

论著·临床研究

智能可穿戴设备 BPMpathway 在全膝关节置换术后患者居家康复中的应用效果

洪 洋¹, 王 洁¹, 张霞芬², 赵 丹¹, 程 敏³

1. 苏州大学附属第四医院 (苏州市独墅湖医院) 护理部, 苏州 215125; 2. 苏州大学附属第四医院 (苏州市独墅湖医院) 骨科, 苏州 215125; 3. 苏州大学附属第一医院骨科, 苏州 215006

[摘要] **目的**·评价基于智能可穿戴设备 BPMpathway 的居家康复方案在全膝关节置换 (total knee arthroplasty, TKA) 术后患者中的应用效果。**方法**·采用方便抽样法, 选取苏州大学附属第四医院 (苏州市独墅湖医院) 和苏州大学附属第一医院骨科 2021 年 4 月—2022 年 12 月收治的膝关节骨关节炎并接受 TKA 术的患者作为研究对象。按照患者入院顺序, 将住院号尾数为奇数的患者纳入对照组, 住院号尾数为偶数的患者纳入干预组。对照组患者给予常规居家康复训练方案, 干预组在对照组的基础上实施基于 BPMpathway 的远程居家康复训练方案。分别于基线及术后 1、3、6 个月采用骨科患者功能锻炼依从性量表、美国特种外科医院膝关节评分表 (Hospital for Special Surgery Scale, HSS) 和 36 项简明健康状况调查表 (36-item Short Form Health Survey, SF-36) 对 2 组患者进行测评, 同时测量患者的膝关节活动度。**结果**·最终纳入 110 例患者, 其中对照组 56 例, 干预组 54 例。2 组患者的一般资料差异无统计学意义。2 组患者基线时的膝关节活动度、HSS 评分、SF-36 评分差异均无统计学意义。重复测量方差分析结果显示: 2 组患者膝关节活动度、功能锻炼依从性评分、HSS 评分及 SF-36 评分的组间效应、时间效应及交互效应均具有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。术后 1、3、6 个月干预组的膝关节活动度、功能锻炼依从性评分、HSS 评分及 SF-36 评分均高于对照组 (均 $P < 0.05$)。**结论**·医护人员基于智能可穿戴设备 BPMpathway 开展的远程康复训练方案, 有助于提高 TKA 术后患者居家康复期间功能锻炼的依从性, 改善膝关节活动度, 促使膝关节功能恢复, 提高其生存质量, 对患者预后具有积极的作用。

[关键词] 膝关节置换术; 骨关节炎; 可穿戴设备; BPMpathway; 远程康复

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2024.03.006 **[中图分类号]** R473.6; R493 **[文献标志码]** A

Efficacy of smart wearable device BPMpathway in home rehabilitation of patients after total knee arthroplasty

HONG Yang¹, WANG Jie¹, ZHANG Xiafen², ZHAO Dan¹, CHENG Min³

1. Nursing Department, The Fourth Affiliated Hospital of Soochow University (Suzhou Dushu Lake Hospital), Suzhou 215125, China;
2. Orthopedics Department, The Fourth Affiliated Hospital of Soochow University (Suzhou Dushu Lake Hospital), Suzhou 215125, China;
3. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China

[Abstract] **Objective**·To evaluate the effectiveness of the tele-rehabilitation program based on the smart wearable device BPMpathway in patients after total knee arthroplasty (TKA). **Methods**·Convenience sampling method was used to select patients with knee osteoarthritis after TKA admitted to both the Department of Orthopedics in the Fourth Affiliated Hospital of Soochow University (Suzhou Dushu Lake Hospital) and The First Affiliated Hospital of Soochow University, from April 2021 to December 2022, as the study population. According to the sequence of the patients' admissions, patients with an odd hospitalization number were allocated to the control group while those with an even number to the intervention group. The control group received the routine home-based rehabilitation training program, while the intervention group was additionally subjected to the tele-rehabilitation program based on the BPMpathway. At baseline, and 1 month, 3 months and 6 months after TKA, the two groups of patients were evaluated by the compliance scale of functional exercise for orthopedic patients, the Hospital for Special Surgery Scale (HSS), and 36-item Short Form Health Survey (SF-36), while the knee joint motion of the patients was measured. **Results**·One hundred and

[基金项目] 苏州市科技发展计划项目 (SZM2021021)。

[作者简介] 洪 洋 (1990—), 女, 主管护师, 硕士; 电子信箱: 281130052@qq.com。

[通信作者] 王 洁, 电子信箱: 2418866391@qq.com。

[Funding Information] Suzhou Science and Technology Plan Project (SZM2021021).

[Corresponding Author] WANG Jie, E-mail: 2418866391@qq.com.

[网络首发] <https://link.cnki.net/urlid/31.2045.r.20240326.0749.002> (2024-03-28 10:00:27)。



ten patients with knee osteoarthritis after TKA were finally enrolled, including 56 patients in the control group and 54 patients in the intervention group. There were no statistically significant differences in the general information between the two groups. The differences in knee range of motion, HSS score, and SF-36 score between the two groups at baseline were not statistically significant. Repeated measurement variance analysis showed that the between-group effect, time effect and interaction effect of knee range of motion, functional exercise compliance score, HSS score and SF-36 total score were statistically significant in both groups (all $P<0.05$). Meanwhile, knee range of motion, HSS score, functional exercise compliance score, and SF-36 score in the intervention group were significantly better than those in the control group at 1, 3, and 6 months after TKA (all $P<0.05$).

Conclusion The tele-rehabilitation training program, conducted by healthcare providers using the smart wearable device BPMpathway, can enhance patients' compliance with functional exercise during home rehabilitation after TKA. This leads to increased knee mobility, contributes to the recovery of knee function and improves quality of life of the patients. All of these factors have a positive effect on the patient prognosis.

[Key words] total knee arthroplasty (TKA); osteoarthritis; BPMpathway; wearable device; tele-rehabilitation

膝关节骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 是一种以膝关节软骨的变性、破坏及骨质增生为特征的慢性退行性骨关节疾病, 在中国退休人群中的患病率高达 8.5%^[1]。KOA 典型症状是膝关节的疼痛、活动受限和畸形等, 晚期可使患者失去生活自理能力甚至残疾, 极大影响患者的生活质量^[2]。全膝关节置换术 (total knee arthroplasty, TKA) 是目前治疗终末期 KOA 的最佳措施^[3], 其通过切除病损的关节面, 并植入人工关节假体, 从而起到矫正关节畸形、重建关节功能、缓解关节疼痛的作用^[4]。TKA 术后的康复锻炼对手术效果具有重要的影响, 规范、科学、长期的康复锻炼是减少患者术后并发症、提高膝关节稳定性和恢复膝关节功能的关键^[5-7]。随着快速康复外科的发展, TKA 术后患者的住院时间逐渐缩短。患者出院后一般采用自主居家康复锻炼为主, 结合定期门诊复查为辅的康复模式。现有研究^[8-9]显示, TKA 术后患者居家锻炼期间缺乏专业的康复知识和医护人员的指导、监督, 住院期间的康复锻炼难以得到有效延伸, 15%~20% 的患者 1 年后仍存在慢性疼痛、膝关节活动度及体力水平未达到术前预期等问题, 且康复锻炼依从性仅为 50%~80%。这提示患者居家康复锻炼效果不明显, 自我管理能力普遍较低, 为此迫切需要提高患者居家康复的依从性及效果^[7]。随着互联网+技术的发展和智能手机的普及, 利用移动医疗技术为 TKA 术后患者提供远程康复指导已成为当下的研究热点^[10]。BPMpathway 是一种专为关节置换术后患者设计的智能可穿戴设备, 可帮助医护人员为患者提供个性化的居家康复指导。英国国家卫生与临床优化研究所认为 BPMpathway 有望成为国家医疗服务系统一项低成本、高收益的干预项目^[11]。为此本研究拟引入

BPMpathway, 评价基于 BPMpathway 的干预方案在我国 TKA 术后患者居家康复训练中的应用效果, 旨在为 TKA 术后患者的有效康复提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象及其样本量计算

采取类实验研究设计。采用方便抽样选取 2021 年 4 月—2022 年 12 月在苏州大学附属第四医院 (苏州市独墅湖医院) 和苏州大学附属第一医院骨科行单侧 TKA 的患者为研究对象。纳入标准: ① 确诊为 KOA。② 首次行单侧 TKA, 且无髌、踝关节等疾病。③ 患者意识清楚, 有理解阅读和正确沟通交流能力。④ 患者与其主要照顾者同住, 患者或其主要照顾者拥有并会使用智能手机。⑤ 自愿参加本研究。排除标准: ① 术后发生神经损伤、感染、深静脉血栓等并发症者。② 合并严重的急性或慢性疾病、精神疾病者。③ 同时参与其他研究者。

本研究根据主要观察指标——膝关节功能状况 [采用美国特种外科医院膝关节评分表 (Hospital for Special Surgery Scale, HSS)^[12] 评价] 进行样本量估算。根据 $n_1 = n_2 = 2(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2 \sigma^2 / \delta^2$ 进行计算。 δ 为 2 组样本均数组间差值, σ 为样本总体标准差。通过参考相关文献^[5], 计算出 $\delta=5.8$, $\sigma=5.05$ 。 $z_{1-\alpha/2}$ 值为双侧, 设 $\alpha=0.05$, $z_{1-\alpha/2}=1.96$; $z_{1-\beta}$ 为单侧, 把握度为 0.90, $z_{1-\beta}=1.28$ 。将上述数值代入计算公式, 并考虑 20%~30% 的脱落率, 计算出干预组和对照组至少需要各纳入 21 例研究对象。本研究按照患者的入院顺序, 住院号尾数为奇数的患者进入对照组, 住院号尾数为偶数的患者进入干预组, 共纳入干预组 56 例, 对照组 57 例。随访期间 3 例患者因二次手术、

搬家和智能手机丢失等原因脱落,最终纳入干预组54例,对照组56例。

1.2 研究方法

1.2.1 基于BPMpathway的TKA术后患者居家康复方案构建 建立医护协作康复小组,小组成员包括骨科医师、康复科医师、骨科护士长和骨科专科护士。其中骨科医师、康复科医师负责患者居家康复期间的用药指导及康复指导等;护士长负责培训骨科专科护士,并对制定的护理方案进行质量控制;骨科专科护士负责患者随访期间的咨询、反馈与管理。出院前,由责任护士指导2组患者及其家属加入我院的延伸护理服务平台——居家骨科护理平台。该平台可为患者提供疾病相关知识介绍和居家康复期间的用药、饮食、功能锻炼及复诊指导。患者可随时查看该平台,并通过平台向医护人员发起提问,进而满足其居家康复需求。另外,出院前责任护士向患者及其家属发放自制的居家康复锻炼宣教手册(以下简称“宣教手册”),并讲解不同阶段的康复内容及注意事项。

1.2.2 干预的实施 对照组:①患者出院后,每日按时按量完成宣教手册内推荐的各项功能锻炼动作,涉及伸膝、抬髌、脚跟滑动、单腿抬举等20项,可在完成基本强度的基础上根据自身耐受情况增加运动量。②护士通过居家骨科护理平台随访患者康复训练情况,随访时间为每月1次,并对存在的问题给予针对性指导;如有线上不能解决的问题,可随时请患者门诊复查。③患者术后1、3、6个月定期门诊复查,由康复科医师评估患者膝关节功能情况并进行下一阶段康复训练方法指导。

干预组:在对照组的基础上应用基于智能可穿戴设备和配套的应用(application, APP)软件(BPMpathway,苏州茂行生物科技有限公司)的远程康复方案。BPMpathway包括可穿戴在患者患肢的智能绑带(内置名为BPM Pro的传感器)、医护端小程序及患者端APP共3个部分,医护康复小组可通过该设备动态调整患者的康复方案。①出院前,责任护士教会患者及其家属使用BPMpathway及其配套的APP软件,并发放使用手册。康复科医师评估患者膝关节功能,制定初步康复锻炼计划。②出院后,患者通过蓝牙信号将传感器与BPMpathway APP相连接,将智能绑带固定于患肢膝下10 cm处,传感器上箭头标志朝上提示佩戴正确。患者每日打开APP观

看功能锻炼视频演示,观看完确认已掌握锻炼方法后选择开始完成今日任务。每完成一项,系统都会提示患者自评疼痛程度。患者功能锻炼过程中被BPM Pro传感器捕捉到的关节活动度及通过APP作出的自评疼痛程度,在锻炼结束后会自动传输至医护端小程序,以便医护人员及时查看并调整患者各阶段应完成的计划及目标。如:患者为术后14 d,康复科医师针对其目前的膝关节活动度设置功能锻炼模块。患者按照视频演示做伸膝活动,锻炼结果显示其膝关节活动度为70°,完成度为75%,自评疼痛2分,则鼓励继续患者将动作练习到位,尽量使膝关节屈曲直至能耐受的最大疼痛程度为止。同时患者端APP每日定时推送计划并提醒患者打卡。③责任护士每周通过BPMpathway后台查看完成数据,对完成情况较好者给予表扬,鼓励其继续努力;对完成情况不佳者,通过APP给予多次推送提示;仍未完成者,通过APP线上联系患者,了解未完成的具体原因,并将相关信息反馈给骨科医师和康复科医师。根据每位患者的实际完成情况动态调整下一步康复训练内容和强度。

1.2.3 观察指标 (1)功能锻炼依从性。采用谭媛媛等^[13]编制的骨科患者功能锻炼依从性量表进行评估。该量表共包含3个维度,15个条目;每个条目采用Likert 5级计分法,1分表示根本做不到,5分表示完全做得到。该量表的得分范围为0~75分,得分越高表示患者功能锻炼依从性越好。该量表的Cronbach's α 系数为0.930^[13]。在本研究中的Cronbach's α 系数为0.962。

(2)膝关节活动度。此指标指膝关节活动的角度,正常范围为0°~130°,是衡量膝关节功能的重要标准。参考相关研究^[14],采用标准手持式量角器测量患侧下肢近端轴线(股骨外侧髁与股骨大粗隆的连线)与远端轴线(股骨外侧髁与腓骨外踝的连线)夹角度数;在患者自主屈曲及伸直患侧膝关节达极限时,分别测量两轴线夹角,连续测量3次后取平均值作为最终结果,以减少误差。

(3)膝关节功能。采用INSALL等^[12]提出的HSS评估,该表是最常用于评估患者膝关节功能的工具^[15]。该工具包括疼痛(30分)、关节功能(22分)、关节活动度(18分)、肌力(10分)、膝关节屈曲畸形(10分)和膝关节稳定性(10分)6个方面,得分范围为0~100分。得分越高表示患者的膝关节功能状态越好。相关研究^[16]显示,HSS的Cronbach's

α 系数为0.827。在本研究中,该量表的Cronbach's α 系数为0.760。

(4) 生存质量。采用36项简明健康状况调查表(36-item Short-Form Health Survey, SF-36)进行评估。SF-36包含生理健康相关生存质量(生理功能、生理职能、躯体疼痛和总体健康4个维度)和心理健康相关生存质量(活力、社会功能、情感职能和精神健康4个维度)2个方面,共36个条目。除生理职能和情感职能2个维度的条目的回答为“是”与“否”外,其余条目的回答分4~5个等级;每个条目根据其代表功能损害的严重程度赋予相应的权重,最后将各个维度的得分转化为百分制,各维度得分范围为0~100分,分数越高表示生存质量越好^[17]。标准分的计算公式为:标准分=(实际得分-可能的最低得分)/(可能的最高得分-可能的最低得分) $\times 100$ 。薛源等^[18]研究显示SF-36量表用于评价关节置换术患者的生存质量时具有良好的信度和效度。本研究中该量表的Cronbach's α 系数为0.791。

1.2.4 资料收集方法 在患者入院当日,责任护士即为其建立个人健康档案,收集基线资料。在患者术后1、3、6个月门诊复查时,2名具备骨科专科护士资质的团队成员现场测量患者的膝关节活动度并评估

膝关节功能,同时发放骨科患者功能锻炼依从性量表和SF-36。所有问卷均当场填写、回收并检查填写的有效性。

1.3 统计学分析

采用SPSS 27.0软件对数据进行统计分析。符合正态分布的定量资料使用 $\bar{x}\pm s$ 表示,2组间比较采用独立样本 t 检验;定性资料用频数(百分率)表示,2组间比较采用 χ^2 检验。2组患者不同随访时间的功能锻炼依从性、膝关节活动度、HSS评分和SF-36总分采用重复测量方差分析。采用Mauchly球形检验检查数据是否满足球形假设:当 $P>0.05$ 时表示数据满足球形假设,可以进行重复测量方差分析; $P<0.05$ 时表示违背了球形假设条件,则使用Greenhouse-Geisser法进行校正。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者一般资料比较

2组患者年龄、性别、文化程度、工作状态、婚姻状况、有无慢性合并症等一般资料比较,差异无统计学意义(表1)。

表1 2组患者一般资料比较

Tab 1 Comparison of general characteristics between the two groups of patients

Characteristic variable	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t/χ^2 value	P value
Gender/n(%)			0.292	0.589
Male	18 (33.33)	16 (28.57)		
Female	36 (66.67)	40 (71.43)		
Age/year	68.67 \pm 7.13	68.18 \pm 5.32	-0.408	0.684
Education/n(%)			0.678	0.712
Junior high and below	31 (57.41)	34 (60.71)		
Senior high school/technical secondary school	17 (31.48)	14 (25.00)		
Junior college and above	6 (11.11)	8 (14.29)		
Work/n(%)			0.111	0.739
In service	17 (31.48)	16 (28.57)		
Not in service	37 (68.52)	40 (71.43)		
Marital status/n(%)			0.041	0.840
Married	47 (87.04)	48 (85.71)		
Single and others	7 (12.96)	8 (14.29)		
Chronic comorbidities/n(%)			0.151	0.698
Yes	29 (53.70)	28 (50.00)		
No	25 (46.30)	28 (50.00)		

2.2 2组患者功能锻炼依从性得分比较

重复测量方差分析结果(表2)显示,2组患者

功能锻炼依从性存在显著的组间效应($F=26.645$, $P=0.000$)、时间效应($F=402.561$, $P=0.000$)及交互

效应 ($F=6.101$, $P=0.008$); 说明随着时间的推移, 患者术后3、6个月的功能锻炼依从性水平较术后1个月时有所降低。术后1、3、6个月时, 干预组的功能

锻炼依从性得分均高于对照组 ($P=0.001$, $P=0.000$, $P=0.000$)。

表2 2组患者术前术后的功能锻炼依从性得分、膝关节活动度及HSS评分比较($\bar{x}\pm s$)

Tab 2 Comparison of preoperative and postoperative functional exercise compliance scores, knee range of motion, HSS scores between the two groups of patients ($\bar{x}\pm s$)

Time	Knee range of motion ^①				HSS score ^②				Function exercise compliance score ^③			
	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t value	P value	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t value	P value	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t value	P value
Baseline	80.52±4.12	80.89±3.72	-0.493	0.623	55.81±10.00	54.63±9.31	0.646	0.519	—	—	—	—
Post-operation												
1 month	103.51±4.94	98.03±4.84	5.876	0.000	70.37±5.34	63.52±8.10	5.220	0.000	62.57±9.46	56.48±8.53	3.549	0.001
3 months	113.86±4.95	106.42±5.08	7.779	0.000	83.02±6.50	73.41±7.16	7.361	0.000	58.06±7.89	51.18±6.27	5.071	0.000
6 months	124.10±3.91	115.76±5.19	9.494	0.000	92.46±5.77	84.32±5.36	7.667	0.000	54.26±6.66	45.88±5.56	7.180	0.000

Note: ^① $F_{\text{group}}=47.980$, $P_{\text{group}}=0.000$; $F_{\text{time}}=3\ 997.996$, $P_{\text{time}}=0.000$; $F_{\text{time}\times\text{group}}=54.736$, $P_{\text{time}\times\text{group}}=0.000$. ^② $F_{\text{group}}=38.457$, $P_{\text{group}}=0.000$; $F_{\text{time}}=678.976$, $P_{\text{time}}=0.000$; $F_{\text{time}\times\text{group}}=11.236$, $P_{\text{time}\times\text{group}}=0.000$. ^③ $F_{\text{group}}=26.645$, $P_{\text{group}}=0.000$; $F_{\text{time}}=402.561$, $P_{\text{time}}=0.000$; $F_{\text{time}\times\text{group}}=6.101$, $P_{\text{time}\times\text{group}}=0.008$.

2.3 2组患者膝关节活动度、HSS评分比较

重复测量方差分析结果 (表2) 显示, 2组患者膝关节活动度、HSS评分存在显著组间效应 ($F=47.980$, $F=38.457$; 均 $P=0.000$)、时间效应 ($F=3\ 997.996$, $F=678.976$; 均 $P=0.000$) 及交互效应 ($F=54.736$, $F=11.236$; 均 $P=0.000$), 说明随着时间的推移, 患者的膝关节活动度和功能有所改善。在基线水平, 2组患者膝关节活动度、HSS评分差异均无统计学意义; 术后1、3、6个月时, 干预组膝关节活动度、HSS评分均高于对照组 (均 $P=0.000$)。

2.4 2组患者SF-36总分及各维度得分比较

重复测量方差分析结果 (表3) 显示, 2组患者

生理健康得分、心理健康得分、SF-36总分存在显著组间效应 ($F=22.189$, $F=47.934$, $F=70.260$; 均 $P=0.000$)、时间效应 ($F=814.416$, $F=426.298$, $F=1\ 306.349$; 均 $P=0.000$) 及交互效应 ($F=18.152$, $F=30.854$, $F=72.053$; 均 $P=0.000$), 说明随着时间的推移, 患者的生理健康和心理健康有所改善, 总体生存质量有所提升。在基线水平, 2组患者生理健康得分、心理健康得分、SF-36总分差异均无统计学意义; 术后1、3、6个月时, 干预组生理健康得分高于对照组 ($P=0.017$, $P=0.000$, $P=0.000$), 干预组心理健康得分高于对照组 ($P=0.038$, $P=0.000$, $P=0.000$), 干预组SF-36总分高于对照组 ($P=0.003$, $P=0.000$, $P=0.000$), 差异具有统计学意义。

表3 2组患者术前术后SF-36总分及生理健康得分、心理健康得分比较($\bar{x}\pm s$)

Tab 3 Comparison of preoperative and postoperative SF-36 total scores, and scores of physical component summary and mental component summary between the two groups of patients ($\bar{x}\pm s$)

Time	Score of physical component summary ^①				Score of mental component summary ^②				SF-36 total score ^③			
	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t value	P value	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t value	P value	Intervention group (n=54)	Control group (n=56)	t value	P value
Baseline	44.29±10.37	45.12±11.41	-0.400	0.690	56.40±15.24	54.15±12.89	0.836	0.405	54.08±8.81	52.84±7.18	0.816	0.416
Post-operation												
1 month	59.35±10.58	54.34±11.01	2.429	0.017	70.07±9.54	66.39±8.82	2.104	0.038	66.57±7.46	62.59±6.05	3.083	0.003
3 months	83.41±7.07	70.73±11.11	7.112	0.000	87.17±4.77	69.92±5.52	17.507	0.000	86.23±4.66	70.28±6.12	15.340	0.000
6 months	94.91±5.02	84.57±10.68	6.459	0.000	92.46±5.77	84.32±5.36	12.994	0.000	93.90±5.39	80.96±5.63	12.302	0.000

Note: ^① $F_{\text{group}}=22.189$, $P_{\text{group}}=0.000$; $F_{\text{time}}=814.416$, $P_{\text{time}}=0.000$; $F_{\text{time}\times\text{group}}=18.152$, $P_{\text{time}\times\text{group}}=0.000$. ^② $F_{\text{group}}=47.934$, $P_{\text{group}}=0.000$; $F_{\text{time}}=426.298$, $P_{\text{time}}=0.000$; $F_{\text{time}\times\text{group}}=30.854$, $P_{\text{time}\times\text{group}}=0.000$. ^③ $F_{\text{group}}=70.260$, $P_{\text{group}}=0.000$; $F_{\text{time}}=1\ 306.349$, $P_{\text{time}}=0.000$; $F_{\text{time}\times\text{group}}=72.053$, $P_{\text{time}\times\text{group}}=0.000$.

3 讨论

3.1 基于BPMpathway的居家康复方案可有效提高TKA术后患者康复锻炼的依从性

TKA术后患者康复锻炼依从性是影响患者关节功能恢复和生存质量的重要因素^[19-20]。而现有研究多提示关节置换术后患者康复锻炼依从性低,仅为60%,完全依从者仅10%~20%^[21]。本研究结果显示,术后1、3、6个月随访时,干预组TKA患者居家康复锻炼依从性得分均高于对照组(均 $P<0.05$),且术后3个月的依从性得分高于刘思雨等^[22]应用电话随访等传统方法对老年TKA术后患者康复锻炼依从性的护理干预研究[(58.06±7.89)分 vs (55.29±4.19)分],表明基于BPMpathway的居家康复方案较传统方法更有利于提高TKA术后患者居家康复锻炼的依从性。传统的居家康复锻炼方案,以医护人员提供常规宣教,患者自行进行康复锻炼为主,无法客观地观察患者是否如实完成每日康复锻炼,也未考虑不同患者在执行过程中可能因个人的理解偏差或因时间、环境、疼痛等其他因素而影响锻炼效果。本研究中医护人员可通过BPMpathway记录患者客观真实的训练数据,从而为其提供个性化指导与反馈,如细化患者每日需完成的目标,评估患者训练过程中的促进与阻碍因素,动态调整患者的居家康复训练计划,实现远程精准化康复管理,充分满足不同患者的康复需求和自我管理的差异。本研究的居家康复方案不仅可以及时为患者提供专业的康复指导与支持,还增加了患者参与康复锻炼的趣味性和安全性。同时医护人员的实时监督与鼓励也增强了患者每日完成锻炼计划的自信心和积极性,进而提高其康复锻炼依从性。然而本研究中,2组患者术后3、6个月康复功能锻炼依从性的得分较术后1个月有所降低,可能与患者膝关节功能日益改善,回归家庭、社会后存在倦怠心理有关,这与温雅婷等^[23]的研究结果相似。

3.2 基于BPMpathway的居家康复方案可有效改善TKA术后患者的膝关节活动度和功能

《膝关节单髁置换术围手术期管理专家共识》^[24]指出,膝关节功能是评价TKA术后患者康复效果的重要指标之一,而10%~30%的TKA术后患者仍存在关节僵硬、肌肉萎缩和疼痛等膝关节功能问题。科学规范、持续有效的系统化康复锻炼是患者促进自身膝

关节功能全面恢复、获得最佳膝关节活动度、将手术效果最大化的关键^[25]。本研究结果显示,术后1、3、6个月随访时,2组患者的膝关节活动度和膝关节功能均较前改善(均 $P<0.05$),且干预组的改善程度优于对照组(均 $P<0.05$)。本研究中基于BPMpathway实施的居家康复方案依据每位患者膝关节的初始活动度和功能制定。实施过程中,医护人员根据患者康复锻炼方案的完成度、准确度,以及膝关节功能的改善情况,动态调整下一阶段功能锻炼计划,并给予差异化监督与反馈;这与之前尹正录等^[26]的研究相一致,分阶段的康复锻炼可促使患者关节功能达到预期效果。同时韩文意等^[27]的研究显示,TKA术后患者积极主动地进行功能锻炼更有利于促进膝关节功能的康复,此举对提升患者术后康复效果至关重要。在本研究中,与对照组相比,干预组TKA患者具有更高的康复功能锻炼依从性水平,能更加积极地遵循医护人员制定的康复计划,这可能也是干预组患者的膝关节活动度和功能优于对照组的原因。

3.3 基于BPMpathway的居家康复方案可有效提升TKA术后患者的生存质量

生存质量是患者对自身健康的主观感觉,包括患者所受到的躯体、心理、社会等各方面良好适应状态的综合测量。研究^[28-29]表明,关节置换术后患者的生存质量与其关节功能、步行能力、心理情绪等呈正相关(均 $P<0.05$)。本研究结果显示,干预组TKA患者术后1、3、6个月的生存质量总分、生理健康得分、心理健康得分均高于对照组,差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。膝关节功能恢复是TKA术后患者对手术效果最直接的判断和心理预期^[30-31]。基于BPMpathway的居家康复方案可引导患者抓住早期康复的最佳时期,鼓励其积极配合完成康复锻炼。与常规的居家康复指导相比,医护人员基于BPMpathway智能可穿戴设备可更加清晰客观地了解患者每日康复方案的执行情况,精准解决患者未执行的原因。多频次的护患沟通一定程度上也增强了患者居家康复锻炼的信心,促使其积极投入康复训练,形成正性循环。随着患者生理功能的恢复,其对手术预期效果的担忧、焦虑等负性情绪也会随之缓解^[32]。心理健康是影响生存质量的关键因素,心理健康状况越好,生存质量越佳^[33],这可能也是干预组患者生存质量整体优于对照组的原因。

3.4 小结

基于BPMpathway的居家康复方案提高了TKA术后患者居家康复锻炼的依从性,改善了患者的膝关节活动度和功能,同时也提升了患者的生存质量。本研究也存在一定的局限性:研究样本量小,随访时间较短,未能观察到BPMpathway应用在TKA术后患者居家康复中的长期效果,也未探究TKA术后患者和医护人员对智能可穿戴设备使用性的用户体验。今后将进一步挖掘相关人员对智能可穿戴设备BPMpathway的使用需求和意见,优化人力资源配置,以更好地服务于TKA术后患者的居家康复管理。“互联网+”延伸护理服务是大健康理念下惠民工程的重要组成部分,我们应选择更优的居家康复指导模式,真正发挥“互联网+”技术快捷、便利、优化资源配置等强大优势,让患者真实感受到科技赋能带来的成果。

利益冲突声明/Conflict of Interests

所有作者均声明不存在利益冲突。

All authors disclose no relevant conflict of interests.

伦理批准和知情同意/Ethics Approval and Patient Consent

本研究涉及的所有试验均已通过苏州大学附属第四医院(苏州市独墅湖医院)伦理委员会的审核批准(文件号:210093)。所有试验过程均遵照《赫尔辛基宣言》的条例进行。受试对象或其亲属已经签署知情同意书。

All experimental protocols in this study were reviewed and approved by the Ethic Committee of Suzhou Dushu Lake Hospital (Dushu Lake Hospital Affiliated to Soochow University) (Approval Letter No. 210093). All experimental protocols were carried out by following the guidelines of *Declaration of Helsinki*. Consent letters have been signed by the research participants or their relatives.

作者贡献/Authors' Contributions

洪洋参与试验设计、研究实施、数据整理、论文撰写及修订;王洁参与试验设计、研究实施、论文写作和修改;张霞芬、赵丹、程敏参与研究实施、数据收集与整理。所有作者均阅读并同意了最终稿件的提交。

The study was designed by HONG Yang and WANG Jie. The research implementation, and data collection and analysis were carried out by HONG Yang, WANG Jie, ZHANG Xiafen, ZHAO Dan and CHENG Min. The manuscript was drafted and revised by HONG Yang and WANG Jie. All the authors have read the last version of paper and consented for submission.

- Received: 2023-08-13
- Accepted: 2023-01-08
- Published online: 2024-03-28

参 · 考 · 文 · 献

- [1] 李文昌, 宋康平, 黄天雯, 等. 手机应用程序康复指导对全膝关节置换术后患者的影响[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2021, 15(5): 547-553.
LI W C, SONG K P, HUANG T W, et al. Effect of mobile application rehabilitation guidance on patients after total knee arthroplasty[J]. Chinese Journal of Joint Surgery (Electronic Edition), 2021, 15(5): 547-553.
- [2] 周萌, 林川, 贾晶丽, 等. 膝关节置换术后患者出院随访的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(12): 1877-1880.
ZHOU M, LIN C, JIA J L, et al. Evidence summary for discharge follow-up of patients after knee arthroplasty[J]. Chinese Journal of Nursing, 2019, 54(12): 1877-1880.
- [3] 北京医学会骨科专业委员会关节外科学组, 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 中国全膝关节置换术围手术期疼痛管理指南(2022)[J]. 协和医学杂志, 2022, 13(6): 965-985.
Joint Surgery Branch of Chinese Orthopaedic Association, Joint Surgery Branch of Beijing Orthopaedic Association. Guidelines for perioperative pain management in total knee arthroplasty in China (2022) [J]. Medical Journal of Peking Union Medical College Hospital, 2022, 13(6): 965-985.
- [4] 陈迁, 施春香, 徐靖怡, 等. 可穿戴设备在全膝关节置换术中的应用进展[J]. 上海护理, 2023, 23(1): 27-30.
CHEN Q, SHI C X, XU J Y, et al. Progress on the application of wearable devices in total knee arthroplasty[J]. Shanghai Nursing, 2023, 23(1): 27-30.
- [5] 亓攀, 赵志昕, 贾斌, 等. 智能可穿戴康复系统在膝关节置换术后康复训练中的应用效果[J]. 中华解剖与临床杂志, 2019, 24(6): 567-570.
QI P, ZHAO Z X, JIA B, et al. Effect of intelligent wearable rehabilitation system on rehabilitation training after knee joint replacement [J]. Chinese Journal of Anatomy and Clinics, 2019, 24(6): 567-570.
- [6] 庄雅丽, 殷婷婷. 互联网+随访平台在全膝关节置换患者恐惧症及功能锻炼依从性中的应用[J]. 广东医学, 2023, 44(4): 514-518.
ZHUANG Y L, YIN T T. Application of Internet+follow-up platform in kinesiophobia and functional exercise compliance of total knee arthroplasty patients[J]. Guangdong Medical Journal, 2023, 44(4): 514-518.
- [7] FORTIER L M, ROCKOV Z A, CHEN A F, et al. Activity recommendations after total hip and total knee arthroplasty[J]. J Bone Joint Surg Am, 2021, 103(5): 446-455.
- [8] 张瑶瑶. 基于IMB模型的全膝关节置换患者康复锻炼方案的构建与应用[D]. 青岛: 青岛大学, 2022.
ZHANG Y Y. Construction and application of rehabilitation exercise mode for total knee arthroplasty patients based on IMB[D]. Qingdao: Qingdao University, 2022.
- [9] 刘思雨, 戴付敏, 蒋梦蝶, 等. 老年全膝关节置换患者疾病感知与居家康复依从性的关系研究[J]. 护理管理杂志, 2021, 21(10): 721-725.
LIU S Y, DAI F M, JIANG M D, et al. Study on the relationship between illness perception and home-based rehabilitation adherence in elderly patients with knee arthroplasty[J]. Journal of Nursing Administration, 2021, 21(10): 721-725.
- [10] 傅利勤, 刘浩怡, 吴菁. 移动医疗技术在关节置换患者康复锻炼依从性干预中的研究进展[J]. 解放军护理杂志, 2021, 38(3): 57-60.
FU L Q, LIU H Y, WU J. A study review: application of mobile medical technology in promoting the compliance of rehabilitation exercise among patients with joint replacement[J]. Military Nursing, 2021, 38(3): 57-60.
- [11] National Institute for Health and Care Excellence. BPMpathway for

- rehabilitation support in joint replacement surgery [EB/OL]. (2023-03-21) [2023-11-03]. <https://www.nice.org.uk/advice/mib319/chapter/Expert-comments#general-comments>.
- [12] INSALL J N, RANAWAT C S, AGLIETTI P, et al. A comparison of four models of total knee-replacement prostheses[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1976, 58(6): 754-765.
- [13] 谭媛媛, 和晖, 杨秀贤, 等. 骨科患者功能锻炼依从性量表的编制及信度效度检验[J]. *中国护理管理*, 2019, 19(11): 1626-1631.
- TAN Y Y, HE H, YANG X X, et al. Development and reliability and validity test of the Compliance Scale of Functional Exercise for Orthopedic Patients[J]. *Chinese Nursing Management*, 2019, 19(11): 1626-1631.
- [14] 任敬, 巩航辉, 郑世成, 等. 单半径假体全膝关节置换术对重度膝关节骨性关节炎患者膝关节活动度和术后并发症的影响[J]. *陕西医学杂志*, 2022, 51(10): 1249-1252.
- REN J, GONG H H, ZHENG S C, et al. Effect of total knee arthroplasty with single radius prosthesis on knee range of motion and postoperative complications in patients with severe knee osteoarthritis[J]. *Shaanxi Medical Journal*, 2022, 51(10): 1249-1252.
- [15] THEODOULOU A, BRAMWELL D C, SPITERI A C, et al. The use of scoring systems in knee arthroplasty: a systematic review of the literature[J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(10): 2364-2370.e8.
- [16] SZÖTS K, KONRADSEN H, SOLGAARD S, et al. Telephone follow-up by nurse after total kneearthroplasty: results of a randomized clinical trial[J]. *Orthop Nurs*, 2016, 35(6): 411-420.
- [17] 陈天辉, 李鲁, JOERG M S, 等. 健康相关生命质量测量工具SF-36第二版和第一版的比较[J]. *中国社会医学杂志*, 2006, 23(2): 111-114.
- CHEN T H, LI L, JOERG M S, et al. Comparison on the first version and the second version of SF-36[J]. *Chinese Journal of Social Medicine*, 2006, 23(2): 111-114.
- [18] 薛源. 应用SF-36量表评价人工关节置换术对病人生命质量的影响[D]. 重庆: 第三军医大学, 2008.
- XUE Y. Evaluation of SF-36 health survey on influence of artificial joint replacement on patients' quality of life[D]. Chongqing: Third Military Medical University, 2008.
- [19] 赵改云, 许燕玲. 人工关节置换术后康复训练依从性影响因素研究现状[J]. *解放军护理杂志*, 2018, 35(16): 41-45.
- ZHAO G Y, XU Y L. Research status of influencing factors of rehabilitation training compliance after artificial joint replacement[J]. *Military Nursing*, 2018, 35(16): 41-45.
- [20] 尹慧珍, 山慈明. 老年关节置换术后早期活动依从性对关节恢复及深静脉血栓发生的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2017, 37(6): 1450-1452.
- YIN H Z, SHAN C M. Effect of early mobility compliance on joint recovery and deep vein thrombosis in elderly patients after joint replacement[J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2017, 37(6): 1450-1452.
- [21] 曲倩倩, 杨亚婷, 张振. 人工关节置换病人术后功能锻炼依从性的干预策略研究进展[J]. *护理研究*, 2022, 36(12): 2221-2224.
- QU Q Q, YANG Y T, ZHANG Z. Research progress on intervention strategies for functional exercise compliance of patients after artificial joint replacement[J]. *Chinese Nursing Research*, 2022, 36(12): 2221-2224.
- [22] 刘思雨. 基于自我调节模型的护理干预对老年膝关节置换患者疾病感知的影响[D]. 郑州: 郑州大学, 2021.
- LIU S Y. The influence of nursing intervention based on self-regulatory model for illness perception in elderly patients with knee arthroplasty[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2021.
- [23] 温雅婷, 郭霞, 孙国堃, 等. 骨科专科护士主导的“互联网+医疗健康”干预在前交叉韧带重建病人中的应用效果[J]. *护理研究*, 2023, 37(11): 2043-2048.
- WEN Y T, GUO X, SUN G K, et al. Application effect of orthopedic specialist nurse-led “Internet+ medical health” intervention in patients with anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Chinese Nursing Research*, 2023, 37(11): 2043-2048.
- [24] 张启栋, 曹光磊, 何川, 等. 膝关节单髁置换术围手术期管理专家共识[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13(4): 265-271.
- ZHANG Q D, CAO G L, HE C, et al. Interpretation of expert consensus on perioperative management of unicompartmental knee arthroplasty[J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Surgery*, 2023, 13(4): 265-271.
- [25] 王小泉, 刘超然, 王荣丽, 等. 人工全膝关节置换术后膝关节功能的影响因素研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(7): 880-885.
- WANG X Q, LIU C R, WANG R L, et al. Progress on the study of factors affecting knee function after artificial total knee arthroplasty[J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, 2020, 35(7): 880-885.
- [26] 尹正录, 孟兆祥, 林舜艳, 等. 全膝关节置换术后分阶段康复训练疗效观察[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2013, 35(2): 138-139.
- YIN Z L, MENG Z X, LIN S Y, et al. Clinical observation of phased rehabilitation training after total knee arthroplasty[J]. *Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2013, 35(2): 138-139.
- [27] 韩文意, 唐储爱, 琚新梅, 等. 悬吊运动在全膝关节置换术后早期功能锻炼中的效果评价[J]. *护理学杂志*, 2020, 35(22): 89-91, 95.
- HAN W Y, TANG C A, JU X M, et al. Effect of adding sling exercise therapy to early functional exercise after total knee arthroplasty[J]. *Journal of Nursing Science*, 2020, 35(22): 89-91, 95.
- [28] SHI H Y, MAU L W, CHANG J K, et al. Responsiveness of the Harris Hip Score and the SF-36: five years after total hip arthroplasty[J]. *Qual Life Res*, 2009, 18(8): 1053-1060.
- [29] 潘科, 刘奕, 漆伟, 等. 老年髋部骨折术后病人的髋关节功能、步行能力对生存质量的影响及其相关性分析[J]. *蚌埠医学院学报*, 2021, 46(10): 1393-1395, 1399.
- PAN K, LIU Y, QI W, et al. Effect of the hip function and walking ability on quality of life and their correlation in elderly patients with hip fracture after operation[J]. *Journal of Bengbu Medical College*, 2021, 46(10): 1393-1395, 1399.
- [30] 李杨, 蔡宏, 张克. 膝关节置换术前患者及家属关注问题调查[J]. *中国骨与关节杂志*, 2013, 2(8): 425-430.
- LI Y, CAI H, ZHANG K. An investigation of concerns of Chinese patients and their families before total knee arthroplasty[J]. *Chinese Journal of Bone and Joint*, 2013, 2(8): 425-430.
- [31] 田瑞瑞. 膝关节置换患者结果期望及其与术后功能恢复和满意度的相关性研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2016.
- TIAN R R. Patient outcome expectations of knee arthroplasty and the association with post-operative function and satisfaction[D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2016.
- [32] 何明, 朱锦宇, 王仁, 等. 心理和精神因素对全膝关节置换术后功能恢复及生活质量的影响[J]. *中国骨与关节杂志*, 2014, 3(6): 433-438.
- HE M, ZHU J Y, WANG R, et al. Effects of psychological and spiritual factors on functional recovery and life quality after total knee arthroplasty[J]. *Chinese Journal of Bone and Joint*, 2014, 3(6): 433-438.
- [33] 于澄, 阎美英, 吴欣旋, 等. 老年人心理健康在听力障碍与生活质量间的中介效应[J]. *中华耳科学杂志*, 2023, 21(2): 175-181.
- YU C, YAN M Y, WU X Y, et al. Mediating effects of mental health in the elderly between hearing impairment and quality of life[J]. *Chinese Journal of Otology*, 2023, 21(2): 175-181.

[本文编辑] 包 玲

