

文章编号: 1004-7220(2022)02-0355-06

膝骨关节炎患者本体感觉特征

石静楠^{1a}, 薛雅月^{1a}, 张宽^{1a,1b}, 张昊华^{2*}, 闫松华^{1a,1b*}

(1.首都医科大学 a 生物医学工程学院, b 临床生物力学应用基础研究北京市重点实验室, 北京 100069;
2.北京积水潭医院 矫形骨科, 北京 100035)

摘要:目的 探讨行单髁膝关节置换术(unicondylar knee arthroplasty, UKA)和全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)患者术前膝关节本体感觉特征。方法 选取单间室KOA患者29名,15例接受UKA治疗(UKA组),14例接受TKA治疗(TKA组)。术前1~3d进行测试,对比UKA、TKA组KOA患者膝关节学会评分(knee society score, KSS)以及手术组与健康对照组的位置觉和运动觉特征。结果 UKA、TKA组之间KSS评分有显著差异,位置觉和运动觉无显著差异;UKA、TKA组患者术侧腿和未术侧腿之间位置觉和运动觉均无显著差异,对照组左、右腿位置觉和运动觉无显著差异;与对照组相比,UKA、TKA组在60°位置觉时术侧腿和未术侧腿均有显著差异,患者术侧腿和未术侧腿的运动觉也均有显著差异。结论 与健康对照组相比,KOA患者术前的膝关节本体感觉明显减退,但UKA、TKA组患者术前本体感觉特征相近。

关键词: 本体感觉; 单髁膝关节置换术; 全膝关节置换术; 膝骨关节炎

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2022.02.026

Characteristics of Proprioception in Patients with Knee Osteoarthritis

SHI Jingnan^{1a}, XUE Yayue^{1a}, ZHANG Kuan^{1a,1b}, ZHANG Haohua^{2*}, YAN Songhua^{1a,1b*}

(1a. School of Biomedical Engineering, 1b. Beijing Key Laboratory of Fundamental Research on Biomechanics in Clinical Application, Capital Medical University, Beijing 100069, China; 2. Department of Orthopedics, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China)

Abstract: Objective To explore the proprioception characteristics of knee joints for knee osteoarthritis (KOA) patients before unicondylar knee arthroplasty (UKA) and total knee arthroplasty (TKA). **Methods** Twenty-nine single-compartment KOA patients were selected. Fifteen patients were treated with UKA (UKA group) and fourteen patients were treated with TKA (TKA group). The test was performed 1 to 3 days before the operation. The knee society scores (KSS) of KOA patients in UKA group and TKA group were compared, and their joint position sense and kinesthesia were compared with control group. **Results** Significant differences in KSS were found in TKA group and UKA group, and the knee joint position sense and kinesthesia showed no significant differences between TKA group and UKA group. There were no significant differences in the knee joint position sense and kinesthesia between the operated leg and unoperated leg in TKA group and UKA group, and between the left leg and right leg in control group. Compared with control group, there were significant differences between UKA group and TKA group in 60° position sense of the operated leg and unoperated leg. The kinesthesia of the operated leg and unoperated leg in

收稿日期: 2021-06-23; 修回日期: 2021-08-15

基金项目: 北京市自然科学基金项目(7222300)

通信作者: 闫松华, 副教授, E-mail: yansh74@ccmu.edu.cn; 张昊华, 副主任医师, E-mail: zhanghaohua@medmail.com.cn

* 为共同通信作者

UKA group and TKA group were also significantly different from that in control group. **Conclusions** Compared with control group, the proprioception of the knee joint in KOA patients was significantly reduced before the surgery, but the characteristics of proprioception in UKA group and TKA group were similar.

Key words: proprioception; unicompartmental knee arthroplasty (UKA); total knee arthroplasty (TKA); knee osteoarthritis (KOA)

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是一种退行性关节疾病,多发生在老年人群中。Tang等^[1]研究显示,中国KOA患病率为8.1%。人工全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)是治疗末期KOA患者的首选方法,初次TKA术后患者满意度为可高达81%^[2-3]。近年来,单髁膝关节置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)日趋完善。与TKA相比,UKA具有手术时间短、创伤性小、可保留更多人体组织等优点。对比UKA与TKA疗效发现,两种手术方式均能达到满意的结果。但通过术后的疗效观察还不确定UKA和TKA在恢复膝关节功能方面谁更具有优势,且少有研究考虑到进行UKA或TKA手术前KOA患者膝关节功能是否存在差异^[4-6]。膝关节功能的评估多采用美国纽约特种外科医院(Hospital for Special Surgery, HSS)评分、美国膝关节协会评分(knee society score, KSS)、加拿大Ontario & McMaster大学骨关节炎指数评分(the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, WOMAC)等一些主观量表,客观指标有最大屈膝角度等^[3-7]。研究表明,KOA的主要特征是疼痛和执行日常生活活动(如爬楼梯、走路和做家务)能力受限。除了肌肉无力导致能力受限之外,本体感觉差也会影响膝关节功能。位于膝关节组织中的本体感受器受损,导致异常信号产生,以不正确的方式通知大脑关节位置和关节运动信息,增加跌倒风险^[8-10]。

本体感觉对于膝关节功能稳定性有重要影响,是运动系统的一个重要方面,也是平衡感觉输入信息的一个重要来源^[11-13]。本体感觉可以分为关节位置感和关节运动觉,分别是运动中的静态和动态感觉^[14]。目前,对于KOA患者膝关节本体感觉的评估往往单独测试其位置觉或运动觉,并不能完全反映本体感觉缺陷和功能受损^[15]。本体感觉的位置觉和运动觉代表不同机械感受器的功能,故结合

这两方面的测试更能准确反映本体感觉的功能。本文通过测试将要接受TKA和UKA手术患者的术前位置觉和运动觉,探讨患者的本体感觉特征,并将两组特征进行对比,以期为临床医生术前为患者选取合适手术治疗方式提供一定的理论参考。

1 对象与方法

1.1 一般资料

选取在北京积水潭医院矫形骨科就诊的KOA患者29名。患者根据拟行手术方案分为单髁关节置换组(UKA组)和全膝关节置换组(TKA组),治疗方式由同一位主治医师结合患者自身意愿和病症选取。UKA组15名患者,年龄(64.07±5.76)岁;TKA组14名患者,年龄(64.50±6.98)岁;对照组为10名健康受试者,年龄(23.6±1.71)岁。患者纳入标准:①符合KOA临床表现,患者膝关节疼痛、肿胀,可见伴有不同程度屈曲挛缩,内翻畸形;②符合KOA的X线影像学表现,关节间隙明显变窄,甚至消失,或伴有骨赘形成、硬化骨及囊性变等病理改变;③检查证实膝关节均符合UKA和TKA手术适应症,患者均强烈要求手术。患者排除标准:①不符合KOA诊断标准;②患有严重心肺脑疾病等,不能够耐受手术;③患有精神疾病;④患有足部畸形、糖尿病足、神经系统病变;⑤资料不全影响判断。健康受试者纳入标准:通过询问有无骨与关节疾病病史方可纳入。健康受试者排除标准:①患有严重心肺脑疾病等;②患有精神疾病;③患有影响下肢功能的疾病,如足部畸形、糖尿病足、神经系统疾病;④资料不全影响判断。所有受试者实验前签署知情同意书,实验经首都医科大学伦理委员会通过。

1.2 观察指标和测试方法

1.2.1 KSS KSS用于客观评估接受膝关节置换术的患者,它包括膝关节疼痛评分和功能评分,如步行和爬楼梯,同时消除与年龄相关的退行性改变的混杂

因素。临床患者 KSS 分数越高,膝关节功能越好^[16]。

1.2.2 本体感觉测试 应用美国 Biodex System 3 型多关节等速系统 (Biodex System 3 Multi-Joint Testing and Rehabilitation System) 分别测试 3 组受试者位置觉和运动觉。位置觉的测量采用角度重建法,它是评估关节位置觉最常用的一种方法,根据被动感知某一特定位置和主动重复还原至该特定位置的能力,用角度差来评估。运动觉采用被动运动检测阈值 (threshold to detect passive movement, TDPM) 测量法,根据受试者能感知到运动时膝关节的位置,用关节角度差评估。

位置觉测试:受试者的膝关节置于 90° 屈曲位置作为起始位置,戴上眼罩及耳罩,消除视觉和听觉的影响,被动地摆放至 30°、45° 和 60° (指小腿与水平方向的夹角) 并停留 15 s,要求受试者专心感觉各角度位置。受试者握住手持开关,以自主用力方式移动膝关节到 30°、45° 及 60° 屈曲位,记录主动复位角度与目标角度的差值。差值越小,说明位置觉越好。测试重复 3 次取平均值,测试时要求受试者每次动作均在 1 min 内完成^[14]。实验过程中,不同角度的实验顺序不随机。设备操作准则不允许随机角度测试,但在测试过程中会告知受试者,每次位置觉测试的角度随机,故完成一次位置觉测试后会受试者重新记忆感知目标角度进行下一次测试,以使顺序效应的影响达到最小。

运动觉测试:受试者坐在椅子上,屏蔽视、听觉的影响,膝关节处于 90° 屈曲位。受试者膝关节以 0.5°/s 角速度被动缓慢做屈伸运动,直到受试者能感觉到关节活动,记录受试者能感知到运动时膝关节的位置,以及此角度与初始角度之差。差值越小,运动觉越好。测试重复 3 次取平均值。为了避免受试者猜测轮转开始的时间,在被告知准备好之后,轮转开始时间被随机延迟 5~15 s。如果一个人在运动开始后 0.1 s 内做出反应,可以被认为是一种猜测,因为生理反应时间被定义为至少 0.1 s^[17]。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 24.0 软件进行数据处理,3 组数据如若全部符合正态分布,则使用单因素方差分析进行统计学检验,若不符合则使用 Kruskal-Wallis 检验,组间比较使用 Bonferroni 校正的 LSD-*t* 检验 (符合正态分布) 和 Mann-Whitney *U* 检验 (秩和检验),

组内比较使用配对 *t* 检验 (符合正态分布) 和 Wilcoxon 符号秩检验 (不符合正态分布)。数据符合正态分布用均值±标准差表示,不符合正态分布用中位数 (四分位距) 表示。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 基本信息与临床评分

UKA 组与 TKA 组所有基本信息均无显著性差异 (见表 1)。但两组 KSS 评分有显著性差异 [UKA 组: 75.00 (18.00); TKA 组: 54.00 (10.00); $P=0.03$]。UKA 组、TKA 组与对照组相比,身高和体重均无显著性差异,年龄和体质量指数 (body mass index, BMI) 有显著性差异。

表 1 受试者基本信息

Tab.1 Basic information of the subjects

参数	UKA 组 (<i>n</i> =15)	TKA 组 (<i>n</i> =14)	对照组 (<i>n</i> =10)	<i>P</i>
年龄	64.07±5.76 [†]	64.50±6.98 [‡]	23.6±1.71	<0.001*
身高/cm	163.13±5.94	161.36±6.69	167.80±8.93	0.10
体重/kg	70.05(20.00)	70.50(14.25)	65.00(23.58)	0.22
BMI/(kg·m ⁻²)	26.23±3.26 [†]	26.60±3.75 [‡]	21.90±4.10	0.01*

注: * $P<0.05$; 年龄、身高和 BMI: 单因素方差分析; 体重: Mann-Whitney *U* 检验 (秩和检验)。[†] $P<0.05$; UKA 组与对照组之间差异, Bonferroni 校正的 LSD-*t* 检验。[‡] $P<0.05$; TKA 与对照组之间差异, Bonferroni 校正的 LSD-*t* 检验; 服从正态分布的参数以均值±标准差表示,不服从中位数 (四分位距) 表示。BMI: 体质量指数。

2.2 位置觉

对于 3 个目标角度,对照组 (*n*=10) 左腿和右腿位置觉无显著性差异,故选取对照组优势腿数据作为参考值。结果表明,UKA 组 (*n*=15) 和 TKA 组 (*n*=13) 患者术侧和非术侧位置觉无显著性差异 ($P>0.05$), 见表 2。

目标角度为 30° 和 45° 时,患者组双侧膝关节位置觉与对照组相比均无显著性差异;而目标角度为 60° 时,UKA、TKA 组术侧和非术侧膝关节位置觉都显著差于对照组 ($P<0.05$), 见图 1。

2.3 运动觉

UKA 组 (*n*=14) 患者术侧和非手术侧运动觉具有显著性差异 ($P<0.05$)。TKA 组 (*n*=12) 患者术侧和非术侧、对照组 (*n*=10) 左腿和右腿运动觉均无显著差异 ($P>0.05$), 见表 3。

表2 不同角度下双侧腿位置觉比较

Tab.2 Comparison of the position sense between two legs at different angles 单位: (°)

角度/(°)	分组	患者患侧/ 对照组右腿	患者健侧/ 对照组左腿	<i>P</i>
30	UKA	6.82±4.42	7.05±4.04	0.84
	TKA	4.70(3.85)	5.00(6.15)	0.89
	对照	4.15(2.25)	3.15(3.25)	0.77
45	UKA	5.00(9.00)	4.70(2.60)	0.64
	TKA	4.00(8.20)	7.7(10.35)	0.81
	对照	2.65(2.13)	3.35(2.60)	0.24
60	UKA	8.30(5.40)	7.70(6.60)	0.44
	TKA	8.70(4.85)	6.30(7.85)	0.70
	对照	2.80(2.42)	2.65(7.88)	0.16

注:统计组之间的差异,配对 *t* 检验或 Wilcoxon 符号秩检验;服从正态分布的参数以均值±标准差表示,不服从以中位数(四分位距)表示。

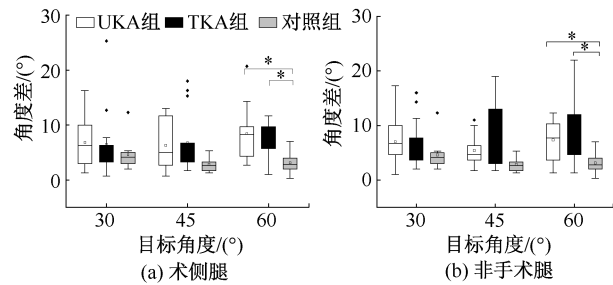


图1 手术组与对照组位置觉比较

Fig.1 Comparison of the position sense between operated groups and control group (a) The operated leg, (b) The non-operated leg

注: **P* < 0.05; 3组比较: Kruskal-Wallis 检验; 两组比较: Mann-Whitney *U* 检验(秩和检验)。

表3 手术组和对照组运动觉比较

Tab.3 Comparison of the kinesthesia between operated groups and control group

分组	患者患侧/ 对照组右腿	患者健侧/ 对照组左腿	<i>P</i>
UKA	6.80(10.83)	3.67(7.71)	0.02*
TKA	6.42(5.20)	5.00(7.78)	0.23
对照	1.00(1.04)	1.09(0.88)	0.20

注: **P* < 0.05; 统计组之间的差异, Wilcoxon 符号秩检验; 服从正态分布的参数以均值±标准差表示, 不服从以中位数(四分位距)表示。

UKA、TKA 组术侧腿与非术侧腿的运动觉都显著差于对照组 (*P* < 0.05), 但 UKA 组与 TKA 组之间运动觉无显著性差异 (*P* > 0.05), 见图 2。

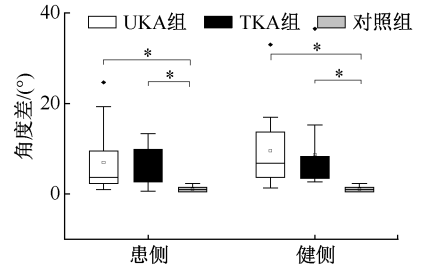


图2 手术组双侧腿运动觉与对照组比较

Fig.2 Comparison of bilateral leg kinesthesia between operated groups and control group

注: **P* < 0.05; 3组比较: Kruskal-Wallis 检验; 两组比较: Mann-Whitney *U* 检验(秩和检验)。

3 讨论

本文对拟行 UKA、TKA 手术的 KOA 患者进行术前位置觉和运动觉的测试, 从静态和动态感觉综合评估患者的膝关节本体感觉。

3.1 患者 KSS 评分特点

KSS 评分不仅能对膝关节疼痛、膝关节稳定性和活动范围进行客观评估, 还可以评估行走和上下楼梯能力^[17]。本文发现, UKA 组和 TKA 组术前 KSS 评分结果有明显差异, 这与 Siman 等^[18]的研究结果相似, 后者研究还发现术后两组 KSS 评分均得到很大的提高, 但 UKA 组和 TKA 组无显著性差异, 这表明拟行 UKA 的 KOA 患者手术前部分膝关节功能优于拟行 TKA 的患者, 但是两种手术方式均能改善膝关节疼痛、关节活动度受限以及韧带松弛导致膝关节不稳等问题, 手术后两组的 KSS 评分无差异。

3.2 患者本体感觉特征

本文结果表明, 对照组左腿和右腿位置觉和运动觉均无显著性差异, 故选取对照组优势腿数据作为参考值, 这与文献^[19]的研究结论保持一致。

随着年龄的增长, 正常膝关节的关节位置感会下降, 而膝关节的退行性病变可能会进一步降低本体感觉^[20-21]。但有研究发现, KOA 患者与对照组相比, 位置觉没有显著损伤^[21-23]。本文结果显示, UKA、TKA 组患者术前位置觉无显著差异; 而与对照组相比, UKA、TKA 组在目标角度 30°、45°时无差异, 在 60°时存在显著性差异。吴毅等^[19]研究认为, 当膝关节伸展越接近水平位置, 从肌梭传入感

受器传入的位置觉信息越少。因此,受试者在 30°、45°的目标角度下位置觉应该较差。但是严重 KOA 患者存在膝关节伸直滞缺,在测试时有患者提出在被动到达 30°、45°屈曲位置时有不同程度的膝关节疼痛。因此,在进行位置觉测试时,患者会通过疼痛记忆复原 30°、45°屈曲位,这可能是在目标角度为 30°、45°时患者与健康受试者无显著性差异的一个原因。

运动觉是由机械感受器(如 Ruffini 末端器官)感知关节位置的缓慢或稳定变化,它们以引起的冲动率变化来回应,即使刺激结束,冲动的产生也会持续,传达出对关节位置的意识。这些缓慢适应的受体最适合以缓慢的恒定角速度(例如 0.5°/s)进行检测,故本文选择 0.5°/s 进行运动觉检测^[24-25]。研究显示, KOA 患者的运动觉较正常受试者差^[13,20,25]。也有研究发现, KOA 患者与健康对照组相比,运动觉没有显著损伤^[26]。本文结果显示, UKA 组和 TKA 组患者术前的运动觉无差别,但与对照组相比,术侧腿和非术侧腿均存在明显缺陷,说明运动觉减退不仅是膝关节退行性病变的结果。

相比于健康受试者,两组拟行关节置换术的受试者在术前非术侧位置觉和运动觉有明显的减退,可能是因为中后期需要进行关节置换的 KOA 患者,不仅患侧存在膝关节功能缺陷,对侧的部分功能也会受到影响^[20]。而产生这种结果的原因可能是中后期单侧 KOA 患者患侧膝关节严重内翻,下肢力线发生改变,由于力线改变造成日常活动中姿势与步态的异常,而异常步态导致健侧膝关节内外侧受力也产生不均,最终累及健侧膝关节^[9,20,25-26]。

以往研究中往往通过单独测试 KOA 患者的位置觉或运动觉来评估本体感觉特征,并不能完全反映本体感觉缺陷和功能受损^[15]。本体感觉的位置觉和运动觉代表不同机械感受器的功能,关节位置觉是关节、肌肉和肌腱中机械感受器对于肢体所处位置的反馈结果,而关节运动觉是指通过分布在肌肉、肌腱、韧带和关节中的机械感受器对于关节运动、速度和加速度的感知,故结合这两方面的测试更能准确反映本体感觉的功能^[13,27]。本文发现,姿势摆动评估的本体感觉动态方面存在差异,而位置觉评估的静态方面仅在个别位置有差异。有研究

认为,反映位置觉的机械感受器存在于随着关节移动而改变其长度的组织中。当膝关节在低负荷条件下运动时,如果它是稳定的,韧带实际上是等长的,而肌肉则会改变长度。因此,位置觉评估结果更依赖于肌肉中的传感器,而不是韧带中的传感器。动态控制可能不同,在活动过程中,由于外部负荷和肌肉力量的作用,膝关节会承受较大的负荷,将拉伸韧带。因此,韧带(尤其是交叉韧带)对动态本体感觉可能非常重要^[28]。而 KOA 患者韧带和关节内其他组织均有不同程度损伤,这可能是患者运动觉明显减退的原因之一。

本研究的局限性如下:① 对照组年龄和 BMI 与关节置换手术组患者有差异。以往有研究证实,本体感觉功能会随着年龄的增加而退化,故这可能是影响结果的一个因素;② 后续研究应增大样本量,进一步探讨 KOA 患者手术前后的本体感觉特征。

4 结论

本文通过位置觉和运动觉的测试和分析表明,与健康对照组相比, KOA 患者膝关节本体感觉(尤其运动觉)明显减退;但拟行单髁置换术和全膝关节置换术患者的术前本体感觉特征相似。

参考文献:

- [1] TANG X, WANG S, ZHAN S, et al. The prevalence of symptomatic knee osteoarthritis in china: Results from the china health and retirement longitudinal study [J]. *Arthritis Rheumatol*, 2016, 68 (3): 648-653.
- [2] BOURNE RB, CHESWORTH BM, DAVIS AM, et al. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: Who is satisfied and who is not? [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2010, 468(1): 57-63.
- [3] SATKU K. Unicompartmental knee arthroplasty: Is it a step in the right direction? Surgical options for osteoarthritis of the knee [J]. *Singapore Med J*, 2003, 44(11): 554-556.
- [4] 牛小育, 黄遂柱, 许飞, 等. 全膝关节置换术与单髁置换术治疗膝关节骨性关节炎的疗效比较[J]. *临床骨科杂志*, 2020, 23(6): 810-813.
- [5] 曾昭池, 郭立新, 朱志勇, 等. 单髁置换术和全膝关节置换术的疗效比较的调查研究[J]. *中国卫生产业*, 2015, 12(21): 130-132.
- [6] 乔松义, 孟祥奇, 罗斌, 等. 单髁置换术与全膝置换术治疗膝骨关节炎疗效的 Meta 分析[J]. *中华关节外科杂志*, 2019, 13(2): 65-75.

- [7] 王川, 黄尚军, 于小明, 等. 全膝关节置换术后早期步态与预后功能的相关性分析[J]. 医用生物力学, 2018, 33(6): 558-563.
WANG C, HUANG SJ, YU XM, *et al.* Correlation analysis on early gait and prognosis function after total knee arthroplasty [J]. J Med Biomech, 2018, 33(6): 558-563.
- [8] DI L, GIUSEPPE F, DARIO G, *et al.* Risk of falls in patients with knee osteoarthritis undergoing total knee arthroplasty: A systematic review and best evidence synthesis [J]. J Orthop, 2018, 15(3): 903-908.
- [9] 马青川, 肖丽英, 李志昌, 等. 单侧全膝关节置换术后两下肢受力不对称性的影响因素[J]. 医用生物力学, 2015, 30(1): 89-93.
MA QC, XIAO LY, LI ZC, *et al.* Factors affecting asymmetrical lower extremity loading after unilateral total knee arthroplasty [J]. J Med Biomech, 2015, 30(1): 89-93.
- [10] LABANCA L, BARONE G, ZAFFAGNINI S, *et al.* Postural stability and proprioception abnormalities in patients with knee osteoarthritis [J]. Appl Sci, 2021, 11(4): 1469.
- [11] HADAMUS A, BIAŁOSZEWSKI D. Objective assessment of knee proprioception and sensorimotor function in patients with primary gonarthrosis before and after knee replacement [J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2017, 19(5): 403-414.
- [12] 陈能, 吕燃, 马少云, 等. 膝关节关节炎患者全膝关节置换术后本体感觉的研究进展[J]. 风湿病与关节炎, 2019, 8(5): 63-67.
- [13] PAI YC, RYMER WZ, CHANG RW, *et al.* Effect of age and osteoarthritis on knee proprioception [J]. Arthritis Rheumatol, 1997, 40(12): 2260-2265.
- [14] BRAGONZONI L, ROVINI E, BARONE G, *et al.* How proprioception changes before and after total knee arthroplasty: A systematic review [J]. Gait Posture, 2019, 72: 1-11.
- [15] KNOOP J, STEULTJENS M, LEEDEN M, *et al.* Proprioception in knee osteoarthritis: A narrative review [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2011, 19(4): 381-388.
- [16] INSALL J. Rationale of the Knee Society clinical rating system [J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, 248: 13-14.
- [17] BOERBOOM AL, HUIZINGA MR, KAAAN WA, *et al.* Validation of a method to measure the proprioception of the knee [J]. Gait Posture, 2008, 28(4): 610-614.
- [18] SIMAN H, KAMATH A, CARRILLO N, *et al.* Unicompartmental knee arthroplasty vs total knee arthroplasty for medial compartment arthritis in patients older than 75 years: Comparable reoperation, revision, and complication rates [J]. J Arthroplasty, 2017, 32(6): 1792-1797.
- [19] 吴毅, 俞晓杰, 胡永善, 等. 膝关节骨关节炎患者的本体感觉及其与疼痛和功能障碍间的相关性研究. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(5): 334-338.
- [20] SHARMA L, PAI Y, HOLTKAMP K, *et al.* Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? [J]. Arthritis Rheumatol, 1997, 40(8): 1518-1525.
- [21] LUND H, JUULKRISTENSEN B, HANSEN K, *et al.* Movement detection impaired in patients with knee osteoarthritis compared to healthy controls: A cross-sectional case-control study [J]. J Musculoskelet Neuronal Interact, 2008, 8(4): 391-400.
- [22] HALL MC, MOCKETT SP, DOHERTY M. Relative impact of radiographic osteoarthritis and pain on quadriceps strength, proprioception, static postural sway and lower limb function [J]. Ann Rheum Dis, 2006, 65(7): 865-870.
- [23] BAYRAMOGLU M, TOPRAK R, SOZAY S. Effects of osteoarthritis and fatigue on proprioception of the knee joint [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(3): 346-350.
- [24] SIMMONS S, LEPHART S, RUBASH H, *et al.* Proprioception after unicondylar knee arthroplasty versus total knee arthroplasty [J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, 331: 179-184.
- [25] KORALEWICZ LM, ENGH GA. Comparison of proprioception in arthritic and age-matched normal knees [J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82(11): 1582-1588.
- [26] PAP G, MACHNER A, AWISZUS F. Measuring knee joint kinesthesia for determining proprioceptive deficits in varus gonarthrosis [J]. Z Rheumatol, 1998, 57(1): 5-10.
- [27] OUATTAS A, WELLSANDT E, HUNT NH, *et al.* Comparing single and multi-joint methods to detect knee joint proprioception deficits post primary unilateral total knee arthroplasty [J]. Clin Biomech, 2019, 68: 197-204.
- [28] DODD CA, MURRAY DW. Does arthroplasty type influence knee joint proprioception? A longitudinal prospective study comparing total and unicompartmental arthroplasty [J]. Knee, 2007, 14(3): 212-217.