

内翻膝全膝关节置换过程中两种胫骨假体旋转定位方式的比较

黄晖达, 黄永明, 周俊德, 刘文渤, 林跃玮, 苏海涛

https://doi.org/10.12307/2023.274

投稿日期: 2022-03-17

采用日期: 2022-05-06

修回日期: 2022-05-30

在线日期: 2022-06-27

中图分类号:

R459.9; R318; R687

文章编号:

2095-4344(2023)13-02038-06

文献标识码: A

文章快速阅读: 内翻膝全膝关节置换中 Akagi 线和试模复位技术定位的差异

对象:

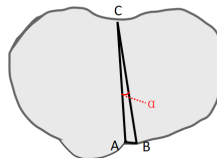
需行全膝关节置换, 且术前伴内翻畸形的患者 70 例。

方法:

术前测量膝关节畸形的各相关指标, 术中测量 Akagi 线与 ROM 技术所得标志线之间的夹角 α 。

观察指标:

股胫角、股骨远端外侧角、胫骨近端内侧角、胫骨股骨关节线夹角、夹角 α 。



结果:

Akagi 线与 ROM 技术定位平均相差 2.39°, 且差值与胫骨近端内翻畸形的程度正相关。

文题释义:

全膝关节置换: 是终末期膝关节炎的最终治疗手段。通过切除病变的关节面和重建软组织平衡, 并用人工材料代替原本关节面, 从而纠正下肢力线, 缓解疼痛, 恢复膝关节功能。

胫骨假体旋转定位: 通过特定的方式, 达到胫骨假体的准确安放。胫骨假体旋转定位不良是导致手术预后不佳的常见因素之一。目前常用的胫骨假体旋转定位方式有: 以 Akagi 线为代表的髓外定位技术、髓内定位技术、ROM 技术、计算机导航技术、3D 打印个性化截骨技术。目前关于最佳的定位方式尚无定论。

摘要

背景: Akagi 线和试模复位技术 (ROM) 是全膝关节置换术中进行胫骨假体旋转定位的常用方法, 但对此两种定位方法之间的差异性大小及来源仍缺乏相关研究。

目的: 比较内翻膝全膝关节置换术中 Akagi 线和 ROM 技术定位的差异, 并探讨此差异产生的原因。

方法: 纳入 2021 年 7-12 月在广东省中医院大学城医院骨科行全膝关节置换且术前伴内翻畸形的 70 例患者, 所有手术均应用后稳定型假体。术前通过 X 射线片测量股胫角、股骨远端外侧角、胫骨近端内侧角、胫骨股骨关节线夹角, 并计算其与正常值的差异; 术中测量 Akagi 线和 ROM 技术定位的差异角度 α ; 通过相关性分析和多元线性回归分析法对术前测得的角度和 α 进行统计学检验。

结果与结论: ①术前 Δ 机械股胫角为 $(10.90 \pm 4.82)^\circ$, Δ 解剖股胫角为 $(10.81 \pm 4.34)^\circ$, Δ 机械股骨远端外侧角为 $(-3.26 \pm 2.68)^\circ$, Δ 解剖股骨远端外侧角为 $(-3.00 \pm 2.30)^\circ$, Δ 机械胫骨近端内侧角为 $(2.39 \pm 3.05)^\circ$, Δ 解剖胫骨近端内侧角为 $(2.98 \pm 3.31)^\circ$, Δ 胫骨股骨关节线夹角为 $(4.71 \pm 2.52)^\circ$; 术中测得的角度 α 为 $(2.39 \pm 2.50)^\circ$; ②术中 53 例选择 Akagi 线、13 例选择 ROM 技术进行旋转定位; ③统计学分析结果提示, Δ 机械胫骨近端内侧角、 Δ 解剖胫骨近端内侧角显著正向影响 α 角 ($P < 0.01$), 回归方程分别为 $\alpha = 0.658 + 0.432 \times \Delta$ 机械胫骨近端内侧角; $\alpha = 0.013 + 0.346 \times \Delta$ 解剖胫骨近端内侧角; ④结果提示内翻膝全膝关节置换术中使用 Akagi 线和 ROM 技术进行旋转定位是存在一定差异的, 且此差异 (α) 与胫骨近端内翻畸形程度大小呈正相关。

关键词: 全膝关节置换; 内翻畸形; 胫骨假体; 旋转定位; Akagi 线; ROM 技术

缩略语: 试模复位技术: range-of-motion, ROM

Comparison of two techniques in locating tibial prosthesis during total knee arthroplasty of varus knee

Huang Huida, Huang Yongming, Zhou Junde, Liu Wenbo, Lin Yuewei, Su Haitao

Second Clinical School of Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, Guangdong Province, China

Huang Huida, Master, Second Clinical School of Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, Guangdong Province, China

Corresponding author: Su Haitao, Master, Chief physician, Second Clinical School of Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, Guangdong Province, China

Abstract

BACKGROUND: The Akagi line and range-of-motion (ROM) technique are widely used for locating the tibial prosthesis during total knee arthroplasty; however, there is still a lack of relevant research on the size and source of the difference between the two positioning methods.

OBJECTIVE: To compare the differences of Akagi line and ROM technique in varus knee during total knee arthroplasty, and to discuss the causes of this difference.

广州中医药大学第二临床医学院, 广东省广州市 510006

第一作者: 黄晖达, 男, 1995 年生, 广东省潮州市人, 汉族, 2022 年广州中医药大学毕业, 硕士, 主要从事中医药防治骨科疾病方面的研究。

通讯作者: 苏海涛, 硕士, 主任医师, 广州中医药大学第二临床医学院, 广东省广州市 510006

https://orcid.org/0000-0002-4718-3057 (黄晖达)

引用本文: 黄晖达, 黄永明, 周俊德, 刘文渤, 林跃玮, 苏海涛. 内翻膝全膝关节置换过程中两种胫骨假体旋转定位方式的比较

[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(13):2038-2043.



METHODS: Totally 70 patients with varus knee who underwent total knee arthroplasty in the Department of Orthopedics, Guangdong Hospital of Traditional Chinese Medicine from July to December 2021 were enrolled in this study. All operations were performed with the posterior cruciate-stabilizing total knee prostheses. The femorotibial angle, lateral distal femoral angle, medial proximal tibial angle, and joint line convergence angle were measured before operation. Its difference from normal was calculated. The angle α between Akagi line and ROM technique was measured during operation. The angles that measured preoperatively and α were statistically tested by using correlation analysis and multiple linear regression analysis.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Before operation, Δ mechanical femoral-tibial angle was $(10.90 \pm 4.82)^\circ$; Δ anatomic tibiofemoral angle was $(10.81 \pm 4.34)^\circ$; Δ mechanical lateral distal femoral angle was $(-3.26 \pm 2.68)^\circ$; Δ anatomic lateral distal femoral angle was $(-3.00 \pm 2.30)^\circ$; Δ mechanical medial proximal tibial angle was $(2.39 \pm 3.05)^\circ$; Δ anatomic medial proximal tibial angle was $(2.98 \pm 3.31)^\circ$; Δ joint line convergence angle was $(4.71 \pm 2.52)^\circ$; the α that measured during operation was $(2.39 \pm 2.50)^\circ$. (2) Totally 53 cases selected Akagi line and 13 cases selected ROM technique for locating the tibial prosthesis finally. (3) Statistical analysis results showed that Δ mechanical medial proximal tibial angle and Δ anatomic medial proximal tibial angle had a significant positive effect on α ($P < 0.01$), and the regression equations were $\alpha = 0.658 \pm 0.432 \times \Delta$ mechanical medial proximal tibial angle and $\alpha = 0.013 \pm 0.346 \times \Delta$ anatomic medial proximal tibial angle respectively. (4) The results suggest that there is a difference between Akagi line and ROM technique when locating the tibial prosthesis for patients with varus knee undergoing total knee arthroplasty, and this difference (α) is positively correlated with the degree of proximal tibial varus deformity.

Key words: total knee arthroplasty; varus deformity; tibial prosthesis; rotational localization; Akagi line; ROM technique

How to cite this article: HUANG HD, HUANG YM, ZHOU JD, LIU WB, LIN YW, SU HT. Comparison of two techniques in locating tibial prosthesis during total knee arthroplasty of varus knee. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2023;27(13):2038-2043.

0 引言 Introduction

膝关节炎是临床上常见的一种慢性致残性疾病，其以膝关节的疼痛、活动受限、畸形等为特征。膝关节炎主要采用阶梯化治疗，而全膝关节置换作为治疗膝关节炎的最终手段，其术后患者满意率和中远期假体生存率不断提高，但仍有大量患者术后满意度欠佳或需行关节翻修术^[1]。股骨或胫骨假体旋转对线不良所导致的髌股关节并发症、聚乙烯衬垫加速磨损、无菌性松动等问题是全膝关节置换手术失败的常见原因^[12-11]。目前，关于胫骨假体的旋转定位方式仍存在较多争议，其中以胫骨结节内侧缘和后交叉韧带胫骨附着点中心连线的 Akagi 线、试模复位技术 (range-of-motion, ROM) 常用于临床。但是由于退行性变、肥胖、创伤、畸形及各种解剖标志自身缺陷等原因，术中确定的 Akagi 线往往会存在一定的误差^[12-13]，亦有研究表明，胫骨结节的位置与内外翻畸形程度及膝关节炎的严重程度相关^[14-15]，因此基于胫骨结节的解剖标志定位可能导致胫骨假体旋转放置不当，最终导致手术失败或影响手术效果。而用 ROM 技术作为定位方式，其对线准确与否主要取决于股骨假体的准确放置，受胫骨侧影响相对较小^[16-17]，然而，有报道认为使用 ROM 技术定位容易导致胫骨假体相对于股骨假体内旋放置^[12, 18-19]。因此，为了更好地了解以 Akagi 线或 ROM 技术进行胫骨假体旋转定位时两种方式之间的差异，并探讨此差异产生的原因，有必要开展相关研究，以期在全膝关节置换术中正确放置胫骨假体提供一定的选择依据。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 前瞻性观察性试验，角度间的相关性用 Pearson 相关性分析；影响因素分析采用多元线性回归分析。

1.2 时间及地点 试验于 2021 年 7-12 月在广东省中医院大学城医院骨科完成。

1.3 对象 纳入 2021 年 7-12 月符合纳排标准，在广东省中医院大学城医院骨科行全膝关节置换手术治疗的 70 例患者，其中男 17 例，女 53 例；年龄 (69.46 ± 8.05) 岁。手术均选用后稳定型假体。该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和广东省中医院对研究的相关伦理要求，批件号为广东省中医

院伦理委员会：YE2021-176-01，批准时间：2021-07-09。参与试验的患者为自愿参加，均对试验过程完全知情同意，在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

1.3.1 纳入标准 ①符合膝关节骨关节炎诊断标准；②通过 X 射线片，符合 Kellgren-Lawrence 分级 (KL 分级) III、IV 级的膝关节骨关节炎，且术前存在 0° 及以上的膝关节内翻畸形，且行全膝关节置换术；③自愿参加此次试验并签署知情同意书；④临床资料齐全，能积极治疗并配合各项研究。

1.3.2 排除标准 ①既往有膝关节及膝关节周围骨折或膝关节手术史；②术前诊断为类风湿关节炎、夏科氏关节病等其他关节病或因创伤、感染化脓等各种病理因素引起的继发性关节炎；③不能耐受手术者；④术侧肢体的术前 X 射线片提示存在外翻畸形；⑤临床资料缺失或中途拒绝继续参加研究者。

1.4 材料 所有患者采用后稳定型膝关节假体 (DePuy Synthes, Attune Knee System)，各部件组织相容性良好，见表 1。

表 1 | 植入物的材料学特征

Table 1 | Material characteristics of implants

指标	膝关节假体	骨水泥
生产厂家	DePuy Synthes	DePuy International Ltd
型号	Attune Knee System	CME Cement
批准号	20163130679	20153132898
性能结构	作为人体膝关节假体	关节置换术中假体与活体骨之间的固定
材质	铸造钴铬钼合金	庆大霉素硫酸盐、甲基丙烯酸甲酯/丙烯酸甲酯共聚物、过氧化苯甲酰和二氧化锆
适应证	由于骨关节炎、创伤后关节炎、类风湿性关节炎或先前植入体失败而导致严重疼痛和 (或) 严重的关节残疾的患者的全膝关节置换	所有可能存在庆大霉素敏感菌感染的关节置换术中假体与活体骨之间的固定
生物相容性	良好	良好
产品标注的不良反	假体松动、磨损、断裂等	骨水泥过敏、骨水泥栓塞、心脏骤停等

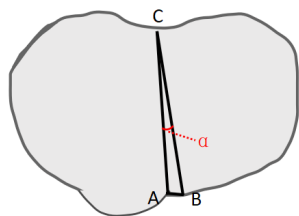
1.5 方法 所有患者术前在负重位双下肢全长正位片上测量机械股胫角 (mFTA)、解剖股胫角 (aFTA)、机械股骨远端外侧角 (mLDFA)、解剖股骨远端外侧角 (aLDFA)、机械胫骨近端内侧角 (mMPTA)、解剖胫骨近端内侧角 (aMPTA)、胫骨股骨关节线夹角 (JLCA)，并计算其与正常值的差值；术中测量 Akagi

线与 ROM 技术所得标志线之间的夹角 α 。对术前膝关节不同内翻畸形程度与术中角度 α 进行相关性分析, 若存在相关性, 则进一步行多元线性回归分析。

1.6 主要观察指标

术前指标: ①股胫角: 股骨机械(或解剖)长轴与胫骨机械(或解剖)长轴所形成的角。②股骨远端外侧角: 股骨机械轴(或解剖轴)与股骨内外侧髁远端切线两者之间形成的外侧夹角。③胫骨近端内侧角: 胫骨机械轴(或解剖轴)与胫骨内外侧平台切线两者之间形成的内侧夹角。④胫骨股骨关节线夹角: 胫骨近端关节线与股骨远端关节线之间的夹角。此研究中采用正常值与测量值的差异值来判断畸形程度, 即畸形程度 = 正常角度 - 测量角度。机械股胫角、解剖股胫角、机械股骨远端外侧角、解剖股骨远端外侧角、机械胫骨近端内侧角、解剖胫骨近端内侧角、胫骨股骨关节线夹角对应畸形程度分别为 Δ 机械股胫角、 Δ 解剖股胫角、 Δ 机械股骨远端外侧角、 Δ 解剖股骨远端外侧角、 Δ 机械胫骨近端内侧角、 Δ 解剖胫骨近端内侧角、 Δ 胫骨股骨关节线夹角。所有影像学数据均测量 3 次取平均值。

术中角度 α : 术中完成截骨后, 先用电刀在胫骨平台上标记出 Akagi 线(胫骨结节内侧缘与后交叉韧带中心连线), 其与胫骨前皮质的交点为 A 点, 然后安装股骨试模, 再以 Akagi 线作为参照安装胫骨试模, 再用 ROM 技术让胫骨试模的位置自行调整, 把胫骨试模参照线与胫骨前皮质上的交点作为 B 点, 把后交叉韧带中心作为 C 点, 则可以得到 $\triangle ABC$, 此时 $\angle C$ 就是 α 角, 测量 $\triangle ABC$ 三条边的长度, 根据几何关系, 可以计算出 α 。若 A 点在 B 点外侧, 则 α 度数记为 +, 若在内侧, 则 α 度数记为 -, 见图 1。



图注: C 为后交叉韧带中心, AC 为 Akagi 线, BC 为 ROM 技术对应的参照线, α 为两线夹角

图 1 | 测量夹角 α 示意图
Figure 1 | Schematic diagram of measuring α

1.7 统计学分析 文章统计学方法已经广州中医药大学统计学专家审核。采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。首先行正态性检验, 经检验, Δ 机械股胫角、 Δ 解剖股胫角、 Δ 机械股骨远端外侧角、 Δ 解剖股骨远端外侧角、 Δ 机械胫骨近端内侧角、 Δ 解剖胫骨近端内侧角、 Δ 胫骨股骨关节线夹角、角度 α 等计量资料符合正态分布, 采用 $\bar{x} \pm s$ 进行描述; 角度间的相关性用 Pearson 相关性分析; 影响因素分析采用多元线性回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 根据纳排标准, 最终纳入需行全膝关节置换且术前伴内翻畸形的患者 70 例, 所有患者的术前和术后数据均纳入结果分析。

2.2 试验流程图 见图 2。

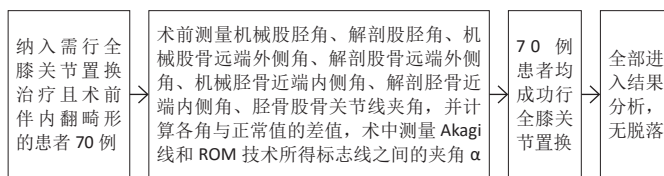


图 2 | 试验流程图

Figure 2 | Trial flow chart

2.3 各指标观察结果 术前测得的膝关节各角度畸形程度如下: Δ 机械股胫角为 $(10.90 \pm 4.82)^\circ$; Δ 解剖股胫角为 $(10.81 \pm 4.34)^\circ$; Δ 机械股骨远端外侧角为 $(-3.26 \pm 2.68)^\circ$; Δ 解剖股骨远端外侧角为 $(-3.00 \pm 2.30)^\circ$; Δ 机械胫骨近端内侧角为 $(2.39 \pm 3.05)^\circ$; Δ 解剖胫骨近端内侧角为 $(2.98 \pm 3.31)^\circ$; Δ 胫骨股骨关节线夹角为 $(4.71 \pm 2.52)^\circ$ 。术中测得的角度 α 为 $(2.39 \pm 2.50)^\circ$, 其中, Akagi 线在 ROM 技术参照线外侧 ($\alpha > 0^\circ$) 的有 57 例, 两线重合 ($\alpha = 0^\circ$) 的有 3 例, Akagi 线在 ROM 技术参照线内侧 ($\alpha < 0^\circ$) 的有 10 例。说明在膝关节存在内翻畸形的患者中, 往往会合并股骨远端及胫骨近端的内翻畸形; 而术中 Akagi 线与 ROM 所得标志线之间是存在一定差异的, 对于大部分病例来说, Akagi 线处于 ROM 所得标志线的外侧, 只有极少数病例的 Akagi 线与 ROM 所得标志线重合, 见表 2。

表 2 | 各角度的测量值
Table 2 | Measured values for each angle

变量	n	范围(最小值-最大值)	均值 \pm 标准差	P 值
Δ 机械股胫角	70	0.17-21.62	10.90 \pm 4.82	0.396
Δ 解剖股胫角	70	0.50-21.42	10.81 \pm 4.34	0.895
Δ 机械股骨远端外侧角	70	-12.00-2.53	-3.26 \pm 2.68	0.052
Δ 解剖股骨远端外侧角	70	-8.66-1.68	-3.00 \pm 2.30	0.713
Δ 机械胫骨近端内侧角	70	-3.87-12.75	2.39 \pm 3.05	0.108
Δ 解剖胫骨近端内侧角	70	-3.32-14.62	2.98 \pm 3.31	0.087
Δ 胫骨股骨关节线夹角	70	0.39-12.50	4.71 \pm 2.52	0.163
α	70	-4.86-8.91	2.39 \pm 2.50	0.224
α_1	60	0-8.91	3.09 \pm 1.91	0.148
α_2	10	-4.86 至 -0.49	-1.76 \pm 1.33	0.063

表注: α_1 为 Akagi 线在 ROM 所得标志线外侧时的夹角, α_2 为 Akagi 线在 ROM 所得标志线内侧时的夹角; P 值为夏皮洛-威尔克正态性检验的结果, $P > 0.05$ 为符合正态分布

2.4 ROM 技术及 Akagi 线的差异性分析

2.4.1 膝关节内翻畸形程度与 α 的相关性分析 相关性分析结果提示: ① Δ 机械胫骨近端内侧角、 Δ 解剖胫骨近端内侧角与 α 呈高度正相关; Δ 机械股胫角、 Δ 解剖股胫角与 α 呈中度正相关; Δ 胫骨股骨关节线夹角与 α 呈低度正相关; Δ 机械股骨远端外侧角、 Δ 解剖股骨远端外侧角与 α 无相关性。② Δ 胫骨股骨关节线夹角与 Δ 机械股胫角、 Δ 解剖股胫角呈高度正相关; Δ 胫骨股骨关节线夹角与 Δ 机械股骨远端外侧角、 Δ 解剖股骨远端外侧角、 Δ 机械胫骨近端内侧角、 Δ 解剖胫骨近端内侧角无相关性; ③ Δ 机械股胫角、 Δ 解剖股胫角与各个角度间均存在相关性; ④ 各机械轴线对应的角度与

各解剖轴对应的角度间均存在相关性。说明术中 Akagi 线与 ROM 所得标志线之间的夹角与膝关节内翻畸形的程度相关，更进一步，与来自于胫骨侧的畸形相关性较强，与来自于关节内的畸形相关性一般，与来自于股骨侧的畸形无相关性；而内翻畸形程度受股骨远端畸形程度、胫骨近端畸形程度、关节内畸形程度所影响，见表 3。

表 3 | 膝关节内翻畸形程度与 α 角的相关性分析

Table 3 | Correlation analysis between degree of varus deformity of knee joint and α angle

参数		Δ 机械股	Δ 机械股	Δ 机械胫	Δ 解剖	Δ 解剖	Δ 解剖	Δ 胫骨
		股胫角	骨远端	骨近端	股胫角	骨远端	骨近端	骨关节
		外侧角	内侧角	外侧角	外侧角	内侧角	内侧角	线夹角
α	r 值	0.413 ^b	-0.027	0.542 ^b	0.498 ^b	-0.006	0.571 ^b	0.248 ^a
	P 值	0.000	0.826	0.000	0.000	0.959	0.000	0.039
Δ 机械股胫角	r 值	1.000	-0.466 ^b	0.618 ^b	0.878 ^b	-0.314 ^b	0.655 ^b	0.615 ^b
	P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000
Δ 机械股骨远端外侧角	r 值	1.000	-0.011	-0.379 ^b	0.659 ^b	-0.059	-0.14	
	P 值			0.931	0.001	0.000	0.630	0.246
Δ 机械胫骨近端内侧角	r 值		1.000	0.596 ^b	-0.061	0.973 ^b	0.163	
	P 值			0.000	0.614	0.000	0.178	
Δ 解剖股胫角	r 值			1.000	-0.343 ^b	0.647 ^b	0.574 ^b	
	P 值				0.004	0.000	0.000	
Δ 解剖股骨远端外侧角	r 值				1.000	-0.094	-0.065	
	P 值					0.439	0.592	
Δ 机械胫骨近端内侧角	r 值					1.000	0.165	
	P 值						0.173	

表注：r 为 Pearson 相关系数，|r| ≥ 0.50 为高度相关、0.30 ≤ |r| < 0.50 为中度相关、0.10 ≤ |r| < 0.30 为低度相关；P < 0.05 时有相关性，a 为在 0.05 水准（双尾）相关性显著，b 为在 0.01 水准（双尾）相关性显著

2.4.2 膝关节内翻畸形程度与 α 的关系 根据相关性分析结果，剔除 Δ 机械股骨远端外侧角、Δ 解剖股骨远端外侧角。根据以机械轴或以解剖轴进行测量，将 Δ 机械股胫角、Δ 机械胫骨近端内侧角、Δ 胫骨股骨关节线夹角与 α，Δ 解剖股胫角、Δ 解剖胫骨近端内侧角、Δ 胫骨股骨关节线夹角与 α 分别进行多元线性回归分析。结果如下：①以机械轴线进行测量时，Δ 机械胫骨近端内侧角显著正向影响 α (P < 0.01, B=0.432 > 0, 95%CI: 0.206-0.658)；Δ 机械股胫角、Δ 胫骨股骨关节线夹角不能显著影响 α (P > 0.05)。回归方程为 α=0.658+0.432×Δ 机械胫骨近端内侧角 (R²=0.320)。②以解剖轴线进行测量时，Δ 解剖胫骨近端内侧角显著正向影响 α (P < 0.01, B=0.346 > 0, 95%CI: 0.139-0.553)；Δ 解剖股胫角、Δ 胫骨股骨关节线夹角不能显著影响 α (P > 0.05)。回归方程为 α=0.013+0.346×Δ 解剖胫骨近端内侧角 (R²=0.359)，见表 4，5。

表 4 | 以机械轴测量时 α 的多元线性回归模型参数

Table 4 | Multiple linear regression model parameters of α measured with mechanical axis

参数	非标准化系数		标准化系数 β	t 值	显著性 P 值	B (95%CI)	共线性统计量 VIF
	B	标准误差					
常量 (°)	0.658	0.664		0.991	0.325	-0.667-1.984	
Δ 机械股胫角	-0.01	0.090	-0.020	-0.115	0.908	-0.189-0.168	2.892
Δ 机械胫骨近端内侧角	0.432	0.113	0.526	3.815	0.000	0.206-0.658	1.846
Δ 胫骨股骨关节线夹角	0.173	0.137	0.174	1.268	0.209	-0.100-0.446	1.836

表注：因变量为 α(°)

表 5 | 以解剖轴测量时 α 的多元线性回归模型参数

Table 5 | Multiple linear regression model parameters of α measured with anatomic axis

参数	非标准化系数		标准化系数 β	t 值	显著性 P 值	B (95%CI)	共线性统计量 VIF
	B	标准误差					
常量 (°)	0.013	0.703		0.019	0.985	-2.805	
Δ 解剖股胫角	0.088	0.095	0.153	0.928	0.357	-0.380	2.800
Δ 解剖胫骨近端内侧角	0.346	0.104	0.458	3.343	0.001	0.139-0.553	1.930
Δ 胫骨股骨关节线夹角	0.084	0.127	0.084	0.662	0.510	-0.506	1.674

表注：因变量为 α(°)

3 讨论 Discussion

Akagi 线及 ROM 技术是全膝关节置换术中常用的 2 种胫骨假体旋转定位方式，其定位的原理截然不同。Akagi 线作为定位的依据是建立在其与胫骨前后轴位置近似的基础上，较为公认的 Akagi 线定义是胫骨结节内侧缘与后交叉韧带胫骨附着点中心的连线。故而其准确性依赖于胫骨结节位置及对胫骨结节位置、后交叉韧带胫骨附着点中心的准确辨认。胫骨结节是胫骨近端的一解剖标志，有研究表明，其形态、位置易受膝关节结构特别是胫骨近端形态的影响^[14-15, 20-22]，从而影响定位的准确性。而需行全膝关节置换的患者膝关节往往合并较为严重的增生、畸形、正常结构破坏，这些因素无疑会影响术者对 Akagi 线的准确定位。ROM 技术原理是先固定股骨假体，然后安放胫骨假体试模而不固定，使胫骨假体试件在股骨假体的引导下进行旋转位置的自我调整，达到胫骨平台自然地与股骨假体结合并处于最合适位置的目的。ROM 技术定位的准确性很大程度上取决于股骨侧假体的正确安放^[17]。ROSSI 等^[16]通过尸体研究后表明：只有当股骨假体准确地安放，使用该方法才可达理想的胫骨假体旋转对线，否则会导致胫骨假体出现严重的对线不良。此外，亦有研究表明，ROM 技术定位的准确性受到术中髌骨轨迹的影响^[23]。

此次研究术中测得的角度 α 为 (2.39±2.50)° (范围 -4.68°-8.91°)，其中，Akagi 线在 ROM 所得标志线外侧 (α > 0°) 的有 57 例，Akagi 线与 ROM 所得标志线重合 (α=0°) 的有 3 例，Akagi 线在 ROM 所得标志线内侧 (α < 0°) 的有 10 例。术中对 α 的测量结果表明：在存在内翻畸形情况下，全膝关节置换术中应用 Akagi 线和 ROM 技术进行胫骨假体旋转定位时是存在一定差异的，这差异表现在 Akagi 线相对于 ROM 技术倾向于使胫骨假体外旋约 2.4°。陶坤等^[24]测得的此角度为 (0.8±2.2)°；刘欣^[25]测得的此角度为 (2.33±4.3)°，与此次研究较为接近；李叶天等^[23]测得的此角度在髌骨轨迹不良且未闭合内侧支持带时可达 (-3.9±3.4)°。以往研究表明，使用 Akagi 线容易导致胫骨假体外旋放置，ROM 技术则容易导致胫骨假体内旋放置^[12, 18-19, 25-26]，这与此次研究结果基本相符，此次研究中术中的 Akagi 线大部分位于 ROM 所得标志线外侧 (α > 0°)。PANNI 等^[27]的研究表明，胫骨假体内旋 5° 以上会导致内侧间室应力增加，且容易导致术后膝前痛、影响膝关节功能。ROUSSOT 等^[28]的一项系统评价表明，股骨和胫骨

之间大于 5° 的旋转对线不良将使手术失败概率、术后髌骨轨迹不良发生率增加。此次研究中,有 12 例的 α 达到 5° 以上,此时若选择了错误的旋转定位方式,则可能影响手术疗效。但此研究术中未定位胫骨前后轴,因此当 2 种定位方式差异较大时,难以判断哪一种与胫骨前后轴更为接近,此时主刀医生根据个人经验的判断至关重要。

相关性分析结果表明,两种定位方式和差异性大小与股骨远端的畸形无关,与胫骨近端的畸形相关,说明术前患者胫骨近端的畸形情况影响着 Akagi 线的位置。造成此结果的原因,可能是胫骨近端的内翻畸形会造成胫骨结节发生旋转,从而在术中表现为 Akagi 线相对胫骨前后轴的外旋。有学者的研究支持这一假设,在金森^[29]的研究中,使用胫骨平台内倾角(90°-机械胫骨近端内侧角)作为衡量胫骨近端形态的指标并与不同的胫骨假体旋转定位参考线行相关性分析,结果表明随着胫骨平台内倾角增大,胫骨结节会随之外旋,从而影响基于胫骨结节这一解剖标志的各参考线。以往有研究表明,膝关节炎患者胫骨近端常有不同程度的外旋^[16, 27, 30],而结节作为胫骨近端的一解剖标志,若胫骨近端发生外旋,则胫骨结节也会相应外旋,此时以胫骨结节内侧缘作为标志的 Akagi 线亦会外旋,一定程度上解释了以 Akagi 线行定位时易导致胫骨假体外旋的原因。史博等^[31]的研究表明,Akagi 角(Akagi 线与胫骨前后轴的夹角,不等于 α)和机械股胫角之间无线性相关。此次研究中 Δ 机械股胫角、 Δ 解剖股胫角与 α 呈中度正相关,此结果可能是膝关节整体内翻畸形的程度与胫骨内翻畸形程度密切相关所造成。而 Δ 胫骨股骨关节线夹角与 α 呈弱正相关,究其原因,可能因为胫骨股骨关节线夹角本身为股骨远端与胫骨近端所形成的夹角,其角度大小与胫骨近端内侧角相关,但是此研究中相关性分析提示 Δ 胫骨股骨关节线夹角与 Δ 机械胫骨近端内侧角、 Δ 解剖胫骨近端内侧角之间无显著相关性,与此假设相矛盾,故进一步行多元线性回归分析以探讨影响 α 的真正因素。多元线性回归分析的结果提示,胫骨近端内翻畸形的程度与 α 存在线性关系,而膝关节整体内翻畸形程度、关节内畸形程度与 α 不存在线性关系,说明在造成膝关节内翻畸形的众多因素当中,来自胫骨近端的畸形是导致 Akagi 线与 ROM 技术定位差异的原因之一。

综上所述,此研究得出以下结论:①内翻畸形膝关节全膝关节置换术中使用 Akagi 线和 ROM 技术进行胫骨侧假体的旋转定位结果是存在差异的,差异为 $(2.39 \pm 2.50)^\circ$,使用 Akagi 线更倾向于获得较大的胫骨假体外旋角度;②内翻畸形膝关节全膝关节置换术中 Akagi 线和 ROM 技术定位的差异(α)与胫骨近端内翻畸形程度大小呈正相关,若术前以机械胫骨近端内侧角预测术中差异大小,可参考 $\alpha = 0.658 + 0.432 \times \Delta$ 机械胫骨近端内侧角,若术前以解剖胫骨近端内侧角进行预测,则可参考 $\alpha = 0.013 + 0.346 \times \Delta$ 解剖胫骨近端内侧角。

此次研究亦存在一些局限性:①涉及的机械股胫角、解

剖股胫角、机械股骨远端外侧角、解剖股骨远端外侧角、机械胫骨近端内侧角、解剖胫骨近端内侧角、胫骨股骨关节线夹角等皆为冠状面上的指标,若要评价膝关节横断面、矢状面畸形,则需要 CT、MRI 的数据;②未考虑其他因素对 α 的影响,例如,术中的髌骨轨迹、假体类型等是否也对 α 造成影响,从而造成偏倚;③ Akagi 存在多种变种^[32-34],此次研究结果只适用于以胫骨结节内侧缘与后交叉韧带胫骨附着点中心连线的 Akagi 线;④此次研究未纳入外翻畸形病例,所得结论只适用于内翻膝;⑤只纳入了 70 例患者,样本量较小,因此需进一步增大样本量以使结果更具说服力;⑥只比较了 Akagi 线和 ROM 技术定位的差异,为评价其临床疗效,未来还需设计合理的对照试验以进一步评价。

致谢:感谢广东省中医院大学城骨科团队全体医护人员的支持。

作者贡献:黄晖达、苏海涛负责试验设计;黄永明、黄晖达负责数据收集;黄晖达、周俊德、刘文渤、林跃玮负责成文;苏海涛、黄永明负责审核。

利益冲突:文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

开放获取声明:这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

版权转让:文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

出版规范:该文章撰写遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南),文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重,文章经小同行外审专家双盲审稿,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

4 参考文献 References

- [1] PRICE AJ, ALVAND A, TROESEN A, et al. Knee replacement. *Lancet*. 2018;392(10158):1672-1682.
- [2] MATZ J, LANTING BA, HOWARD JL. Understanding the patellofemoral joint in total knee arthroplasty. *Can J Surg*. 2019;62(1):57-65.
- [3] TANIKAWA H, TADA M, OGAWA R, et al. Influence of Patella thickness on Patellofemoral pressure in total knee Arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):298.
- [4] PUTMAN S, BOUREAU F, GIRARD J, et al. Patellar complications after total knee arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(15):S43-S51.
- [5] DONELL S. Patellar tracking in primary total knee arthroplasty. *EFORT Open Rev*. 2018;3(4):106-113.
- [6] 李向平, 胡淼, 李勇军. 血清 D-二聚体和炎症指标单独及联合检测对髌、膝关节置换术后假体周围感染的诊断价值[J]. *新乡医学院学报*, 2021, 38(4):337-340.
- [7] 宗雅琪, 刘嵬, 张英剑, 等. 性别、吸烟和 BMI 对髌膝关节置换术后假体无菌性松动的影响[J]. *透析与人工器官*, 2021, 32(3):32-34.
- [8] 姜灵凯, 魏垒, 董政权, 等. 活动平台与固定平台单髁置换治疗内侧膝骨关节炎的 Meta 分析[J]. *中国骨伤*, 2022, 35(1):67-75.
- [9] 耿天翔. 雷尼酸锶通过 Wnt/ β -Catenin 通路抑制磨粒诱导无菌性松动的动物实验研究[D]. 银川:宁夏医科大学, 2018.

- [10] 牛舜. 颗粒诱导人工关节无菌性松动机理的研究、药物复合涂层假体的制备及其对假体松动的预防作用 [D]. 西安: 第四军医大学, 2012.
- [11] 高昭, 赵宇昊, 何易祥, 等. Marlex 网片在全膝关节置换术后伸肌装置受损治疗中的研究进展 [J]. 实用骨科杂志, 2022, 28(3): 234-237.
- [12] 吾米提·塔西, 刘爱峰, 纪能能, 等. 全膝关节置换术中胫骨假体旋转对线研究进展 [J]. 中华外科杂志, 2022, 60(3): 268-272.
- [13] SAFFARINI M, NOVER L, TANDOGAN R, et al. The original Akagi line is the most reliable: a systematic review of landmarks for rotational alignment of the tibial component in TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(4):1018-1027.
- [14] FANG CH, CHENG CK, QU TB, et al. The Posterolateral Corner-Locked Technique Is Applicable in a Chinese Population Regarding the Tibial Component Rotation Alignment in Total Knee Arthroplasty. *J Knee Surg.* 2020;33(5):466-473.
- [15] POPESCU R, HARITINIAN EG, CRISTEA S. Methods of intra- and post-operative determination of the position of the tibial component during total knee replacement. *Int Orthop.* 2020;44(1):119-128.
- [16] ROSSI R, BRUZZONE M, BONASIA DE, et al. Evaluation of tibial rotational alignment in total knee arthroplasty: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(7):889-893.
- [17] KAWAGUCHI K, INUI H, YAMAGAMI R, et al. A new technique for determining the rotational alignment of the tibial component during total knee arthroplasty. *Knee.* 2021;29:323-331.
- [18] ECKHOFF DG, JOHNSTON RJ, STAMM ER, et al. Version of the osteoarthritic knee. *J Arthroplasty.* 1994;9(1):73-79.
- [19] ECKHOFF DG, METZGER RG, VANDEWALLE MV. Malrotation associated with implant alignment technique in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;(321):28-31.
- [20] KIM JI, JANG J, LEE KW, et al. Anterior tibial curved cortex is a reliable landmark for tibial rotational alignment in total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):252.
- [21] SAFFI M, SPANGHEHL MJ, CLARKE HD, et al. Measuring Tibial Component Rotation Following Total Knee Arthroplasty: What Is the Best Method? *J Arthroplasty.* 2019;34(7S):S355-S360.
- [22] MA Y, MIZU-UCHI H, USHIO T, et al. Bony landmarks with tibial cutting surface are useful to avoid rotational mismatch in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(5): 1570-1579.
- [23] 李叶天, 刘富恩, 尹力, 等. 膝关节置换中以 ROM 技术定位胫骨假体的旋转力线 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(24): 3840-3845.
- [24] 陶坤, 吴宇黎, 祝云利, 等. 全膝关节置换术中胫骨假体旋转确定方法的比较研究 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2009, 24(4): 301-304.
- [25] 刘欣. 初次全膝关节置换术中两种胫骨假体旋转对线方法的对比研究 [D]. 太原: 山西医科大学, 2020.
- [26] 胡鸿鹏, 高勇岗, 刘泽明, 等. 膝关节炎患者膝关节内翻畸形与胫骨旋转角关系的临床研究 [J]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2019, 5(2): 99-104.
- [27] PANNI AS, ASCIONE F, ROSSINI M, et al. Tibial internal rotation negatively affects clinical outcomes in total knee arthroplasty: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(6): 1636-1644.
- [28] ROUSSOT MA, VLES GF, OUSSEDIK S. Clinical outcomes of kinematic alignment versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: a systematic review. *EFORT Open Rev.* 2020;5(8):486-497.
- [29] 金焱. 华南人群 OA 患者与健康人群胫骨旋转对位研究 [D]. 广州: 南方医科大学, 2021.
- [30] OHMORI T, KABATA T, KAJINO Y, et al. A proposed new rotating reference axis for the tibial component after proximal tibial resection in total knee arthroplasty. *PLoS One.* 2018;13(12):e0209317.
- [31] 史博, 孙振辉, 杨涛, 等. 内翻型膝关节骨性关节炎患者股胫关节扭转和胫骨假体旋转定位研究 [J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(23): 2339-2344.
- [32] 窦勇, 周一新, 柳剑, 等. 基于 Akagi 轴线对膝骨关节炎患者胫骨旋转参考轴线的相关研究 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(2): 97-101.
- [33] 余华晨, 温宏, 张宇, 等. Akagi 线作为全膝关节置换胫骨近端假体旋转对线的可靠性研究 [J]. 中国骨伤, 2015, 28(10): 884-887.
- [34] 路玉峰, 任小宇, 郝阳泉, 等. 胫骨前嵴作为全膝关节置换术胫骨假体旋转对位解剖参考的可靠性研究 [J]. 中国骨伤, 2021, 34(5): 417-424.

(责任编辑: GD, ZN, ZH)