

# 胫骨冠状面弯曲导致全膝关节置换术后胫骨假体力线不良

吴鹏, 郎俊哲, 吴聪聪, 陈雷, 何莉莉  
(温州医科大学附属第一医院, 浙江 温州 325000)

**【摘要】** 目的: 探讨行全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)患者中胫骨冠状面弯曲对胫骨假体对线的影响。方法: 自 2019 年 7 月至 2021 年 4 月, 选取全膝关节置换术治疗的 100 例膝关节骨性关节炎患者, 术前摄下肢全长 X 线片并测量胫骨冠状面弯曲角度(tibial bowing angle, TBA), TBA $>2^{\circ}$ 为胫骨弯曲, 分为胫骨弯曲组和非弯曲组。胫骨弯曲组 40 例, 男 9 例, 女 31 例, 年龄 56~84(69.22 $\pm$ 7.10)岁; 非弯曲组 60 例, 男 19 例, 女 41 例, 年龄 51~87(70.80 $\pm$ 7.21)岁; 测量并比较两组患者术前胫骨长度(tibial length, TL)及胫骨平台内翻角(medial proximal tibial angle, MPTA)。术后 3 d~1 周再次摄下肢全长 X 线片, 测量并比较两组术后胫骨假体内侧角(tibial component coronal alignment angle, TCCA)以及胫骨假体力线不良率。采用 Pearson 法对 TCCA 与年龄、TCCA 与身高、TCCA 与体重、TCCA 与 BMI、TCCA 与 TBA、TCCA 与 TL 及 TCCA 与 MPTA 进行相关性分析; 采用 Spearman 法对 TCCA 与性别、TCCA 与 Kellgren-Lawrence(K-L)分级进行相关性分析。结果: 100 例患者均顺利完成手术并获得满意的术后站立位全长 X 线片。胫骨弯曲组与非弯曲组 TL、MPTA、TCCA 比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。胫骨弯曲组力线不良率为 22.5%, 非弯曲组力线不良率为 6.67%, 差异有统计学意义( $P<0.05$ )。相关性研究发现, TCCA 与 TBA 有强相关性( $r=-0.702, P<0.01$ ), 与 MPTA 存在较弱相关性( $r=0.311, P<0.01$ ), 与其余参数均无相关性( $P>0.05$ )。结论: 行全膝关节置换的膝关节骨性关节炎患者中胫骨弯曲会导致术后胫骨假体力线不良, 手术时需注意胫骨近端垂直胫骨机械轴截骨及假体正确安装, 以免假体力线不良。

**【关键词】** 胫骨; 关节成形术, 置换, 膝; 假体和植入物

中图分类号: R684.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.01.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Coronal curvature of tibial leads to malalignment of tibial prosthesis after total knee arthroplasty** WU Peng, LANG Jun-zhe, WU Cong-cong, CHEN Lei, and HE Li-li. The First Affiliated Hospital of Wenzhou University, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To investigate the effect of tibial coronal curvature on the alignment of tibial prosthesis in patients undergoing total knee arthroplasty (TKA). **Methods:** From July 2019 to April 2021, 100 patients with knee osteoarthritis were treated with total knee arthroplasty. Before operation, the full-length films of lower limbs were taken and the tibial bowing angle (TBA) was measured. TBA more than  $2^{\circ}$  was tibial bending, which was divided into tibial bending group and non bending group. There were 40 cases in tibial bending group, 9 males and 31 females, aged 56 to 84 years old with an average of (69.22 $\pm$ 7.10) years. There were 60 cases in the non bending group, 19 males and 41 females, aged from 51 to 87 years old with an average of (70.80 $\pm$ 7.21) years. The preoperative tibial length (TL) and medial proximal tibial angle (MPTA) were measured and compared between the two groups. The full-length X-rays of the lower limbs were taken again 3 days to 1 week after operation. The medial angle of the tibial component coronal alignment angle (TCCA) and the outlier rate of force line of the tibial prosthesis were measured and compared between the two groups. Pearson method was used to analyze the correlation between TCCA and age, TCCA and height, TCCA and weight, TCCA and BMI, TCCA and TBA, TCCA and TL, TCCA and MPTA; Spearman method was used to analyze the correlation between TCCA and gender, TCCA and Kellgren-Lawrence (K-L) grade. **Results:** All 100 patients successfully completed the operation and obtained satisfactory full-length X-rays in standing position. There was no significant difference in TL, MPTA and TCCA between bending group and non bending group ( $P>0.05$ ). The outlier rate of force line in tibial bending group was 22.5%, and that in non bending group was 6.67%, the difference was statisti-

基金项目: 温州市基础性科研项目(编号: Y20190275)

Fund program: Project of Wenzhou Science and Technology Bureau (No. Y20190275)

通讯作者: 何莉莉 E-mail: 676421236@qq.com

Corresponding author: HE Li-li E-mail: 676421236@qq.com

cally significant ( $P < 0.05$ ). The correlation study found that TCCA was strongly correlated with TBA ( $r = -0.702, P < 0.01$ ), weakly correlated with MPTA ( $r = 0.311, P < 0.01$ ), and had no correlation with other parameters ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** In patients with knee osteoarthritis undergoing total knee arthroplasty, tibial bending will lead to poor force line of tibial prosthesis. During operation, attention should be paid to osteotomy of proximal tibial vertical tibial mechanical axis and correct installation of prosthesis to avoid poor alignment of prosthesis.

**KEYWORDS** Tibia; Arthroplasty, replacement, knee; Prostheses and implants

良好的下肢力线是全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 追求的目标<sup>[1-3]</sup>。在冠状面上, 胫骨假体力线与机械轴角度超过  $3^\circ$  被认为力线不良<sup>[4-5]</sup> (outlier)。患有膝关节骨性关节炎的东亚人普遍存在胫骨弯曲, 有关胫骨弯曲对于假体力线影响的研究目前较少<sup>[6-10]</sup>。Yau 等<sup>[6]</sup>报道香港行 TKA 的患者中存在 32% 的胫骨冠状面弯曲, 模拟行髓内定位截骨, 结果发生 40% 的假体力线不良。检索相关文献, 笔者尚未发现有关胫骨弯曲对假体力线不良的研究。因此, 本文主要观察胫骨弯曲对胫骨假体植入准确性的影响, 同时, 分析导致胫骨假体植人力线不良的相关因素。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准: (1) 全膝关节骨性关节炎, Kellgren-Lawrence (K-L) 分级<sup>[11]</sup> III 级以上, 保守治疗无效。(2) 初次行关节置换者。(3) 内翻膝患者。排除标准: (1) 类风湿性关节炎, 创伤性关节炎, 以及解剖结构异常等疾病引起的继发性膝骨性关节炎。(2) 既往行股骨或胫骨截骨矫形患者。(3) 术前及术后全长 X 线片非旋转中立位, 影响影像测量者。(4) 既往有严重膝关节、手术侧股骨外伤或手术史者。(5) 术前存在严重屈曲挛缩畸形  $> 20^\circ$ , 会导致不可接受的测量误差者<sup>[12]</sup>。(6) 外翻膝与内翻膝存在明显的解剖差异<sup>[13-14]</sup>, 故亦予以排除。

### 1.2 临床资料

回顾性分析 2019 年 7 月至 2021 年 4 月行全膝关节置换术患者 100 例 (100 膝)。所有患者手术前后常规摄站立位全长 X 线片。在医院影像归档和通讯系统 (Picture Archiving and Communication Systems, PACS) 上, 通过 Image-Pro Plus 软件测量术前

胫骨冠状面弯曲角度 (tibial bowing angle, TBA)<sup>[10]</sup>, TBA 定义为距离胫骨平台 5 cm 和 10 cm 髓腔中点的连线与距离胫骨远端关节面 5 cm 和 10 cm 髓腔中点连线所成的夹角 (见图 1)。其中胫骨向外侧弯曲 (lateral bowing) 为正, 胫骨向内侧弯曲 (medial bowing) 为负。定义  $TBA > 2^\circ$  为胫骨弯曲, 将所有研究对象分为胫骨弯曲组和非弯曲组。胫骨弯曲组 40 例, 男 9 例, 女 31 例, 年龄 56~84 ( $69.22 \pm 7.10$ ) 岁; 身高 150~171 ( $159.13 \pm 5.83$ ) cm; 体重 45~85 ( $60.54 \pm 9.67$ ) kg; 体质量指数 (body mass index, BMI)  $17.26 \sim 35.38$  ( $23.91 \pm 3.62$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$ ; K-L 分级, III 级 12 例, IV 级 28 例。非弯曲组 60 例, 男 19 例, 女 41 例; 年龄 51~87 ( $70.80 \pm 7.21$ ) 岁, 身高 145~176 ( $159.57 \pm 7.07$ ) cm; 体重 40~90 ( $64.33 \pm 10.58$ ) kg; BMI  $17.26 \sim 35.38$  ( $25.23 \pm 3.71$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$ ; K-L 分级, III 级 20 例, IV 级 40 例。两组患者性别、年龄、身高、体重、BMI 及 K-L 分级比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性, 见表 1。本研究经本院伦理委员会审核同意 (批号: 2021R070)。

### 1.3 治疗方法

**1.3.1 手术方法** 两组患者均采用相同的治疗方式。采取全身麻醉, 麻醉成功后, 患者取仰卧位, 患肢大腿根部上止血带, 常规消毒铺巾。皮肤取患膝前正中切口, 逐层切开皮肤及筋膜, 行内侧髌旁入路, 于髌骨内侧进入进关节囊。清理膝关节腔后, 先行股骨截骨, 采用髓内定位的方式, 行  $6^\circ$  外翻及  $3^\circ$  外旋截骨。股骨远端截骨完成后, 在行胫骨截骨, 均采用髓外定位方式, 胫骨髓外定位点位于髌间前后棘中央, 胫骨前嵴及踝穴中心为下肢力线参照, 力线杆调整后固定截骨板, 后倾  $3^\circ$  完成胫骨截骨。胫骨截骨完成后, 测量伸膝间隙, 满意后再予以安装截骨板行股骨

表 1 胫骨弯曲组与非弯曲组患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative general data between tibial bending group and non bending group

| 组别    | 例数 | 性别 (例)           |    | 年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁) | 身高 ( $\bar{x} \pm s$ , cm) | 体重 ( $\bar{x} \pm s$ , kg) | BMI ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg}/\text{m}^2$ ) | K-L 分级 (例)       |      |
|-------|----|------------------|----|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--|------------------|------|
|       |    | 男                | 女  |                           |                            |                            |  | III 级            | IV 级 |
| 胫骨弯曲组 | 40 | 9                | 31 | $69.22 \pm 7.10$          | $159.13 \pm 5.83$          | $60.54 \pm 9.67$           | $23.91 \pm 3.62$                                 | 12               | 28   |
| 非弯曲组  | 60 | 19               | 41 | $70.80 \pm 7.21$          | $159.57 \pm 7.07$          | $64.33 \pm 10.58$          | $25.23 \pm 3.71$                                 | 20               | 40   |
| 检验值   |    | $\chi^2 = 1.000$ |    | $t = -1.077$              | $t = -0.328$               | $t = -1.814$               | $t = -1.762$                                     | $\chi^2 = 0.123$ |      |
| P 值   |    | 0.317            |    | 0.284                     | 0.744                      | 0.073                      | 0.081  | 0.726            |      |

前后髌截骨，全部截骨完成后安装试模测试屈伸间隙。屈伸测试满意，开始制备胫骨髓腔，无菌生理盐水脉压冲洗后，分别以骨水泥填充胫骨及股骨假体植入，夯实，骨水泥硬化后安装垫片。所有患者不置换髌骨，常规予以髌骨成形及去神经化。冲洗后充分止血，关闭切口，无菌敷料加压包扎并松止血带，不放置引流管。

**1.3.2 术后处理** 术后 1~2 d 床上行膝关节屈伸功能锻炼，第 3 天开始助步器帮助下地活动，术后 3 d~1 周摄膝关节站立位全长 X 线片。患者采用的假体为 Zimmer NexGen LPS (Zimmer, Warsaw, USA) 或 Stryker NRG (stryker, Kalamazoo, State of Michigan, USA)，根据手术当时患者的意愿、费用以及假体准备情况综合考虑选择。

**1.4 观察项目与方法**

在 PACS 系统上通过 Image-Pro Plus 软件，由第 1 作者测量术前胫骨长度 (tibial length, TL)<sup>[10]</sup>，胫骨平台内翻角 (medial proximal tibial angle, MPTA)<sup>[15]</sup> 以及术后的胫骨假体内侧角 (tibial component coronal alignment angle, TCCA)<sup>[16]</sup>。TL 为胫骨髌间棘中点至胫骨远端关节面的距离，MPTA 为胫骨平台切线与胫骨机械轴的内侧夹角，TCCA 为胫骨机械轴与胫骨假体下表面切线的内侧夹角 (见图 1)。胫骨假体力线与机械轴角度超过 3° 即为力线不良，统计比较力线不良率。最后，分析 TCCA 与各个指标的相

关性。

**1.5 统计学处理**

采用 IBM SPSS Statistics 19 软件包进行统计学分析。定量资料以均数±标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；定性资料比较采用  $\chi^2$  检验。两组力线不良率比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Pearson 法对 TCCA 与年龄、TCCA 与身高、TCCA 与体重、TCCA 与 BMI、TCCA 与 TBA、TCCA 与 TL 及 TCCA 与 MPTA 进行相关性分析，采用 Spearman 法对 TCCA 与性别、TCCA 与 K-L 分级进行相关性分析。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 影像学资料比较**

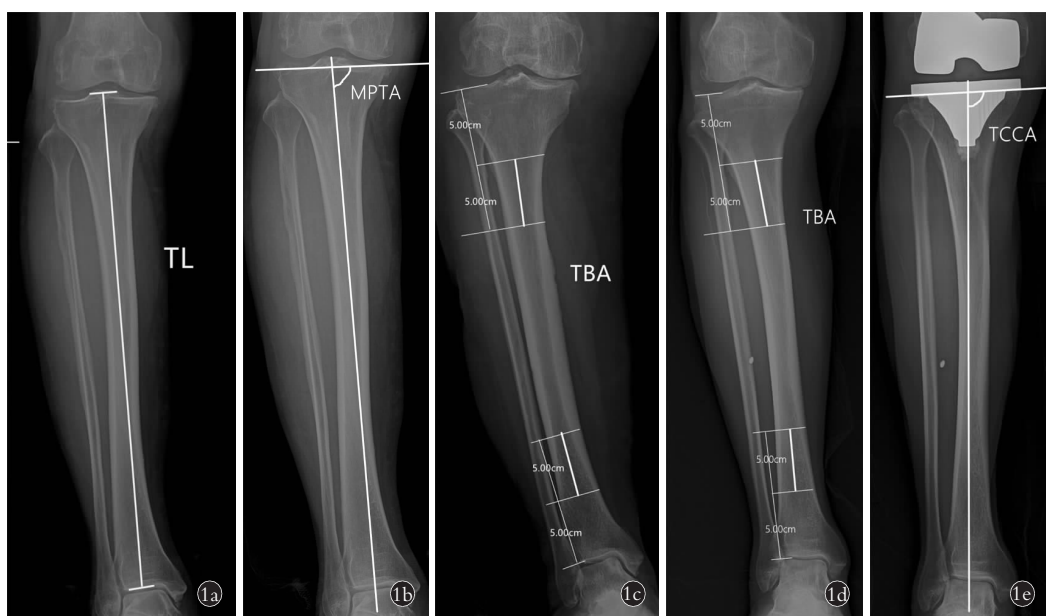
两组胫骨长度、MPTA 及 TCCA 比较差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)。见表 2。

**2.2 术后力线不良率比较**

所有研究对象中共有 13 例发生术后胫骨假体力线不良，力线不良率为 13%；弯曲组 9 例，力线不良率为 22.5%；非弯曲组 4 例，力线不良率为 6.67%；两组力线不良率比较差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 5.320, P < 0.05$ )。见表 3。

**2.3 相关性分析结果**

TCCA 与 TBA 存在相关性 ( $r = -0.702, P < 0.01$ )；与 MPTA 有相关性 ( $r = 0.311, P < 0.01$ )；与其他变量无相关性 (*P* > 0.05)。具体见表 4。



**图 1** 胫骨影像学测量示意图 **1a.** 胫骨长度 **1b.** 胫骨近端平台内翻角 **1c.** 胫骨冠状面弯曲角，此例胫骨向外侧弯曲，记为正 **1d.** 胫骨冠状面弯曲角，此例胫骨向内侧弯曲，记为负 **1e.** 胫骨假体内侧角

**Fig.1** Schematic diagram of imaging measurement of tibia **1a.**Tibial length **1b.** Proximal tibial plateau varus angle **1c.** The coronal bending angle of the tibia. In this case, the tibia bends laterally, marked as positive **1d.** The coronal bending angle of the tibia. In this case, the tibia bends inward, marked as negative **1e.** Medial angle of tibial prosthesis



**表 2 胫骨弯曲组与非弯曲组影像学测量参数比较 ( $\bar{x}\pm s$ )**  
**Tab.2 Comparison of imaging measurement parameters between tibial bending group and non bending group ( $\bar{x}\pm s$ )**

| 组别         | 例数 | 胫骨长度 (cm)  | 胫骨平台内翻角(°) | 胫骨假体内侧角(°) |
|------------|----|------------|------------|------------|
| 胫骨弯曲组      | 40 | 33.73±2.46 | 87.05±3.07 | 89.75±2.33 |
| 非弯曲组       | 60 | 33.85±2.37 | 85.87±2.81 | 89.52±1.61 |
| <i>t</i> 值 |    | -0.240     | 1.980      | 0.528      |
| <i>P</i> 值 |    | 0.811      | 0.051      | 0.599      |

**表 3 胫骨弯曲组与非弯曲组假体力线不良率比较**  
**Tab.3 Comparison of outlier rate of force line of prosthesis between tibial bending group and non bending group**

| 组别         | 例数 | 力线(例) |    |
|------------|----|-------|----|
|            |    | 良好    | 不良 |
| 胫骨弯曲组      | 40 | 31    | 9  |
| 非弯曲组       | 60 | 56    | 4  |
| $\chi^2$ 值 |    | 5.320 |    |
| <i>P</i> 值 |    | 0.021 |    |

**表 4 术后胫骨假体内侧角与各个参数的相关性**  
**Tab.4 Correlation between medial angle of tibial prosthesis and various parameters after operation**

| 项目          | <i>r</i> 值 | <i>P</i> 值 |
|-------------|------------|------------|
| 年龄          | 0.065      | 0.520      |
| 性别          | 0.026      | 0.799      |
| K-L 分级Ⅲ级或Ⅳ级 | -0.066     | 0.514      |
| 身高          | -0.008     | 0.940      |
| 体重          | -0.053     | 0.600      |
| BMI         | -0.047     | 0.640      |
| 胫骨长度        | 0.099      | 0.328      |
| 胫骨冠状面弯曲角度   | -0.702     | 0.000      |
| 胫骨平台内翻角     | 0.311      | 0.002      |

### 3 讨论

#### 3.1 胫骨弯曲对胫骨假体对线的影响及原因

Yau 等<sup>[6]</sup>影像上进行髓内截骨模拟研究发现,弯曲的胫骨会导致 40% 的患者假体力线不良,而国内行全膝关节置换中,普遍采用髓外定位截骨,且未对胫骨弯曲对假体力线造成何种影响进行具体说明。本研究发现,两组术后都能获得满意的 TCCA ( $P>0.05$ ),说明即使存在胫骨弯曲,髓外截骨依旧能得到较为满意的结果。但是 40 例胫骨弯曲患者中有 22.5% 发生了假体力线不良,而 60 例非弯曲患者中只有 6.67% 发生假体力线不良,表明胫骨弯曲确实增加术后假体对线不良的风险( $P<0.05$ )。同时,研究

发现,TCCA 与 TBA 相关性最强,即胫骨向外弯曲趋向于导致假体内翻位放置,胫骨向内弯曲趋向于导致假体外翻位放置。

可能原因有如下两点:(1)在定位时,由于国内行全膝关节置换胫骨截骨基本上都采取髓外定位方式,髓外截骨胫骨近端以髁间棘中点定位,机械轴参考胫骨前嵴和踝穴中心,如果存在胫骨弯曲,胫骨前嵴与机械轴不重合,而因为踝穴中心难以准确定位,术者往往更倾向于参考胫骨前嵴,按照胫骨前嵴截骨作为机械轴截骨,从而造成假体位置不良,即胫骨向外弯曲,假体内翻放置,而胫骨向内弯曲,假体外翻放置。(2)在截骨时,相对于非弯曲胫骨,胫骨向外弯曲患者胫骨外侧平台往往要较正常多截骨量,才能补偿胫骨弯曲所造成的影响,而术者如果没有意识到胫骨弯曲的存在,往往会因为感觉外侧截骨过多而刻意减小外侧平台截骨量,这样反而造成假体内翻放置;反之,胫骨向内弯曲造成了假体外翻放置。

本研究结果发现 TCCA 与 MPTA 有正相关性,即术前内翻角度严重的患者,植入假体时容易发生内翻,与 Mullaji 等<sup>[17]</sup>的研究一致。原因可能是术者担心外侧平台截骨过多而刻意减少外侧截骨量,反而造成假体内翻。

#### 3.2 如何达到良好的假体力线

为了达到良好的假体对线,需要做到如下几点:(1)术前常规拍摄下肢全长 X 线片<sup>[6]</sup>,仔细评估胫骨弯曲及 MPTA 角度过小等解剖异常<sup>[18]</sup>,制定完整的术前计划。(2)由于胫骨弯曲的存在,需常规采用髓外截骨,避免使用髓内截骨<sup>[6]</sup>。(3)根据术前影像测量决定胫骨近端定位入针点<sup>[7]</sup>,对于胫骨向外弯曲患者,近端定位入针点可适当外移,对于胫骨向内弯曲患者,近端定位入针点可适当向内移<sup>[9]</sup>,尽量消除胫骨弯曲的影响,使近端截骨垂直机械轴。(4)术中可以采取 Ma 等<sup>[19]</sup>报道的 2 次检测技术,多次使用力线杆检测力线,如有偏差,可增加截骨量或使用垫片技术保证假体力线良好。(5)如果术前检查发现存在严重畸形,可能需要考虑使用计算机导航技术<sup>[17,20-21]</sup>。

#### 3.3 本研究不足及展望。

本研究为回顾性研究,且为单中心,样本量较少,需要国内更多的研究来支持。同时,胫骨远端外翻角以及胫骨近端偏移角<sup>[7]</sup>未纳入研究,这两者异常可能会对假体的对位有一定的影响,需要后期进一步研究。全长 X 线片会存在旋转及屈曲畸形问题,屈曲 $>20^\circ$ ,会引起不可接受的测量误差<sup>[12]</sup>。笔者排除了重度屈曲挛缩患者;而对于旋转,即使 $>40^\circ$ ,所引起的测量误差也只有 $2.5^\circ$ <sup>[22]</sup>。因此,笔者认为在

标准的站立位全长 X 线片所测量的数据能得出令人信服的结果,当然,更准确的研究需要 CT 的引入。最后,本研究未采用单一假体进行研究,但是,相信基于全膝关节置换标准规范的操作流程,假体的不同不应该会对结果有影响。

综上所述,在行全膝关节置换的膝关节骨性关节炎患者中,胫骨弯曲发生率较高,会导致术后胫骨假体力线不良,即胫骨向外弯曲导致胫骨假体内翻,胫骨向内弯曲会导致胫骨假体外翻。因此,需要在术前拍摄并测量下肢全长片以明确胫骨弯曲情况,术中操作注意胫骨近端垂直胫骨机械轴截骨,胫骨向外弯曲者定位针可适当偏外置入截骨安装假体,胫骨向内弯曲者定位针可适当偏内置入截骨安装假体,以避免术后对线不良。

#### 参考资料

- [1] Ritter MA, Davis KE, Meding JB, et al. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(17):1588-1596.
- [2] Gromov K, Korchi M, Thomsen MG, et al. What is the optimal alignment of the tibial and femoral components in knee arthroplasty[J]. *Acta Orthop*, 2014, 85(5):480-487.
- [3] 杨硕,冯硕,徐崇俊,等.全膝关节置换后下肢力线及假体力线与疗效和假体松动率的关系[J].*中国组织工程研究*, 2019, 23(24):3780-3785.  
YANG S, FENG S, XU CJ, et al. Relationship of lower limb alignment and component alignment with outcomes and implant loosening rate after total knee arthroplasty[J]. *Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu*, 2019, 23(24):3780-3785. Chinese.
- [4] Bonner TJ, Eardley WG, Patterson P, et al. The effect of post-operative mechanical axis alignment on the survival of primary total knee replacements after a follow-up of 15 years[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2011, 93(9):1217-1222.
- [5] 汪小健,吕帅洁,李少广,等.全膝关节置换术中下肢机械轴的研究进展[J].*中国骨伤*, 2021, 34(2):191-194.  
WANG XJ, LYU SJ, LI SG, et al. Progress on femorotibial mechanical axis of total knee arthroplasty[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2021, 34(2):191-194. Chinese with abstract in English.
- [6] Yau WP, Chiu KY, Tang WM, et al. Coronal bowing of the femur and tibia in Chinese: its incidence and effects on total knee arthroplasty planning[J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2007, 15(1):32-36.
- [7] Nagamine R, Miura H, Bravo CV, et al. Anatomic variations should be considered in total knee arthroplasty[J]. *J Orthop Sci*, 2000, 5(3):232-237.
- [8] Kobayashi H, Akamatsu Y, Kumagai K, et al. Influence of coronal bowing on the lower alignment and the positioning of component in navigation and conventional total knee arthroplasty[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103(2):251-256.
- [9] Oh SM, Bin SI, Lee BS, et al. The entry point of intramedullary tibia cutting guide should vary according to the individual tibia morphology in TKA[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2019, 140(3):391-400.
- [10] Chang CB, Choi JY, Koh IJ, et al. What should be considered in using standard knee radiographs to estimate mechanical alignment of the knee[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2010, 18(4):530-538.
- [11] Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthrosis[J]. *Ann Rheum Dis*, 1957, 16(4):494-502.
- [12] Siu D, Cooke TD, Broekhoven LD, et al. A standardized technique for lower limb radiography. Practice, applications, and error analysis[J]. *Invest Radiol*, 1991, 26(1):71-77.
- [13] Palanisami D, George MJ, Hussain AM, et al. Tibial bowing and tibial component placement in primary total knee arthroplasty in valgus knees: are we overlooking[J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2019, 27(3):2309499019867006.
- [14] Thienpont E, Schwab PE, Cornu O, et al. Bone morphotypes of the varus and valgus knee[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(3):393-400.
- [15] Singh AK, Nedopil AJ, Howell SM, et al. Does alignment of the limb and tibial width determine relative narrowing between compartments when planning mechanically aligned TKA[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2018, 138(1):91-97.
- [16] Lee BS, Cho HI, Bin SI, et al. Femoral component varus malposition is associated with tibial aseptic loosening after TKA[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2018, 476(2):400-407.
- [17] Mullaji AB, Shetty GM, Lingaraju AP, et al. Which factors increase risk of malalignment of the hip-knee-ankle axis in TKA[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(1):134-141.
- [18] Alghamdi A, Rahme M, Lavigne M, et al. Tibia valgus morphology in osteoarthritic knees: importance of preoperative full limb radiographs in total knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29(8):1671-1676.
- [19] Ma DS, Wang ZW, Wen L, et al. Improving tibial component coronal alignment during total knee arthroplasty with the use of a double-check technique[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(6):1013-1019.
- [20] 张国华,李凯,赵斌,等.机器人辅助人工全膝关节置换与传统手术临床效果比较的 Meta 分析[J].*中国骨伤*, 2019, 32(9):846-852.  
ZHANG GH, LI K, ZHAO B, et al. Clinical effects of robot-assisted total knee arthroplasty compared with traditional surgery: a Meta-analysis[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2019, 32(9):846-852. Chinese with abstract in English.
- [21] 王康,王晋豫,王健珍,等.被动式非影像依从导航系统在全膝关节置换术中的应用进展[J].*中国骨伤*, 2019, 32(4):383-386.  
WANG K, WANG JY, WANG JZ, et al. Application of passive image-free navigation system for total knee arthroplasty[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2019, 32(4):383-386. Chinese with abstract in English.
- [22] Jiang CC, Insall JN. Effect of rotation on the axial alignment of the femur. Pitfalls in the use of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty[J]. *Clin Orthop Relat*, 1989, (248):50-56.  
(收稿日期:2021-10-08 本文编辑:李宜)