

· 临床论著 ·

## 全髋关节置换髋臼假体预测模型建立与验证<sup>△</sup>

邹泽辉, 李晓峰\*, 刘序强, 李伟华, 周馨涛

(南昌大学第一附属医院骨科, 江西南昌 330000)

**摘要:** [目的] 建立一个多元线性方程预测全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 术中所使用的髋臼假体直径 (外径)。[方法] 2019 年 3 月—2022 年 11 月在本院行 THA 的 182 例 (182 髋) 患者纳入本研究。对实际使用髋臼假体直径与患者生理测量参数行 Pearson 相关性分析, 以髋臼假体外径为因变量, 患者生理参数为自变量, 建立多元线性回归方程。将验证队列的数据代入多元线性方程所得到的预测髋臼假体直径与实际所用的髋臼假体直径相比, 评估预测方程的准确性。[结果] Pearson 相关分析表明, 髋臼假体外径与身高 ( $r=0.653, P<0.001$ )、体重 ( $r=0.627, P<0.001$ )、足长 ( $r=0.633, P<0.001$ ) 呈显著正相关, 而与年龄无显著相关性 ( $P>0.05$ )。多元线性回归得预测方程:  $Y$  (髋臼假体直径 mm) =  $20.702 + 0.465 \times$  足长 (cm) +  $0.090 \times$  身高 (cm) +  $0.086 \times$  体重 (kg)。该方程预测在一个尺寸之内假体的准确率为 70.9%, 预测在两个尺寸之内假体的准确率为 90.9%。[结论] 人体测量数据能够准确预测 THA 中髋臼假体直径。

**关键词:** 全髋关节置换术, 髋臼假体, 多元线性回归, 预测模型, 人体测量数据

**中图分类号:** R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 13-1169-05

**Establishment and verification of acetabular component prediction model for total hip arthroplasty // ZOU Ze-hui, LI Xiao-feng, LIU Xu-qiang, LI Wei-hua, HOU Xin-tao. The First Affiliated Hospital, Nanchang University, Nanchang 330000, China**

**Abstract: [Objective]** To establish a multivariate linear equation to predict the acetabular component diameter (external diameter) of used in total hip arthroplasty (THA). **[Methods]** A total of 182 patients (182 hip patients) who underwent THA in our hospital from March 2019 to November 2022 were included in this study. Pearson correlation analysis was performed on in outer diameter of acetabular component and physiological measurement parameters of patients. Multiple linear regression equations were established with the outer diameter of acetabular prosthesis as the dependent variable, while the physiological parameters of patients as the independent variable. The accuracy of the predicted acetabular outer diameter obtained by substituting the data from the validation cohort into the multivariate linear equation was compared with the actual acetabular outer diameter. **[Results]** Pearson correlation analysis showed that the acetabular outer diameter was significantly positive correlated to the body height ( $r=0.653, P<0.001$ ), body weight ( $r=0.627, P<0.001$ ), foot length ( $r=0.633, P<0.001$ ), but no significant correlation with age ( $P>0.05$ ). The prediction equation obtained by multiple linear regression was as follows:  $Y$  (outer diameter of acetabular component, mm) =  $20.702 + 0.465 \times$  foot length (cm) +  $0.090 \times$  height (cm) +  $0.086 \times$  body weight (kg). The accuracy of the equation was 70.9% in predicting the prosthesis within difference in one size and 90.9% in predicting the prosthesis within difference in two sizes. **[Conclusion]** The anthropometric data can accurately predict the outer diameter of acetabular component in THA.

**Key words:** total hip arthroplasty, acetabular prosthesis, multiple linear regression, predictive model, anthropometric data

全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 是 21 世纪临床最成功的手术之一, 具有减轻患侧髋部疼痛、恢复髋关节运动功能的作用, 是治疗髋部晚期疾病的最佳手术方式<sup>[1, 2]</sup>, 伴随着人口老龄化加剧, 在一定年龄范围内 THA 的需求会越来越大<sup>[3-5]</sup>。适当的术前规划以及术前预测模型可以减少手术并发症, 并提高手术效率<sup>[6]</sup>。THA 目前的术前规划是对患者

的双髋关节行三维 CT 薄层扫描, 将数据在横断面、冠状面和矢状面上选取对应区域进行图像的精细分割, 建立双侧三维立体模型, 再进行术前规划<sup>[7]</sup>, 这不仅增加了患者的经济负担和医院的工作量, 也限制了工作效率, 不易于推广。如果供应链中存在效率低下的问题, 就必须调动更多的资源去满足每种情况下各种规模的潜在需求<sup>[8]</sup>。相比之下, 诸如身高、体

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100460

<sup>△</sup>基金项目: 国家基金资助项目 (编号: 82260180)

作者简介: 邹泽辉, 研究生在读, 研究方向: 骨科, (电子信箱) zzh18379679171@163.com

\* 通信作者: 李晓峰, (电子信箱) doctorli00001@163.com

重、足长等人体测量数据是很容易获得的，并且可以在手术之前进行。Murphy 等<sup>[9]</sup>报道，通过人口统计学数据得出 THA 中假体预测模型，并且验证该模型具有一定的准确性，但预测髌臼假体模型的研究仍然很少。Rehman 等<sup>[10]</sup>则报道，在全部膝关节置换术中，鞋子尺码与膝关节置入物尺寸之间存在很强的正相关。这可以让外科医生在没有术前规划的情况下有把握地预测置入物的大小。而本研究将足长纳入 THA 中，希望能够通过减小鞋码带来的误差，建立更为准确的预测模型。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 初次接受全髋关节置换；(2) 非复杂的全髋关节置换；(3) 无足部手术史；(4) 成年以后至术前的足长未发生变化。

排除标准：(1) 接受髋关节翻修手术；(2) 髋部畸形，如髋发育不良；(3) 足部畸形；(4) 下肢不等长，或成角畸形。

### 1.2 一般资料

根据上述纳入与排除标准，2019 年 3 月—2022 年 11 月在本院行 THA 的 182 例 (182 髋) 患者纳入本研究。其中 31 例采用直接前方入路 (direct anterior approach, DAA)，151 例采用后外侧入路 (posterolateral approach, PLA)。男 80 例，女 102 例，年龄 17~93 岁，平均 (63.8±16.5) 岁。本研究经医院伦理委员会审批，所有患者术前均签署知情同意书。

### 1.3 参数采集

选取南昌大学第一附属医院行初次全髋关节置换术的 182 例患者，术前测量所有患者的身高、体重和足长。身高和体重测量在同一身高体重测量仪进行 (图 1a, 1b)。足长定义为从脚后跟后部到最长 (第一或第二足趾) 趾尖的最大距离<sup>[11]</sup>，用足长测量器测量患者的赤脚足长 (图 1c)。收集患者的性别、年龄等一般资料，记录术中髋关节置换所使用的髌臼假体直径 (mm)。

### 1.4 手术方法

DAA 组：麻醉成功，患者取平卧位，取患髋前侧切口，逐层切开皮肤、皮下组织及浅筋膜，切开阔筋膜，浅层沿阔筋膜张肌与缝匠肌肌间隙进入，深层沿股直肌与股外侧肌间隙进入。T 形切开发节囊，显露股骨头颈，摆锯截骨，髌臼锉磨锉去除髌臼软骨，直至关节面露出松质骨并明显出血为止，安装合适的髌臼假体。股骨依次扩髓，满意后安装假体股骨柄，

安装股骨头，髋关节复位，检查松紧度等情况，氨甲环酸冲洗，放置引流管 1 根，逐层缝合切口。

PLA 组：麻醉成功，患者取健侧卧位，患髋朝上，以患侧大转子体表为中心，取关节后外侧切口，逐层切开皮肤、皮下组织及浅筋膜，切开阔筋膜，切断臀大肌股骨止点，于大转子附着点切断梨状肌、上下孖肌、闭孔内肌，显露患侧髋关节。摆锯截骨，髌臼锉依次磨锉髌臼关节面，直至关节面露出松质骨并明显出血为止，安装合适的髌臼假体，股骨依次扩髓，满意后安装假体股骨柄，安装股骨头，髋关节复位，检查松紧度等情况，氨甲环酸冲洗，放置引流管 1 根，逐层缝合切口。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示，计数资料以频数表示。对身高、体重、性别、足长、手术入路、年龄与髌臼假体直径进行 *Pearson* 相关性分析，将全队列患者应用 SPSS 进行随机分组 (7:3) 成训练队列和验证队列，在训练队列中以患者的身高 (cm)、体重 (kg)、足长 (cm)、性别和年龄等为自变量，髌臼假体直径 (mm) 为因变量进行多元逐步线性回归 (采用  $P < 0.05$  为选入， $P > 0.10$  为移出标准的 Stepwise 法)，最终得出一个基于足长、身高、体重为自变量，髌臼假体直径为因变量的多元线性方程，这个方程的拟合度为最高。在验证队列中使用该公式来确定预测模型在一系列置入物尺寸的准确性。

## 2 结果

### 2.1 人体参数与髌臼尺寸的单因素相关分析

将人体参数与髌臼假体直径行 *Pearson* 相关分析，结果显示，手术入路、年龄与术中所使用的髌臼假体直径无显著相关性 ( $P > 0.05$ )。而身高、体重、足长、性别与术中所使用的髌臼假体直径呈显著正相关 ( $P < 0.05$ )，结果如表 1 所示。

表 1. 髌臼尺寸与人体参数的 *Pearson* 相关分析结果

Table 1. *Pearson* correlation analysis of acetabulum size with human parameters

参数	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
身高	0.653	<0.001
体重	0.627	<0.001
性别	0.278	0.002
足长	0.633	<0.001
年龄	-0.140	0.117

## 2.2 人体测量参数与髋臼尺寸的多元回归及预测公式建立

以髋臼假体直径为因变量，其他因素为自变量行多元逐步回归分析，采用  $P < 0.05$  为选入， $P > 0.10$  为移出标准的 Stepwise 法，第 1 步自变量“身高”入选，复合相关系数  $R = 0.653$ ；第 2 步自变量“体重”

入选， $R = 0.703$ ；第 3 步自变量“足长”入选， $R = 0.718$ ；多元线性逐步回归分析结果见表 2，多元线性逐步回归方程为： $Y$ （髋臼杯假体大小直径 mm）=  $20.702 + 0.465 \times \text{足长（cm）} + 0.090 \times \text{身高（cm）} + 0.086 \times \text{体重（kg）}$ 。

表 2. 髋臼尺寸与人体参数的多元逐步回归分析

Table 2. Multiple stepwise regression analysis of acetabular size and body parameters

自变量	回归系数 B	标准误 SE	标准化回归系数	t 值	P 值
常数项	20.702	4.003	-	5.172	<0.001
足长	0.465	0.038	0.256	2.342	0.020
身高	0.090	0.024	0.309	3.625	0.021
体重	0.086	0.197	0.244	2.359	<0.001

## 2.3 预测髋臼与实际髋臼的符合率

多元线性逐步回归方程预测在一个尺寸差的髋臼假体的准确率为 70.9%，预测两个尺寸差髋臼假体的准确率为 90.9%。例如置入物供应商或者手术医生根

据患者的人体测量数据预测出患者术中置入的髋臼假体直径大小是 53.7 mm，实际所使用的为 52 mm，相差值 1.7 mm，其为预测准确。如图 1 所示。



图 1. 患者男性，65 岁。1a: 患者身高测量值为 167 cm；1b: 患者体重测量值为 71 kg；1c: 患者足长测量值为 25.5 cm；1d: 术中所使用的髋臼假体直径为 52 mm。利用多元线性回归方程计算预测髋臼假体直径 (mm) =  $20.702 + 0.465 \times 25.5 + 0.09 \times 167 + 0.086 \times 71 = 53.695$ 。而实际所使用的髋臼假体直径为 52 mm，相差 1.695 mm。

Figure 1. A 65-years-old male. 1a: The measured height of the patient is 167 cm; 1b: The measured weight of the patient is 71 kg; 1c: The measured foot length of the patient is 25.5 cm; 1d: The diameter of the acetabular prosthesis used during the surgery is 52 mm. Using multiple linear regression equations to calculate and predict acetabular component diameter (mm) =  $20.702 + 0.465 \times 25.5 + 0.09 \times 167 + 0.086 \times 71 = 53.695$ . The actual diameter of the acetabular prosthesis used is 52 mm, with a difference of 1.695 mm.

## 3 讨论

人体测量学变量包括身高、体重、足长是 THA 置入髋臼假体大小的预测因素，既往已有研究表明，鞋子尺码、身高、体重、性别、年龄与膝关节假体、髋关节假体的大小有相关性<sup>[12, 13]</sup>。但据作者所知，目前尚未有研究将足长纳入预测模型中，本研究将足长纳入研究，减小了鞋子尺码所带来的误差，可以使预测模型更为精确。本研究发现，足长与术中所使用

的髋臼假体大小的关联程度最大，其次为身高、体重，说明足长为影响髋臼假体大小的最大系数。而在之前的法医工作中，可以用足长和鞋子尺码去预测受害者的性别和身高，这说明足长是人身体的骨性结构，能在一定程度上代表人身材的骨架，换言之在一定程度上，足长可能能够代表髋臼的大小<sup>[14-18]</sup>。实践中可以很方便地测量患者的足长、身高、体重，运用这一公式可以帮助医师术前预测术中所使用的髋臼假体的大小，一定程度上提高运作效率。本研究中髋臼假体的大小统一采用髋臼假体的外径 (mm) 来表

示,以标准化多个厂家的髌臼假体大小,使得预测方程更具有普适性。既往的术前规划可以根据患者双髌关节X线片以及髌关节CT,然后根据特殊的术前规划软件进行规划<sup>[19, 20]</sup>,这无疑增加了患者的经济负担以及医院的工作量,利用简单的人体测量数据同样可以达到好的规划效果<sup>[21]</sup>。此外多元线性回归 $R^2$ 是一种用于计算多元线性回归模型拟合度的指标,它是多元线性回归分析中最重要的验证统计量之一,可以评价多元线性回归模型的整体拟合度<sup>[22]</sup>。本研究中决定系数 $R^2$ 为0.516,说明髌臼杯直径变化的51.6%可由身高、体重、足长的变化来解释。 $R^2$ 取值一般为0~1,本研究中 $R^2$ 为0.516,说明仍有一部分因素可能没纳入。有几个原因能够解释:(1)本研究中最终选择安装髌臼杯的大小标准是在术中髌臼杯放置的角度为外展 $30^\circ\sim 45^\circ$ ,前倾 $15^\circ\sim 20^\circ$ 的前提下,用髌臼锉打磨髌臼,直至髌臼锉打磨至软骨下出血,马蹄窝磨平,髌臼前壁和后壁厚度适中,最终确定安装髌臼假体的大小<sup>[23, 24]</sup>。而本研究也是纳入了多个手术医生,因为考虑到手术医生放置髌臼假体的标准是相同的,但是不同医生的手术风格可能不同,这可能会对最终安装的髌臼假体具有一定干扰,这可能是降低方程拟合度的原因之一。但是同样增加了这个方程的普适性;(2)疾病病种不同也有可能影响术中髌臼假体的大小。比如股骨头坏死和股骨颈骨折,股骨头坏死的髌臼有变形,而股骨颈骨折的髌臼一般没有变形,比如同样足长、身高、体重和性别相同的患者,1例患股骨颈骨折,另1例患股骨头坏死,但是实际所放置的髌臼假体大小可能并不相同。同样毛宾尧等<sup>[25]</sup>指出,髌关节发育不良的患者实际所需要的髌臼假体相较于正常患者所需要的髌臼假体可能更小,因为直径较小的白杯有利于初期压配稳定。所以未来可以根据多个病种建立拟合度更高的预测模型。

本研究仍有一定的局限性,一是纳入样本量较少,二是为单中心研究,未来应该纳入更大的样本量并且多中心进行研究,以得出更为准确的预测模型。

总之利用足长、身高、体重,通过建立一个多元线性回归方程,可以准确预测髌关节置换术中的髌臼假体大小,提高了运作效率,一定程度上减轻了潜在的经济负担。

#### 参考文献

[1] Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement [J]. *Lancet*, 2007, 370 (9597): 1508-1519.

DOI: 10.3390/jcm12103439.

- [2] Courpied JP, Caton JH. Total hip arthroplasty, state of the art for the 21st century [J]. *Int Orthop*, 2011, 35 (2): 149-150. DOI: 10.1007/s00264-011-1207-9.
- [3] Papalia R, Zampogna B, Torre G, et al. Preoperative and perioperative predictors of length of hospital stay after primary total hip arthroplasty—our experience on 743 cases [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (21): 5053. DOI: 10.3390/jcm10215053.
- [4] Gullberg B, Johnell O, Kanis JA. World-wide projections for hip fracture [J]. *Osteoporos Int*, 1997, 7 (5): 407-13. DOI: 10.1007/pl00004148.
- [5] Keswani A, Koenig KM, Ward L, et al. Value-based Healthcare: part 2—Addressing the obstacles to implementing integrated practice units for the management of musculoskeletal disease [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2016, 474 (11): 2344-2348. DOI: 10.1007/s11999-016-5064-0.
- [6] Kniessel B, Konstantinidis L, Hirschmüller A, et al. Digital templating in total knee and hip replacement: an analysis of planning accuracy [J]. *Int Orthop*, 2014, 38 (4): 733-739. DOI: 10.1007/s00264-013-2157-1.
- [7] 杨滨, 张克, 袁亮, 等. 三维术前规划在全髌关节置换术中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (7): 653-656. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.16.
- Yang B, Zhang K, Yuan L, et al. Application of three-dimensional preoperative planning in total hip arthroplasty [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (7): 653-656. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.16.
- [8] Blevins JL, Rao V, Chiu YF, et al. Predicting implant size in total knee arthroplasty using demographic variables [J]. *Bone Joint J*, 2020, 102-B (6\_Supple\_A): 85-90. DOI: 10.1302/0301-620X.102B6.BJJ-2019-1620.R1.
- [9] Murphy MP, Boubekri AM, Myall JJ, et al. Demographic data reliably predicts total hip arthroplasty component size [J]. *J Arthroplasty*, 2022, 37 (8S): S890-S894. DOI: 10.1016/j.arth.2022.01.051.
- [10] Rehman H, MacDonald DRW, Smith M, et al. A novel technique for estimating component sizes in total knee arthroplasty [J]. *Int J Surg*, 2018, 52 (null): 7-10. DOI: 10.1016/j.ijvs.2018.01.048.
- [11] Ozden H, Balci Y, Demirtüstü C, et al. Stature and sex estimate using foot and shoe dimensions [J]. *Forensic Sci Int*, 2005, 147 (2-3): 181-4. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.09.072.
- [12] van Egmond JC, Verburg H, Hesselting B, et al. The correlation of shoe size and component size of primary total knee arthroplasty [J]. *J Knee Surg*, 2020, 33 (3): 260-264. DOI: 10.1055/s-0039-1677841.
- [13] Castagnini F, Bordini B, Cosentino M, et al. Age and sex influence the use of modular femoral components in total hip arthroplasty performed for primary osteoarthritis [J]. *J Clin Med*, 2023, 12 (3): 984. DOI: 10.3390/jcm12030984.
- [14] Kanchan T, Menezes RG, Lobo SW, et al. Forensic anthropology population data: stature estimation from foot measurements—com-

- parison of error in sex dependent and independent models [J]. Forensic Sci Int, 2010, 194 (1-3) : e29. DOI: 10.1016/j.forsciint.2009.08.021.
- [15] Zeybek G, Ergur I, Demiroglu Z. Stature and gender estimation using foot measurements [J]. Forensic Sci Int, 2008, 181 (1-3) : 54. e1-5. DOI: 10.1016/j.forsciint.2008.08.003.
- [16] Agnihotri AK, Purwar B, Googoolye K, et al. Estimation of stature by foot length [J]. J Forensic Leg Med, 2007, 14 (5) : 279-283. DOI: 10.1016/j.jcfm.2006.10.014.
- [17] Sen J, Ghosh S. Estimation of stature from foot length and foot breadth among the Rajbanshi: an indigenous population of North Bengal [J]. Forensic Sci Int, 2008, 181 (1-3) : 55. e1-6. DOI: 10.1016/j.forsciint.2008.08.009.
- [18] Krishan K. Estimation of stature from footprint and foot outline dimensions in Gujjars of North India [J]. Forensic Sci Int, 2008, 175 (2-3) : 93-101. DOI: 10.1016/j.forsciint.2007.05.014.
- [19] Kumar PG, Kirmani SJ, Humberg H, et al. Reproducibility and accuracy of templating uncemented THA with digital radiographic and digital TraumaCad templating software [J]. Orthopedics, 2009, 32 (11) : 815. DOI: 10.3928/01477447-20090922-08.
- [20] Holzer LA, Scholler G, Wagner S, et al. The accuracy of digital templating in uncemented total hip arthroplasty [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2019, 139 (2) : 263-268. DOI: 10.1007/s00402-018-3080-0.
- [21] Sershon RA, Li J, Calkins TE, et al. Prospective validation of a demographically based primary total knee arthroplasty size calculator [J]. J Arthroplasty, 2019, 34 (7) : 1369-1373. DOI: 10.1016/j.arth.2019.02.048.
- [22] 姚婷婷, 马晓茜, 王梓桓. 基于多元线性回归模型和碳平衡的 CO2 排放量简便算法 [J]. 环境污染与防治, 2017, 39 (11) : 1264-1267. DOI: 10.15985/j.cnki.1001-3865.2017.11.021.
- Yao TT, Ma XQ, Wang ZH. A simple algorithm for CO2 emissions based on multiple linear regression model and carbon balance [J]. Environmental Pollution and Control, 2017, 39 (11) : 1264-1267. DOI: 10.15985/j.cnki.1001-3865.2017.11.021.
- [23] 张其亮, 任国清, 周健, 等. 直接前入路与后外侧入路全髋关节置换术的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (17) : 1548-1552. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.17.03.
- Zhang QL, Ren GQ, Zhou J, et al. Comparison of direct anterior and posterior lateral approaches for total hip arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (17) : 1548-1552. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.17.03.
- [24] 杨伟民, 孟庆奇, 王敏, 等. 三种手术入路全髋关节置换术的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (15) : 1375-1379. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.15.07.
- Yang WM, Meng QQ, Wang M, et al. Comparison of three surgical approaches for total hip arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2018, 26 (15) : 1375-1379. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.15.07.
- [25] 毛宾尧, 黄涛. 髋关节发育不良的全髋关节置换 [J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15 (3) : 193-196.
- Mao BY, Huang T. Total hip replacement for hip dysplasia [J]. Orthopedic Journal of China, 2007, 15 (3) : 193-196.

(收稿:2023-06-30 修回:2023-12-13)

(同行评议专家: 张立峰, 付晓玲, 矢庆明)

(本文编辑: 闫承杰)

## 读者 · 作者 · 编者

### 关于本刊网站开放获取稿件下载相关事宜的公告

自 2024 年 4 月始, 本刊对部分优质稿件实行开放获取形式发表, 此方式得到了广大读作者的支持和好评。此类稿件目前只可在本刊网站免费获取全文, 暂不能在知网等数据库免费获取。欢迎广大读者登录本刊官方网站免费阅读、下载、引用。

敬请关注《中国矫形外科杂志》网站, <http://jxwk.ijournal.cn>

《中国矫形外科杂志》编辑部

2024 年 5 月 14 日