

• 临床研究 •

膝骨关节炎患者负重位下肢力学相关参数的测量分析

李锡¹ 张永旺¹ 尹世林¹ 张泽坤¹ 陈连伟¹ 王静西² 刘路¹ 颜运涛¹ 杜双庆^{1△}

[摘要] 目的:测量膝骨关节炎(KOA)患者下肢力学相关参数并观察其改变规律,以期为中医正骨手法的实施提供参考。方法:纳入2022年3月至2023年11月因膝骨关节炎行负重位双下肢全长X线摄片的患者333例,测量全部患者双侧下肢髌膝踝角(HKA)、股骨近端外侧角(LPFA)、机械轴股骨远端外侧角(mLDFA)、机械轴胫骨近端内侧角(mMPTA)、机械轴胫骨远端外侧角(mLDTA)、胫骨股骨关节线夹角(JLCA)、股骨解剖机械轴角(AMA)及机械轴偏移距离(MAD);并将每位患者疼痛较重的一侧定义为患侧,疼痛较轻或无症状的一侧定义为对侧。对自身患侧、对侧进行上述相关参数的比较,并将两侧参数分别与健康人群作对比,观察其变化规律。结果:全部膝骨关节炎患者中患侧组、对侧组髌膝踝角等参数组间比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);两组患者髌膝踝角等参数均偏离正常参考值范围($P<0.05$)。亚组分析中,膝内翻组、膝外翻组、中立位组患侧、对侧组在髌膝踝角等参数组间、组内相比差异均有统计学意义($P<0.05$)。膝内翻组对侧髌膝踝角等参数偏离正常参考值;亚组分析中膝内翻组无论患侧或对侧在股骨近端外侧角、机械轴胫骨远端外侧角方面差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:膝骨关节炎患者双下肢力学参数偏离正常参考值,患侧偏离程度常大于对侧,以膝内翻和中立位为主要表现。膝内翻、膝外翻和中立位各组下肢力线解剖位置不同,分析结果提示膝骨关节炎患者常存在患肢股骨与胫骨旋转,提示手法治疗重点可侧重于下肢旋转的复位。充分了解膝骨关节炎患者下肢力学参数有助于精确、合理运用中医理筋正骨手法。

[关键词] 膝骨关节炎;下肢力线;髌膝踝角;正骨;手法治疗

[中图分类号] R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2024)10-0032-08

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.241006

Measurement and Analysis of Lower Limb Mechanics Related Parameters in Patients with Knee Osteoarthritis in Weight-Bearing Position

LI Xi¹ ZHANG Yongwang¹ YIN Shilin¹ ZHANG Zekun¹ CHEN Lianwei¹WANG Jingxi² LIU Lu¹ YAN Yuntao¹ DU Shuangqing^{1△}

¹ First Affiliated Hospital of Hebei University of Chinese Medicine, Shijiazhuang 050011, China;

² Hebei Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shijiazhuang 050011, China.

Abstract Objective: To measure the lower limb mechanics related parameters of patients with knee osteoarthritis (KOA) and observe its change rule, in order to provide reference for the implementation of traditional Chinese medicine (TCM) bone-setting manipulation. **Methods:** From March 2022 to November 2023, 333 patients with KOA who underwent full-length X-ray examination of both lower limbs in weight-bearing position were enrolled. The hip-knee-ankle angle (HKA), lateral proximal femoral angle (LPFA), mechanical lateral distal femoral angle (mLDFA), mechanical medial proximal tibial angle (mMPTA), mechanical lateral distal tibial angle (mLDTA), tibial-femoral joint line convergence angle (JLCA),

femoral anatomical mechanical axis angle (AMA) and mechanical axis deviation distance (MAD) were measured. For each patient, the side with severe pain was defined as the affected side, and the side with mild pain or no symptoms was defined as the contralateral side. The above parameters were compared between the affected side and the contralateral side, and the parameters of both sides were compared with

基金项目:河北省科学技术厅重点研发计划项目(22377125D)

河北省中医药管理局科研计划项目(2023319)

¹ 河北中医药大学第一附属医院(石家庄,050011)

² 河北省中医院

△通信作者 E-mail:szdushuangqing@sina.com

those of the healthy people to observe their changes. **Results:** In all KOA patients, there were statistically significant differences in HKA between the affected and contralateral groups ($P<0.05$). HKA and other aspects of the two groups deviated from the normal reference range ($P<0.05$). In the subgroup analysis, there were significant differences in HKA between the affected side and the contralateral side in the varus group, the valgus group, and the neutral position group ($P<0.05$). The HKA of the contralateral knee in the varus group deviated from the normal reference value ($P<0.05$). Subgroup analysis showed that there was no significant difference in LPFA and mLDTA between the affected side and the contralateral side in the varus group ($P>0.05$). **Conclusion:** The mechanical parameters of lower limbs in KOA patients deviate from the normal reference value, and the deviation of the affected side is often greater than that of the contralateral side. Knee varus and neutral position are the main manifestations. The anatomy of the lower limb alignment is different in the varus, valgus, and neutral positions of the knee. The analysis results suggest that the femur and tibia rotation of the affected limb often exist in KOA patients, suggesting that the key point of manual treatment can be focused on the reduction of lower limb rotation. Fully understanding the lower limb mechanics of KOA patients is helpful for accurate and reasonable use of traditional Chinese medical tendon bone setting techniques.

Keywords: knee osteoarthritis; lower limb alignment; hip-knee-ankle angle; bone setting; manual therapy

膝骨关节炎(Knee Osteoarthritis, KOA)是临床常见病、多发病,其特点是膝关节周围疼痛、肿胀、僵硬并伴有活动受限,严重影响患者的日常生活质量^[1]。近年来多项研究表明,力学失衡是其发病因素之一,下肢力线的改变会造成膝关节内、外侧间室生理性负荷发生变化,导致膝关节内、外侧间室失衡,加速关节软骨退变,导致膝骨关节炎的发病^[2-4]。但目前对于膝骨关节炎患者下肢力线及相关力学参数的测量常应用于行全膝关节置换术(TKA)患者的术前评估,以便于指导全膝关节置换术^[5-7],尚未见其测量分析应用于指导手法治疗等非手术治疗的相关报道。本研究在临床诊疗中观察到膝骨关节炎患者的下肢力学相关参数与健康人群存在显著差异,并且患者自身的患侧与对侧也表现出明显的差异。这要求在制定治疗方案时,需要充分考虑患者的具体情况,进行个性化的治疗。本研究致力于弥补当前膝骨关节炎患者下肢力学参数方面研究的空白,并期望为手法治疗的应用提供参考。通过分析和探讨膝骨关节炎患者的下肢力学特征,希望能够为手法治疗等非手术治疗方式提供更准确、更科学的依据,现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

回顾性分析河北中医药大学第一附属医院(河北省中医院)骨伤科 2022 年 3 月至 2023 年 11 月,因膝骨关节炎行双下肢全长 X 线摄片的患者 378 例,根据纳入和排除标准共纳入患者 333 例。设计自身配对对照,根据患者下肢患侧情况分为患侧组和对侧组,若两侧同时患病则以症状较重一侧为患侧。本研究通过本院医学伦理委员会审批,批号为 HBZY2022-KY-068-0168-01,所有患者自愿并签署知情同意书。

1.2 诊断标准

依据《骨关节炎诊疗指南(2018 版)》中关于膝骨

关节炎的诊断标准^[8]。

1.3 纳入标准

1)符合诊断标准;2)单侧或双侧,男女不限;3)在我院行负重位双下肢全长 X 线摄片。

1.4 排除标准

1)既往腰、髋、膝、踝存在手术病史者(如曾行膝关节置换术、髋关节置换术及腰椎开放性手术者);2)患者 X 线摄体位不符合既定标准,或成像质量不佳者,以及后期拼接不达标者。成像设备及摄片体位:使用 Optima XR646 HD 数字化医用 X 线摄影系统,检查床调节至站立垂直位,站立支架板调节至可移动位置最高档(距地面约 35 cm),球管焦点与探测器距离为 100 cm;曝光范围为上缘包括 L₁ 椎体,下缘包括踝关节;患者背靠摄影床站立,面朝球管正身直立,双手扶支架两侧把手,双足并拢,髌骨及足尖朝正前方,双下肢伸直、后缘紧贴摄影床。使用全景摄影方式,球管自动从上至下曝光,同时探测器随球管从上至下移动,连续曝光计算机自动拼接生成双下肢全长负重位 X 线片图像,见图 1。



图 1 标准体位摄片

1.5 测量指标^[9-10]

1) 髌膝踝角(HKA): 股骨头中心点和股骨髁顶点中点的连线与股骨髁间窝顶点中点和距骨中心点的连线所形成的夹角。2) 股骨近端外侧角(LPFA): 股骨头中心与大粗隆最高点的直线, 连接股骨头中心与膝关节中心划一条直线即股骨机械轴, 两者之间所形成的外侧夹角。3) 股骨远端外侧角(LDFA): 股骨干下段轴线(解剖轴)与股骨内外侧髁远端切线(关节线)在膝关节外侧所形成的夹角。4) 机械轴胫骨近端内侧角(mMPTA): 胫骨机械轴与胫骨平台内外缘连线的内侧夹角。5) 机械轴胫骨远端外侧角(mLDTA): 胫骨机械轴与胫骨远端关节线的外侧夹角。6) 胫骨股骨关节线夹角(JLCA): 胫骨近端关节线与股骨远端关节线之间的夹角。7) 股骨解剖轴与机械轴形成的夹角(AMA): 股骨头中心点和股骨髁顶点中点的连线与股骨干长轴(股骨大转子尖与股骨髁间窝中点的连线)形成的夹角。8) 机械轴偏移距离(MAD): 下肢机械轴与胫骨髁间嵴的中点之间的距离。

测量方式均选用联影智能 AI 软件自动测量^[11], 共有 6 人抄录统计软件, 6 人核查, 每例患者均保存测量截图, 见图 2 和图 3。比较膝骨关节炎患者患侧与对侧的上述下肢力学参数的差异性并分别与健康人群

相比较。健康人群数据中的髌膝踝角、机械轴股骨远端外侧角、机械轴胫骨近端内侧角、股骨解剖机械轴来源于我国台湾地区的一项研究^[12]。由于股骨近端外侧角、胫骨股骨关节线夹角、机械轴偏移距离我国未见大样本健康人群数据报告, 故选用国外相关数据作为参考^[13-14]。机械轴胫骨远端外侧角目前尚未见报告正常人群的相关统计数据。

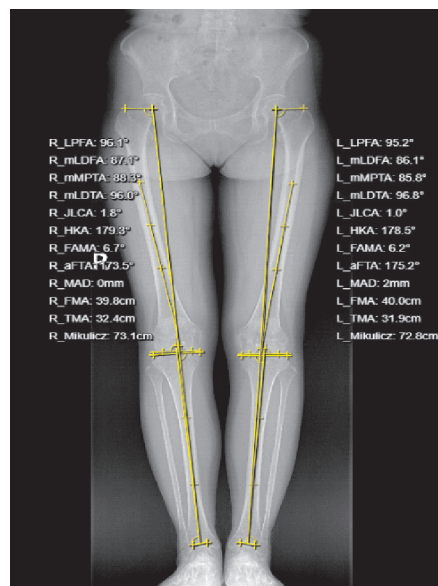
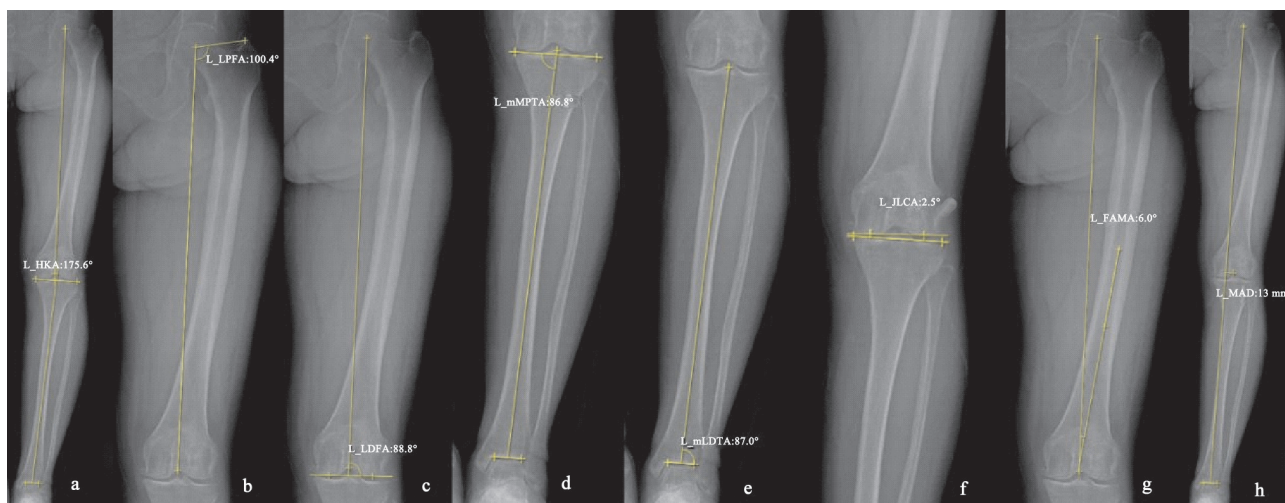


图2 联影智能人工智能软件测量结果



a) 髌膝踝角(HKA); b) 股骨近端外侧角(LPFA); c) 股骨远端外侧角(LDFA); d) 机械轴胫骨近端内侧角(mMPTA); e) 机械轴胫骨远端外侧角(mLDTA); f) 胫骨股骨关节线夹角(JLCA); g) 股骨解剖轴与机械轴形成的夹角(AMA); h) 机械轴偏移距离(MAD)

图3 测量指标及测量结果

1.6 统计学方法

应用 SPSS21.0 软件进行统计学分析, 计量数据资料符合正态分布采用 $\bar{x} \pm s$ 形式描述, 不符合正态分布者以中位数(四分位数间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 形式描述; 患侧与对侧数据组间符合正态分布者采用配对样本 t 检验, 不符合正态分布者采用配对样本秩和检验; 与健康人群比较采用单样本 t 检验或单样本秩和检验; $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料

根据纳入和排除标准共纳入患者 333 例, 膝骨关节炎患者的基本资料见表 1。

2.2 膝骨关节炎患者患侧及对侧下肢力学参数分析

膝骨关节炎患者的患侧 HKA、LPFA、mMPTA、JLCA、AMA、MAD 与对侧配对比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 且无论患侧与对侧 HKA、mLDFA、

表 1 膝骨关节炎患者的基本资料 [n=333,M(P₂₅,P₇₅)]

性别		年龄	患侧		身高	体重	病程	K-L 分级			体重指数
男/例	女/例	/岁	左/例	右/例	/cm	/kg	/年	Ⅱ/例	Ⅲ/例	Ⅳ/例	/(kg·cm ⁻²)
72	261	61(56,69)	169	185	16(158,166)	68.0(61.8,75.0)	2.0(0.6,4.0)	134	146	53	26.0±3.1

mMPTA、JLCA、AMA、MAD 均与健康人群差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

表 2 膝骨关节炎患者患侧和对侧下肢力学参数测量结果[M(P₂₅,P₇₅)]

参数	患侧	对侧	正常参考值 ^[12-14] ($\bar{x}\pm s$)	Z	P
HKA/(°)	2.7(0.7,6.0) ¹⁾	2.9(0.7,5.0) ¹⁾	1.20±3.10	-2.004	0.045
LPFA/(°)	86.60(83.15,90.25)	85.70(82.35,89.90)	86.58±4.77	-2.659	0.008
mLDFA/(°)	87.10(85.60,88.86) ¹⁾	87.2(85.5,88.8) ¹⁾	87.30±2.40	-1.001	0.317
mMPTA/(°)	86.2(84.5,87.9) ¹⁾	86.5(84.8,88.1) ¹⁾	85.50±2.20	-2.585	0.010
mLDTA/(°)	90.5(88.7,92.5)	90.90(89.05,92.70)	—	-2.359	0.018
JLCA/(°)	2.5(1.3,3.6) ¹⁾	2.4(1.3,3.3) ¹⁾	0.60±1.90	-1.888	0.059
AMA/(°)	6.8(6.1,7.4) ¹⁾	6.9(6.1,7.6) ¹⁾	5.80±1.40	-0.338	0.736
MAD/mm	7(0,17) ¹⁾	6(0,14) ¹⁾	4.83±5.58	-2.834	0.005

注:Z 值与 P 值为患侧与对侧配对比较结果。1)与正常参考值相比, $P<0.05$ 。

2.3 膝骨关节炎患者患侧和对侧下肢力学参数亚组统计分析
根据患侧下肢力线情况,膝骨关节炎患者可分为膝内翻组(HKA $\geq 3^\circ$)158 例、膝外翻组(HKA $\leq -3^\circ$)18 例、中立位组($-3^\circ\leq \text{HKA}\leq 3^\circ$)157 例^[7]。分组结果显示膝内翻组、膝外翻组与中立位组膝骨关节炎患者患侧髌膝踝角均较对侧更偏离正常参考值,见表 3-表 5。

表 3 膝内翻组患者患侧和对侧髌膝踝角等参数比较[M(P₂₅,P₇₅)]

参数	患侧	对侧	Z	P
HKA/(°)	6.25(4.40,9.00) ¹⁾	4.60(2.76,6.90) ¹⁾	-6.879	<0.001
LPFA/(°)	85.95(82.18,90.23)	85.45(81.60,89.50)	-1.017	0.309
mLDFA/(°)	90.10(89.20,91.75) ¹⁾	90.15(88.53,90.95) ¹⁾	-4.720	<0.001
mMPTA/(°)	80.65(79.13,82.80) ¹⁾	82.10(80.68,84.50)	-5.317	<0.001
mLDTA/(°)	90.8(89.6,92.3)	90.0(86.9,93.6)	-1.371	0.170
JLCA/(°)	5.30(3.73,5.95) ¹⁾	4.2(2.6,5.8) ¹⁾	-3.477	<0.001
AMA/(°)	6.80(5.95,7.55) ¹⁾	7.10(6.65,7.65) ¹⁾	-0.259	0.796
MAD/mm	39(36,50) ¹⁾	32.0(24.0,43.5) ¹⁾	-7.166	<0.001

注:Z 值与 P 值为患侧与对侧配对比较结果。1)与正常参考值相比, $P<0.05$ 。

表 4 中立位组患者患侧和对侧髌膝踝角等参数比较[M(P₂₅,P₇₅)]

参数	患侧	对侧	Z	P
HKA/(°)	1.0(0.1,2.1) ¹⁾	1.2(0.1,2.9)	-3.239	0.001
LPFA/(°)	87.70(83.65,90.50)	86.40(82.90,90.15)	-1.970	0.049
mLDFA/(°)	87.30(86.78,88.63) ¹⁾	87.35(86.50,88.45) ¹⁾	-2.229	0.026
mMPTA/(°)	87.25(85.80,88.08) ¹⁾	86.70(85.13,88.48) ¹⁾	-0.911	0.362
mLDTA/(°)	90.9(87.6,92.6)	91.2(86.5,93.2)	-2.103	0.036
JLCA/(°)	1.45(0.82,2.10) ¹⁾	1.1(0.6,2.4)	-0.683	0.494
AMA/(°)	6.9(6.1,7.3) ¹⁾	7.10(6.65,7.75)	-0.054	0.957
MAD/mm	7.0(6.5,7.0) ¹⁾	8.0(3.5,10.5) ¹⁾	-2.641	0.008

注:Z 值与 P 值为患侧与对侧配对比较结果。1)与正常参考值相比, $P<0.05$ 。

表 5 膝外翻组患者患侧和对侧髌膝踝角等参数比较[M(P₂₅,P₇₅)]

参数	患侧	对侧	Z	P
HKA/(°)	-4.0(-5.0,-3.6) ¹⁾	0.75(-1.60,4.65)	-3.419	<0.001
LPFA/(°)	86.70(81.93,90.60)	84.65(79.96,87.75)	-2.592	0.010
mLDFA/(°)	83.85(83.28,85.45) ¹⁾	86.65(83.93,86.65) ¹⁾	-2.297	0.022
mMPTA/(°)	88.95(87.85,91.10) ¹⁾	87.75(86.40,89.53) ¹⁾	-2.875	0.004
mLDTA/(°)	89.4(87.3,91.7)	90.3(87.7,92.1)	-0.570	0.955
JLCA/(°)	-0.75(-2.06,-0.08)	0.91(0.63,1.58) ¹⁾	-2.940	0.003
AMA/(°)	6.40(5.65,7.05) ¹⁾	6.30(5.85,7.25) ¹⁾	-0.742	0.458
MAD/mm	-15(-18,-13) ¹⁾	-2(-8,8)	-3.433	<0.001

注:Z 值与 P 值为患侧与对侧配对比较结果。1)与正常参考值相比, $P<0.05$ 。

3 讨论

3.1 膝骨关节炎患者下肢力学相关参数差异性分析

本研究在观察分析膝骨关节炎患者患侧力学参数的同时,首次将患者对侧膝关节力学参数纳入统计分析。其原因为健康人群人体应双下肢平衡负重^[15],而膝骨关节炎患者往往先单侧发病,迁延日久者导致对侧发病^[16]。目前检索文献并未发现患侧与对侧之间的力学关系研究,为弥补这一研究空白,本研究初步分析膝骨关节炎患者双下肢力学参数变化规律及相互关系,为临床诊疗提供参考。需要指出的是,结果显示全部膝骨关节炎患者的对侧髌膝踝角较患侧更偏离正常值,同样还包括股骨近端外侧角和股骨解剖机械轴角,这提示膝骨关节炎患者的对侧较患侧更加畸形,而与髌膝踝角意义近似的机械轴偏移距离却不存在上述现象。针对上述情况,为排除膝内翻和膝外翻的混杂因素,将病例按照患肢下肢力线分组,分为膝内翻组、中立位组及膝外翻组。此种分组方法可降低膝内翻和膝外翻畸形膝骨关节炎患者混杂统计分析时的交互作用。三个亚组的设置更容易观察膝骨关节炎患者的患侧和对侧力学参数自身及较健康人群的变化规律。

本研究结果表明,膝骨关节炎患者下肢力线(HKA)多以膝内翻及中立位为主,本研究膝内翻占比为47.4%(158/333)、中立位占比为47.1%(157/333),膝外翻占比仅为5.4%(18/333)。这与比利时的一项研究结果有所不同^[17],该研究膝内翻占比为56.3%(130/231),中立位占比为25.1%(58/231),膝外翻占比为18.6%(43/231)。在排除种族差异性等原因后,推测其最有可能的原因是该项研究的力学参数采集是在受试者非负重体位下进行,并不同于本研究负重体位下。本研究样本量较大,且进行了负重位患侧和对侧双下肢力线测量,能够较为准确地反映膝骨关节炎患者下肢力线分布情况。本研究首次对膝骨关节炎患者进行对侧下肢力线分析,既往文献中研究大都集中在患肢,在临床中发现膝骨关节炎患者一般单侧发病,而病程长者常累及对侧同时患病。人体脊柱-骨盆-下肢也是一个完整的直立行走运动单元^[18],针对此种情况,本研究在与常规健康人群下肢力线比较的同时,纳入患者自身对侧比较,以分析其力线改变情况,更具临床意义。结果表明,膝骨关节炎患者患侧和对侧在髌膝踝角、股骨近端外侧角、机械轴胫骨近端内侧角、机械轴偏移距离方面差异有统计学意义,这一情况在进行亚组分析中更为显著。膝内翻组的患侧和对侧与健康人群相比均存在显著差异,但对侧偏移正常值较患侧小;而中立位膝骨关节炎患者患侧的髌膝踝角较对侧呈现负向偏移,亦即在中立位的膝骨关节炎患者中其患侧(即疼痛较重的一侧)可能存在较对侧的轻度外翻;膝

外翻组显示患侧并未明显累及对侧的髌膝踝角改变。以上提示患肢膝内翻的膝骨关节炎患者常易累及双下肢力线同时改变,而这一现象在中立位组及膝外翻组中并不常见。结合临床诊疗实践,在收治轻度内翻或有内翻趋势的膝骨关节炎患者时应着重干预患肢的下肢力线,预防双下肢畸形的形成,这当然需要前瞻性的随机对照试验(RCT)或队列研究加以验证,但由于畸形的形成与改变是一个长期应力过程,所需观察周期较长,本团队临床试验正在进行中,尚不能得出因果推断。

3.2 膝骨关节炎患者下肢畸形来源分析

髌膝踝角下肢力线也叫髌-膝-踝角,造成其变化的原因主要来源于股骨、胫骨与股胫关节间隙,本次测量所选取监测股骨来源指标有股骨近端外侧角、股骨远端外侧角以及股骨解剖轴与机械轴夹角;由于胫骨机械轴与解剖轴大致吻合,只选取了胫骨近端内侧角和机械轴胫骨远端外侧角作为胫骨监测指标,关节间隙直接选取关节间隙夹角进行监测。结果表明在股骨方面,股骨近端外侧角无论在膝骨关节炎患者整体统计分析还是进行亚组分析时,患侧和对侧及与健康人群相比均无明显差异,这一现象表明膝骨关节炎可能对股骨近端的外侧角影响较小;而股骨远端外侧角在膝骨关节炎整体人群中未见与正常参考值明显差异,但亚组分析显示股骨远端外侧角膝内翻组呈增大、膝外翻组呈减小趋势,且膝内翻组股骨解剖轴与机械轴夹角无论患侧和对侧均偏离正常值,而股骨作为一个整体,在其近端和远端表现出不同的形态变化特征。具体来说,股骨近端外侧角在膝骨关节炎患者中并未见明显变化,这表明股骨近端的解剖结构在疾病进展过程中相对稳定;然而股骨远端外侧角则发生了显著改变,这提示股骨远端可能存在形变或旋转的情况。股骨远端形变可能由多种因素导致,包括关节面的磨损、软骨下骨的硬化以及骨赘的形成等。这些病理变化可能导致股骨远端的外侧角发生变化,进而影响下肢的整体力线。此外,股骨的旋转也是一个不可忽视的因素。在膝骨关节炎患者中,由于关节面的不对称磨损或肌肉韧带的张力变化,股骨可能会发生旋转,进一步影响股骨远端外侧角的测量值。这一现象的出现,不仅揭示了膝骨关节炎患者下肢力线畸形的复杂机制,也为临床治疗提供了新的思路。在治疗过程中,需要综合考虑股骨远端形变和旋转的可能性,制定个性化的治疗方案。例如,对于存在股骨远端形变的患者,可能需要通过手术来纠正其形态异常;而对于存在股骨旋转的患者,则可能需要通过调整肌肉韧带的张力或进行关节置换手术来恢复其正常力线。而在胫骨方面,机械轴胫骨远端外侧角在膝内翻组与膝外翻组

患侧和对侧比较未见明显差异(这与股骨侧股骨近端外侧角相似);膝内翻组股骨近端外侧角中位数为 80.65° ,较正常值 $85.5^\circ \pm 2.2^\circ$ 显著减小,膝外翻组显著增大,提示胫骨内翻为膝骨关节炎患者下肢力线畸形的重要原因。关节间隙胫骨股骨关节线夹角在膝内翻组患侧中位数达 5.3° ,较正常参考值 $0.6^\circ \pm 1.9^\circ$ 显著增大,膝外翻组呈减小趋势,亚组分析中股骨远端外侧角膝内翻组中位数为 90.1° (参考值为 $87.0^\circ \pm 2.4^\circ$),股骨近端外侧角为 80.65° (参考值为 $85.5^\circ \pm 2.2^\circ$)。这表明膝骨关节炎患者股骨侧与胫骨侧均为关节间隙内翻畸形主要原因,与此前的几项研究认为膝内翻畸形主要来源于胫骨侧而非股骨侧的结果不同^[19-20]。但需要指出的是,本研究股骨近端外侧角与机械轴胫骨远端外侧角并未随着股骨内翻和胫骨内翻而发生明显变化,这均提示膝骨关节炎患者的股骨与胫骨可能存在形变或以膝关节为中心的旋移。

3.3 膝骨关节炎患者下肢力学参数测量对中医正骨手法应用的指导意义

中医正骨手法是中医骨伤科常用的一种外治法,在临床实践中广泛应用于慢性筋骨病的治疗。虽然正骨手法在调整骨骼结构、恢复关节功能方面有显著效果,但关于其是否能直接干预人体下肢力线的问题,目前尚无明确的科学研究证实。本研究团队在临床诊疗中对膝骨关节炎患者采取脊、髌、膝、踝整体性手法治疗,发现尽管正骨手法不能直接改变下肢力线,但可以帮助调整骨骼和关节的位置,从而可能间接影响下肢力线的表现。通过前期回顾性研究,发现正骨手法对人体下肢力线具有一定的干预作用。然而这一干预作用并非完全按照笔者最初的设想进行,即直接使下肢力线恢复或接近正常参考值。相反,研究结果更倾向于显示,正骨手法治疗后患者的下肢力线改变趋势往往是更接近于患者自身对侧下肢力线,这一现象可能反映了人体自身的适应性和代偿机制。每个人的身体结构和力学平衡都是独特的,正骨手法可能更多地是在调整和优化患者自身的力学平衡,而不是简单地追求一个标准化的正常参考值。因此,治疗后下肢力线的改变趋势可能更多地反映了患者个体的自身特点和需求。此外,研究中还发现部分患者治疗后随着临床症状的缓解,反而出现下肢力线更加偏离正常参考值的现象。这可能是由于治疗过程中对骨骼和关节的调整引发了身体的代偿性反应,或者是由于患者个体差异导致的不同治疗反应。这也提示在应用正骨手法治疗时,需要充分考虑患者的个体差异和具体情况,制定个性化的治疗方案。上述现象提示膝骨关节炎患者双下肢力学参数之间存在交互影响的复杂力学关系,临床治疗时在关注患肢下肢力线改变的同时,更需要关

注自身对侧的下肢力学相关参数的变化。基于此,本研究通过回顾性分析总结膝骨关节炎患者自身患侧和对侧的下肢力学相关参数的分布情况,希望可以为手法治疗恢复力线的程度与方式提供参考。

膝骨关节炎患者的下肢畸形改变是膝关节长期应力改变的结果,在其早期仅有轻度内翻或外翻,伴有屈曲及旋转,但是迁延日久就会造成股骨远端及胫骨近端甚至股骨干的畸形改变,重度畸形有着极高的致残率,最终只能通过人工全膝关节置换术来重建下肢力线,改善患肢功能^[21-22],所以早期干预力线异常尤为重要。本研究结果显示膝内翻畸形为膝骨关节炎患肢畸形的主要表现,但是亚组分析中,中立位组膝骨关节炎患者患肢较对侧外翻更轻,结合临床患者体征,推测其原因可能是由于中立位组膝骨关节炎患者大都病程较短,由于躯体避痛机制使患者站立时重心更加倾向对侧,导致患肢负重减少,从而影响其髌膝踝角负重位测量的准确性^[23-24]。而慢性膝骨关节炎患者其病程较长,躯体代偿机制发挥充分,导致其患肢耐受疼痛能力增加及负重力点的改变,使其畸形加重^[25-27]。需要注意的是,本研究在分析膝骨关节炎患者下肢畸形来源时,结果表明其畸形主要来源于股骨远端、胫骨侧及关节间隙,而股骨近端无论在膝骨关节炎患者整体及亚组分析时均未见明显影响,即使在膝内翻组机械轴偏移距离中位数高达 39 mm 的情况下,其股骨近端外侧角仍未见明显改变。然而股骨作为一个整体,股骨近端也应随着股骨远端以及股骨解剖轴与机械轴的夹角发生改变,而在上述数据测量分析时并未发现这一现象。经体格检查及综合分析,推测其未见改变的原因除股骨变形外,很有可能是由于股骨远端发生旋转,即股骨发生以远端为中心的旋移。本研究提出这样一个假设,即膝骨关节炎的发病机制之一是存在股骨旋移,但是如何判断股骨旋移的具体方向每个患者各有不同,还需结合髌关节与股骨三维重建进行分析。此前,有研究证实了胫骨内翻与股骨旋转的相关性^[28-30],这提示膝骨关节炎患者手法治疗的重点不应局限于膝关节局部,更应注重股骨与胫骨的整体干预;且中立位组的膝骨关节炎患者治疗重点为尽快恢复人体正常下肢力线,平衡膝关节负重,尽量避免下肢畸形的形成。针对已经形成畸形的患者,治疗重点在于使两侧膝关节力线平衡,甚至可适当加大其旋转畸形状态以更好完成躯体的代偿平衡,不可一味用手法粗暴干预,强行纠正下肢力线。本研究针对上述问题,也设计了相应的前瞻性研究,有待进一步探究膝骨关节炎发病力学因素及手法作用机制。

综上所述,对于膝骨关节炎患者自身患侧和对侧下肢力线的测量分析,可为中医正骨手法的实施提供

参考,即在采用中医正骨手法治疗膝骨关节炎时,正骨手法更适用于下肢力线改变初期的调整,目的在于使其恢复下肢正常力线,避免畸形的形成。而一旦下肢畸形明显形成,若采取手法治疗应顺应其机体代偿改变,进行相应调整,甚至可通过手法适当加大其畸形趋势来帮助身体完成代偿改变,这一点在许多无症状的膝内翻膝骨关节炎人群中有所体现^[31]。若保守治疗不佳或患者欲恢复下肢形态,目前只有通过侵入性治疗进行纠正^[32]。

本研究存在的不足:本研究虽然样本量在同类研究中较大,但是膝外翻型膝骨关节炎患者较少,可能存在一定偏倚,但此项回顾性研究也发现膝外翻患者占膝骨关节炎人群中比例较少,结果显示仅占 5.4%,且男女性别比为 1:3.6,与正常人群参考值相比可能也存在不平衡现象。其次,在选择力学参数参考值时,由于在股骨近端外侧角、胫骨股骨关节线夹角、机械轴偏移距离方面未见我国大样本、多年龄段的综合数据,故选取了日本、比利时的相应研究数据作为参考。然而,由于人种、地域和生活习惯等差异,这些数据可能与我国人群存在一定差异,导致研究结果的可比性下降。为了更准确地反映我国膝骨关节炎患者的下肢力学特征,未来研究应加强对我国人群相关数据的收集和整理,建立适合我国人群的力学参数参考值范围。且本研究仅选取了就诊于本院的膝骨关节炎患者下肢力学参数,未进行全国多地区的数据收集,这可能导致研究结果受到地域性因素的影响,缺乏全国范围内的普遍性和代表性。为了克服这一局限性,未来研究应扩大数据来源,进行多地区、多中心的数据收集和分析,以更全面、准确地了解我国膝骨关节炎患者的下肢力学特征。

参考文献

- [1] 王斌,邢丹,董圣杰,等.中国膝骨关节炎流行病学和疾病负担的系统评价[J].中国循证医学杂志,2018,18(2):134-142.
- [2] MATSUMOTO T, NAKANO N, ISHIDA K, et al. Ground kinematically aligned total knee arthroplasty: new personalized technique which enables a stable knee with deep flexion[J]. Int Orthop, 2023, 47(9): 2215-2223.
- [3] BROWN M J C, DEAKIN A H, PICARD F, et al. Lower limb alignment becomes more varus and hyperextended from supine to bipedal stance in asymptomatic, osteoarthritic and prosthetic neutral or varus knees[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(5): 1635-1641.
- [4] TARASSOLI P, WOOD J A, CHEN D B, et al. Arithmetic hip-knee-ankle angle and stressed hip-knee-ankle angle: equivalent methods for estimating constitutional lower limb alignment in kinematically aligned total knee arthroplasty[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2022, 30(9): 2980-2990.
- [5] 高嘉翔,邢丹,林剑浩.下肢力线的测量及其在全膝关节置换术中的应用[J].中华外科杂志,2020,58(6):478-480.
- [6] 孙茂淋,何锐,张颖,等.健康人群下肢力线测量在全膝关节置换术中的应用[J].中华骨与关节外科杂志,2019,12(8):584-588.
- [7] 窦勇,李平,郭邵逸,等.严重膝关节类风湿关节炎患者下肢力线的测量分析[J].中华骨与关节外科杂志,2022,15(2):99-104.
- [8] 中华医学会骨科学分会关节外科学组.骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J].中华骨科杂志,2018,38(12):705-715.
- [9] SCHIRALDI M, BONZANINI G, CHIRILLO D, et al. Mechanical and kinematic alignment in total knee arthroplasty[J]. Ann Transl Med, 2016, 4(7): 130.
- [10] SARMAH S S, PATEL S, HOSSAIN F S, et al. The radiological assessment of total and unicompartmental knee replacements[J]. J Bone Joint Surg Br, 2012, 94(10): 1321-1329.
- [11] MENG X, WANG Z, MA X, et al. Fully automated measurement on coronal alignment of lower limbs using deep convolutional neural networks on radiographic images[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2022, 23(1): 1-11.
- [12] LIN Y H, CHANG F S, CHEN K H, et al. Mismatch between femur and tibia coronal alignment in the knee joint: classification of five lower limb types according to femoral and tibial mechanical alignment[J]. BMC Musculoskeletal Disord, 2018, 19(1): 411.
- [13] BELLEMANS J, COLYN W, VANDENNEUCKER H, et al. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus[J]. Clin Orthop Relat Res, 2012, 470(1): 45-53.
- [14] WANEZAKI Y, SUZUKI A, TAKAKUBO Y, et al. Lower limb alignment in healthy Japanese adults[J]. J Orthop Sci, 2023, 28(1): 200-203.
- [15] RÖSSLER R, WAGNER J, KNAIER R, et al. Spatiotemporal gait characteristics across the adult lifespan: reference values from a healthy population-analysis of the complete cohort study[J]. Gait Posture, 2024, 109: 101-108.
- [16] LIU S, AMIRI P, MCGREGOR A H, et al. Bilateral asymmetry in knee and hip musculoskeletal loading during stair ascending/descending in individuals with unilateral mild-to-moderate medial knee osteoarthritis[J]. Ann Biomed Eng, 2023, 51(11): 2490-2503.
- [17] LUYCKX T, ZAMBIANCHI F, CATANI F, et al. Coronal alignment is a predictor of the rotational geometry of the distal femur in the osteoarthritic knee[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2013, 21(10): 2331-2337.

- [18] KHALIFÉ M, VERGARI C, REBEYRAT G, et al. Femoral neck version in the spinopelvic and lower limb 3D alignment: a full-body EOS® study in 400 healthy subjects[J]. *Eur Spine J*, 2024, 33:1807-1815.
- [19] MOON Y W, PARK J H, LEES S, et al. Distal femoral phenotypes in Asian varus osteoarthritic knees[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30(2):456-463.
- [20] THIENPONT E, SCHWAB P E, CORNU O, et al. Bone morphotypes of the varus and valgus knee[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(3):393-400.
- [21] FATEMA K, RONY M A H, AZAM S, et al. Development of an automated optimal distance feature-based decision system for diagnosing knee osteoarthritis using segmented X-ray images[J]. *Heliyon*, 2023, 9(11):e21703.
- [22] TURKIEWICZ A, PETERSSON I F, BJÖRK J, et al. Current and future impact of osteoarthritis on health care: a population-based study with projections to year 2032[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2014, 22(11):1826-1832.
- [23] COLYN W, VANBECELAERE L, BRUCKERS L, et al. The effect of weight-bearing positions on coronal lower limb alignment: a systematic review[J]. *Knee*, 2023, 43:51-61.
- [24] BARDOT L P, MICICOI G, FAVREAU H, et al. Global varus malalignment increase from double-leg to single-leg stance due to intra-articular changes[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30(2):715-720.
- [25] SALIS Z, SAINSBURY A. Association of long-term use of non-steroidal anti-inflammatory drugs with knee osteoarthritis: a prospective multi-cohort study over 4-to-5 years[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):6593.
- [26] DAMEN J, VAN RIJN R M, EMANS P J, et al. Prevalence and development of hip and knee osteoarthritis according to american college of rheumatology criteria in the CHECK cohort[J]. *Arthritis Res Ther*, 2019, 21(1):4.
- [27] LEÓN-MUÑOZ V J, MANCA S, LÓPEZ-LÓPEZ M, et al. Coronal and axial alignment relationship in Caucasian patients with osteoarthritis of the knee[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):7836.
- [28] JAMALI A A, MEEHAN J P, MOROSKI N M, et al. Do small changes in rotation affect measurements of lower extremity limb alignment? [J]. *J Orthop Surg Res*, 2017, 12(1):77.
- [29] JUD L, TRACHE T, TONDELLI T, et al. Rotation or flexion alters mechanical leg axis measurements comparably in patients with different coronal alignment[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(10):3128-3134.
- [30] PALMER J S, JONES L D, MONK A P, et al. Varus alignment of the proximal tibia is associated with structural progression in early to moderate varus osteoarthritis of the knee[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(10):3279-3286.
- [31] LI X, GU X, JIANG Z, et al. Statistical modeling: assessing the anatomic variability of knee joint space width[J]. *J Biomech*, 2023, 147:111420.
- [32] MIGLIORINI F, FEIERABEND M, HOFMANN U K. Fostering excellence in knee arthroplasty: developing optimal patient care pathways and inspiring knowledge transfer of advanced surgical techniques[J]. *J Healthc Leadersh*, 2023, 15:327-338.

(收稿日期:2024-04-04)

(上接第 31 页)

- [5] AGCA R, HESLINGA S C, ROLLEFSTAD S, et al. EULAR recommendations for cardiovascular disease risk management in patients with rheumatoid arthritis and other forms of inflammatory joint disorders: 2015/2016 update[J]. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 2016, 76(1):17-28.
- [6] 陈李泽成, 李金凤, 乔锋. 调气汤对大鼠类风湿性关节炎的治疗作用和机制研究[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2023, 31(2):6-11.
- [7] 王亚男, 李艳, 武文印, 等. 蒲公英提取物对类风湿性关节炎成纤维样滑膜细胞凋亡及炎症因子的影响[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2023, 31(4):9-14.
- [8] 白伟, 孙洪林, 弓永顺, 等. 疝痹胶囊联合艾拉莫德治疗类风湿性关节炎的临床研究[J]. *现代药物与临床*, 2021, 36(12):2622-2626.
- [9] 杨小兰, 李其战. 疝痹胶囊治疗类风湿性关节炎的效果[J]. *中外医学研究*, 2021, 19(14):155-157.
- [10] 王春芳, 刘娟云. 疝痹胶囊联合小剂量甲氨蝶呤治疗类风湿性关节炎临床研究[J]. *光明中医*, 2019, 34(18):2876-2878.
- [11] 姜泉, 王海隆, 巩勋, 等. 类风湿关节炎病证结合诊疗指南[J]. *中医杂志*, 2018, 59(20):1794-1800.
- [12] KAY J, UPCHURCH K S. ACR/EULAR 2010 rheumatoid arthritis classification criteria [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2012, 15(Suppl 6):vi5-vi9.
- [13] 王承德, 沈丕安, 胡荫奇. 实用中医风湿病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009:1-90.
- [14] 秦桂福, 李惠玲, 叶志勤, 等. 疝痹胶囊治疗类风湿关节炎 60 例[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(7):54-56.
- [15] 刘佳钰, 栗程, 李映雪, 等. 疝痹胶囊治疗老年类风湿性关节炎疗效研究[J]. *陕西中医*, 2020, 41(10):1443-1445.
- [16] 巩勋, 姜泉. 类风湿关节炎“病证结合”诊疗模式探析[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28(4):86-88.

(收稿日期:2024-03-02)