,其认为 3D 打印技术能提高 UKA 术中假体选择的准确性。

6 小结

目前有多种对于 UKA 股骨假体型号的预测方法,但各种方法的准确性仍然存在争议。基于性别结合身高及股骨胫骨最佳匹配关系的预测方法受种族人群差异影响较大,大多数研究者认为基于不同种族的人群应有不同的假体算法。基于鞋码的预测方法尚在其他人群中进行研究,此方法是否适用于不同人群仍需进一步研究。对于使用最多的 X 线模板预测的方法,其准确性受 X 线片的质量及观察者的经验影响较大。而基于 MRI 的预测方法对 MRI 拍摄方法和质量有较高要求。3D 打印技术及机器人辅助技术的方法被认为是未来进一步的研究方向,其可以提高 UKA 术中假体安置位置的准确性^[43-45],但对其预测假体型号准确性的研究较少,仍有待进一步研究。

参考文献

- [1] GOODFELLOW J, O'CONNOR J, MURRAY D W. The Oxford meniscal unicompartmental knee[J]. The Journal of Knee Surgery, 2002, 15(4): 240-246.
- [2] MURRAY D W, GOODFELLOW J W, O'CONNOR J J. The Oxford medial unicompartmental arthroplasty: a ten-year survival study[J]. The Journal of Bone and Joint Surgery, British Volume, 1998, 80(6): 983-989.
- [3] LISOWSKI L A, VAN DEN BEKEROM M P, PILOT P, et al. Oxford phase 3 unicompartmental knee arthroplasty: medium-term results of a minimally invasive surgical procedure[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA, 2011, 19(2): 277-284.
- [4] THIENPONT E. Conversion of a unicompartmental knee arthroplasty to a total knee arthroplasty: can we achieve a primary result? [J]. The Bone & Joint Journal, 2017, 99-b (1 Supple A): 65-69.
- [5] HAUGHOM B D, SCHAIRER W W, HELLMAN M D,

- et al. An analysis of risk factors for short-term complication rates and increased length of stay following unicompartmental knee arthroplasty[J]. HSS Journal: the Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery, 2015, 11(2): 112-116.
- [6] KORT N P, VAN RAAIJ J J, CHEUNG J, et al. Analysis of Oxford medial unicompartmental knee replacement using the minimally invasive technique in patients aged 60 and above: an independent prospective series[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA, 2007, 15(11): 1331-1334.
- [7] MARIANI E M, BOURNE M H, JACKSON R T, et al. Early failure of unicompartmental knee arthroplasty[J]. The Journal of Arthroplasty, 2007, 22(6 Suppl 2): 81-84.
- [8] CHAU R, GULATI A, PANDIT H, et al. Tibial component overhang following unicompartmental knee replacement: does it matter? [J]. The Knee, 2009, 16(5): 310-313.
- [9] GULATI A, CHAU R, SIMPSON D J, et al. Influence of component alignment on outcome for unicompartmental knee replacement[J]. The Knee, 2009, 16(3): 196-199.
- [10] VOSS F, SHEINKOP M B, GALANTE J O, et al. Miller-Galante unicompartmental knee arthroplasty at 2-to 5-year follow-up evaluations[J]. The Journal of Arthroplasty, 1995, 10(6): 764-771.
- [11] HERNIGOU P, DESCHAMPS G. Alignment influences wear in the knee after medial unicompartmental arthroplasty[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2004, 423: 161-165.
- [12] KIM K T, LEE S, KIM T W, et al. The influence of post-operative tibiofemoral alignment on the clinical results of unicompartmental knee arthroplasty[J]. Knee Surgery & Related Research, 2012, 24(2): 85-90.
- [13] SEKIGUCHI K, NAKAMURA S, KURIYAMA S, et al. Effect of tibial component alignment on knee kinematics and ligament tension in medial unicompartmental knee arthroplasty[J]. Bone & Joint Research, 2019, 8(3): 126-135.
- [14] FORAN J R, BROWN N M, DELLA VALLE C J, et al. Long-term survivorship and failure modes of unicompartmental knee arthroplasty[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2013, 471(1): 102-108.
- [15] PRICE A J, O'CONNOR J J, MURRAY D W, et al. A history of Oxford unicompartmental knee arthroplasty[J]. Orthopedics, 2007, 30(5 Suppl): 7-10.
- [16] 郭万首. 单髁关节置换术影像学评价[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2015, 9(5): 640-643.
- [17] NG J P, FAN J C H, LAU L C M, et al. Can accuracy of component alignment be improved with Oxford UKA microplasty instrumentation? [J]. Journal of Orthopaedics Surgery and Research, 2020, 15(1): 354.
- [18] TU Y, XUE H, MA T, et al. Superior femoral component alignment can be achieved with Oxford microplasty in-

- strumentation after minimally invasive unicompartmental knee arthroplasty[J]. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 2017, 25(3):729-735.
- [19] KIM G H, PARK B Y, BAE T Y, et al. Implant overhang after unicompartmental knee arthroplasty: Oxford prosthesis versus Miller-Galante II prosthesis[J]. *Knee Surgery & Related Research*, 2014, 26(2):82-87.
- [20] FAWZY E, PANDIT H, JENKINS C, et al. Determination of femoral component size in unicompartmental knee replacement[J]. *The Knee*, 2008, 15(5):403-406.
- [21] TU Y, XUE H, CAI M, et al. Improvement of femoral component size prediction using a C-arm intensifier guide and our established algorithm in unicompartmental knee arthroplasty: a report from a Chinese population[J]. *The Knee*, 2014, 21(2):435-438.
- [22] MALHOTRA R, GABA S, WAHAL N, et al. Femoral component sizing in Oxford unicompartmental knee replacement: existing guidelines do not work for Indian patients[J]. *The Journal of Knee Surgery*, 2019, 32(3):205-210.
- [23] KASIS A G, PACHECO R J, HEKAL W, et al. The precision and accuracy of templating the size of unicondylar knee arthroplasty[J]. *The Knee*, 2004, 11(5):395-398.
- [24] BOTHRA V, LEMON G, LANG D, et al. Reliability of templating in estimating the size of uni-condylar knee arthroplasty[J]. *The Journal of Arthroplasty*, 2003, 18(6):780-783.
- [25] YANG C P, LAI Y C, WU C T, et al. Using MRI measurement to improve accuracy of femoral component sizing in oxford unicompartmental knee arthroplasty[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2021, 10(18):1518-1523.
- [26] 薛华明, 蔡珉巍, 马童, 等. 基于国人 205 例 Oxford3 代单髁置换假体尺寸的临床研究[J]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2013, 7(4):454-458.
- [27] 祁家龙, 尹宗生, 马广文. 股骨内髁参数对单髁置换中截骨及假体设计的参考意义[J]. *中国组织工程研究*, 2016, 20(9):1221-1226.
- [28] LUSTIG S, BARBA N, MAGNUSSEN R A, et al. The effect of gender on outcome of unicompartmental knee arthroplasty[J]. *The Knee*, 2012, 19(3):176-179.
- [29] WANG W, TSAI T Y, YUE B, et al. Posterior femoral condylar offsets of a Chinese population[J]. *The Knee*, 2014, 21(2):553-556.
- [30] FAN L, XU T, LI X, et al. Morphologic features of the distal femur and tibia plateau in Southeastern Chinese population: a cross-sectional study[J]. *Medicine*, 2017, 96(46):e8524.
- [31] WANG F X, XUE H M, MA T, et al. Prosthesis size distribution in Oxford phase III unicompartmental knee arthroplasty: based on more than 1 900 Chinese patients[J]. *Journal of Orthopaedics*, 2021, 25:230-236.
- [32] CRAWFORD D A, HURST J M, MORRIS M J, et al. Validation of gender and height predicting femoral size of the Oxford unicondylar knee arthroplasty: a simplified method[J]. *Surgical Technology International*, 2019, 35:349-354.
- [33] 杨伟铭, 吴柯柯, 曹学伟. 276 例 Oxford 3 代单髁置换假体型号的研究[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2018, 26(8):47-51.
- [34] OZDEN H, BALCI Y, DEMIRÜSTÜ C, et al. Stature and sex estimate using foot and shoe dimensions[J]. *Forensic science International*, 2005, 147(2/3):181-184.
- [35] KOUCHI M. Inter-generation differences in foot morphology: aging or secular change? [J]. *Journal of Human Ergology*, 2003, 32(1):23-48.
- [36] GILES E, VALLANDIGHAM P H. Height estimation from foot and shoeprint length[J]. *Journal of Forensic Sciences*, 1991, 36(4):1134-1151.
- [37] GORDON C C, BUIKSTRA J E. Linear models for the prediction of stature from foot and boot dimensions[J]. *Journal of Forensic Sciences*, 1992, 37(3):771-782.
- [38] SAWALHA S, PASAPULA C, COLEMAN N. An alternative method for predicting size of femoral component of Oxford partial knee replacement[J]. *The Surgeon: Journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland*, 2012, 10(5):257-259.
- [39] 秦宇航, 裴晓东, 李锐, 等. 数字化技术在预测膝关节单髁置换术假体型号中的应用[J]. *基层医学论坛*, 2020, 24(16):2227-2229.
- [40] BATAILLER C, BORDES M, LORDING T, et al. Improved sizing with image-based robotic-assisted system compared to image-free and conventional techniques in medial unicompartmental knee arthroplasty[J]. *The Bone & Joint Journal*, 2021, 103-b(4):610-618.
- [41] 顾飞, 姚庆强, 刘帅, 等. 3D 打印截骨导板在膝关节单髁置换术中的应用[J]. *中国数字医学*, 2020, 15(6):97-100.
- [42] JONES G G, CLARKE S, JAERE M, et al. 3D printing and unicompartmental knee arthroplasty [J]. *EFORT Open Reviews*, 2018, 3(5):248-253.
- [43] BATAILLER C, WHITE N, RANALDI F M, et al. Improved implant position and lower revision rate with robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty [J]. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 2019, 27(4):1232-1240.
- [44] BELL S W, ANTHONY I, JONES B, et al. Improved accuracy of component positioning with robotic-assisted unicompartmental knee arthroplasty: data from a prospective, randomized controlled study[J]. *The Journal of Bone and Joint Surgery: American Volume*, 2016, 98(8):627-635.
- [45] CITAK M, SUERO E M, CITAK M, et al. Unicompartmental knee arthroplasty: is robotic technology more accurate than conventional technique? [J]. *The Knee*, 2013, 20(4):268-271.