

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2024.07.004
文章编号: 1005-8982 (2024) 07-0021-06

关节疾病专题·论著

等速肌力训练结合 Pro-kin 平衡系统用于膝关节前交叉韧带重建术后的临床观察*

杨晓娇, 王骏, 刘柯文

(无锡市第九人民医院 康复医学科, 江苏 无锡 214062)

摘要: 目的 探讨等速肌力训练结合 Pro-kin 平衡系统用于膝关节前交叉韧带(ACL)重建术后的临床疗效。
方法 选取2020年8月—2022年12月无锡市第九人民医院68例行ACL重建术的患者为研究对象, 依据随机双盲法为观察组与对照组, 每组34例。对照组在常规康复训练基础上进行等速肌力训练, 观察组在对照组基础上结合 Pro-kin 平衡系统进行干预。比较两组患者干预前后屈曲及伸展关节活动度、下肢肌力[伸肌峰力矩(EPT)、屈肌峰力矩(FPT)、屈/伸肌群峰力矩比值(H/Q)]、膝关节功能[Holden 功能性步行量表(FAC)、国际膝关节评分委员会(IKDC)评分、Lysholm 评分、恐动症 Tampa 评分(TSK)]评估及下肢平衡功能[人体压力中心(COP)时间稳定性、闭眼压力中心速度(COPS)、单腿 COPS、稳定极限面积(COPA)和膝关节反应时间]评估。**结果** 两组干预前后屈曲及伸展关节活动度、EPT、FPT、H/Q、FAC 评分、IKDC 评分、Lysholm 评分、TSK 评分、COP 时间稳定性、闭眼 COPS、单腿 COPS、COPA、膝关节反应时间的差值比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 观察组干预前后上述各指标的差值均高于对照组。**结论** 等速肌力训练结合 Pro-kin 平衡系统用于 ACL 重建术后的康复训练, 可有效改善患者膝关节功能和下肢平衡能力, 恢复下肢肌群肌力。

关键词: 前交叉韧带; 重建术; 等速肌力训练; Pro-kin 平衡系统; 临床效果

中图分类号: R687.4

文献标识码: A

Clinical observation of isokinetic muscle strength training combined with Pro-kin balance system for postoperative reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint*

Yang Xiao-jiao, Wang Jun, Liu Ke-wen

(Department of Rehabilitation Medicine, Wuxi Ninth People's Hospital, Wuxi, Jiangsu 214062, China)

Abstract: Objective To explore the clinical efficacy of isokinetic muscle strength training combined with the Pro-kin balance system in postoperative rehabilitation following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction.
Methods Sixty-eight patients who underwent ACL reconstruction surgery at The Ninth People's Hospital of Wuxi from August 2020 to December 2022 were selected as the research subjects. According to a randomized double-blind method, they were divided into an observation group and a control group, with 34 cases in each group. The control group received isokinetic muscle strength training on the basis of routine rehabilitation training, while the observation group received intervention combining the Pro-kin balance system with the training in the control group. The flexion and extension joint range of motion, lower limb muscle strength [peak torque of extensor muscles (EPT), peak torque of flexor muscles (FPT), and hamstring/quadriceps (H/Q) peak torque ratio], knee joint function [Holden Functional Ambulation Categories (FAC), International Knee Documentation Committee (IKDC) score, Lysholm

收稿日期: 2023-09-10

* 基金项目: 江苏省科技计划项目 (No: 20JCZXJC00120)

[通信作者] 王骏, E-mail: wxwangjun@hotmail.com; Tel: 13606180365

score, Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK)], and lower limb balance function [center of pressure (COP) time stability, closed-eye COP speed (COPS), single-leg COPS, stable limit area (COPA), and knee joint reaction time] were compared between the two groups before and after intervention. **Results** The differences in flexion and extension joint range of motion, EPT, FPT, H/Q, FAC score, IKDC score, Lysholm score, TSK score, COP time stability, closed-eye COPS, single-leg COPS, COPA, and knee joint reaction time before and after intervention were statistically significant in both groups ($P < 0.05$). The differences in these indicators between the observation group and the control group were higher in the observation group. **Conclusion** Isokinetic muscle strength training combined with the Pro-kin balance system for rehabilitation training after ACL reconstruction surgery can effectively improve knee joint function and lower limb balance ability, and restore lower limb muscle strength.

Keywords: anterior cruciate ligament; reconstruction surgery; isokinetic muscle strength training; Pro-kin balance system; clinical efficacy

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 对维持膝关节稳定性具有重要作用, ACL 损伤是膝关节较为严重和常见的一种损伤, 可导致膝关节失稳, 影响关节功能^[1]。目前, 临床常采用关节镜下 ACL 重建术进行治疗, 可准确恢复膝关节稳定性, 具有手术时间短、术后恢复快等优势。但重建术的移植物无法代替原有 ACL 在关节中的本体感觉, 术后患者依然会出现肌力和稳定性下降、关节活动度受限等情况, 影响患者下肢功能和生活质量^[2-3]。以往研究发现, 术后有效的康复训练可巩固手术效果, 促进患者膝关节功能恢复^[4-5]。有学者认为, 本体感觉下降可通过增加膝关节周围肌力在一定程度上做出弥补^[6]。目前, 等速肌力训练是一种广泛运用于运动训练和康复领域的评价测试技术, 具有安全、可重复操作、准确等优点, 还可为肢体障碍患者提供针对性训练, 其在 ACL 损伤重建术后患者中的应用效果已经得到了临床研究证实^[7-8]。另有研究显示, 早期开展平衡功能训练是肢体障碍患者康复训练的重要内容之一, 步行能力改善是平衡能力恢复的根本, 而平衡功能训练可恢复肢体障碍患者本体感觉^[9]。Pro-kin 平衡系统是利用视觉反馈进行动态、静态平衡训练的一种康复方法, 适时的视觉反馈可使患者及时调整重心和姿势, 提高关节稳定性和本体感觉^[10]。但 Pro-kin 平衡系统常用于对脑卒中患者的康复治疗, 在 ACL 损伤重建术后患者中的应用效果临床研究较少, 基于此, 本研究探讨等速肌力训练结合 Pro-kin 平衡系统用于膝关节 ACL 重建术后的临床效果, 以为肢体障碍患者的康复方式提供新方向, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 8 月—2022 年 12 月无锡市第九人民医院 68 例行 ACL 重建术患者为研究对象。其中, 男性 43 例, 女性 25 例; 年龄 22~45 岁, 平均 (30.54 ± 6.74) 岁。纳入标准: ① ACL 单侧损伤; ② ACL 重建术后 2 周内磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查韧带结构良好; ③ 年龄 18~50 岁。排除标准: ① 有精神心理疾病; ② 下肢有其他骨关节和软组织损伤; ③ 伴半月板损伤; ④ 继发性 ACL 损伤; ⑤ 有静脉血栓; ⑥ 妊娠期或哺乳期妇女; ⑦ 后交叉韧带损伤; ⑧ 并发神经严重损伤; ⑨ 有严重心、肺疾病; ⑩ 术后有严重感染; ⑪ 伴认知、视觉、听觉障碍。依据随机双盲法将 68 例患者分为观察组和对照组, 每组 34 例。两组患者一般资料比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。研究经医院医学伦理委员会批准, 患者均签署知情同意书。

1.2 方法

患者均进行常规康复锻炼干预。术后第 1 周: 冰敷、抬高患肢等方式减轻水肿、疼痛; 神经肌肉电刺激仪 (德国贝朗, 型号: STMU-PLD-DIG) 电刺激股四头肌, 宽脉 30 μ s, 20 Hz 疏密波, 电流 15~30 mA, 间歇 10~15 s, 30 min/次, 1 次/d; 踝泵、关节活动度 (理想主动角度 20~70°, 被动角度 0~90°)、股四头肌等长收缩、腿抬高、髌关节伸缩等训练。术后 2~3 周: 持续上述训练, 关节活动度训练 (主动角度 0~90°, 被动角度 0~105°), 本体感觉训练 (无负重)。术后 4~5 周: 拄拐行走过渡至正常步态, 主动和辅助关节活动 (主动角度 0~105°, 被动角度 0~120°)

训练,并进行静态自行车、平衡板、闭链运动、微蹲、上下楼等训练,本体感觉训练(无负重)。术后6~12周:关节活动度达正常范围,本体感觉训练。术后13~24周:关节活动度直至主动无疼痛、本体感觉、慢跑、Plometrics训练。

1.2.1 对照组 在常规康复干预上采用等速肌力训练仪(山东BORAN公司,型号:BR-KF)进行训练,①术后3~4周:被动训练,患肢随训练仪等速运动,负荷由1 Nm渐增至略感疼痛停止,角度速30°/s、60°/s、90°/s、60°/s、30°/s,15 min/次,2次/d,每次训练间隔1 d。②术后5~12周:等速向心训练,角度速60°/s、90°/s、120°/s,30 min/次,2次/d,隔日训练。③术后13~24周:等速向心、离心训练,角度速60°/s、120°/s、180°/s,30 min/次,2次/d,隔日训练。

1.2.2 观察组 在对照组基础上采用Pro-Kin平衡系统(意大利TecnoBody公司,型号:PK254)进行视觉反馈平衡训练。①静态平衡功能训练:静态下了解下肢承重情况,观察患者在平衡台上控制中心移动轨迹,做重心保持、重心前后左右转移训练及单足负重训练;②动态平衡功能训练:指导患者移动带动监视器标记按设定路线移动,控制立位平衡,并根据患者情况,调整时间、速度等改变难度,2次/d,15 min/次,6 d/周,持续训练6个月。

1.3 观察指标

1.3.1 关节活动度 于干预前及干预12周后,采用量角器测量两组患者屈曲及伸展状态下主动关节活动度。

1.3.2 下肢肌力 于干预前及干预12周后,采用等速肌力测定仪测试下肢肌力,测量指标包括伸肌峰力矩(extensor peak moment, EPT)、屈肌峰力矩

(flexor peak moment, FPT)、膝关节屈/伸肌群峰力矩比值(hamstring/quadriceps, H/Q)。

1.3.3 膝关节功能 于干预前及干预12周后,采用Holden功能性步行量表(functional ambulation category scale, FAC)、国际膝关节评分委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)、Lysholm评分、恐动症Tampa评分(Tampa scale of kinesiophobia, TSK)进行评估,FAC评分标准:采用5级评分法,分值为1~5分,分值越高步行功能越好;IKDC评分标准:共10项,分值0~100分,得分越高膝关节功能越好;Lysholm评分标准:量表包含8个项目,分值为0~25分,分值越高膝关节功能越好;TSK评分标准:总分17~68分,得分越高患者恐动越严重。

1.3.4 下肢平衡能力 于干预前及干预12周后,采用平衡系统对人体压力中心(center of pressure, COP)时间稳定性、闭眼压力中心速度(closure pressure center velocity, COPS)、单腿COPS、稳定极限面积(center of pressure area, COPA)、膝关节反应时间进行评估。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 22.0统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;计数资料以构成比(%)表示,比较用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较

两组患者性别构成、年龄、损伤部位、病程、体重比较,经 χ^2 或 t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

表1 两组一般资料比较 ($n=34$)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	损伤部位 例(%)		病程/(d, $\bar{x} \pm s$)	体重/(kg, $\bar{x} \pm s$)
			左膝	右膝		
观察组	22/12	32.76 ± 6.42	23(67.65)	11(32.35)	17.54 ± 2.46	67.42 ± 15.24
对照组	21/13	33.04 ± 6.37	22(64.71)	12(35.29)	18.14 ± 3.23	68.15 ± 16.32
χ^2/t 值	0.063	0.181		0.066	0.862	0.191
P 值	0.801	0.857		0.798	0.392	0.849

2.2 两组干预前后关节活动度的差值比较

两组干预前后屈曲及伸展关节活动度的差值

比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);观察组均高于对照组。见表2。

表 2 两组干预前后关节活动度的差值比较

[$n=34, (^{\circ}), (\bar{x} \pm s)$]

组别	屈曲差值	伸展差值
观察组	81.08 ± 11.42	-11.60 ± 1.43
对照组	56.05 ± 11.54	-10.81 ± 1.32
<i>t</i> 值	8.990	2.670
<i>P</i> 值	0.000	0.021

2.3 两组干预前后下肢肌力的差值比较

两组干预前后 EPT、FPT、H/Q 的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组均高于对照组。见表 3。

表 4 两组干预前后膝关节功能的差值比较 ($n=34, \text{分}, \bar{x} \pm s$)

组别	FAC 评分差值	IKDC 评分差值	Lysholm 评分差值	TSK 评分差值
观察组	1.60 ± 0.42	26.03 ± 3.43	25.01 ± 3.61	-15.59 ± 2.57
对照组	1.14 ± 0.34	21.42 ± 3.12	20.39 ± 3.24	-8.86 ± 1.48
<i>t</i> 值	4.964	5.797	5.554	13.232
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000

2.5 两组干预前后下肢平衡功能的差值比较

两组干预前后 COP 时间稳定性、闭眼 COPS、单腿 COPS、COPA、膝关节反应时间的差值比较,

表 5 两组干预前后下肢平衡功能的差值比较 ($n=34, \bar{x} \pm s$)

组别	COP 时间稳定性差值/s	闭眼 COPS 差值/(cm/s)	单腿 COPS 差值/(cm/s)	COPA 差值/cm ²	膝关节反应时间差值/s
观察组	-0.93 ± 0.24	-2.01 ± 0.65	-1.42 ± 0.46	36.43 ± 3.76	-0.81 ± 0.22
对照组	-0.48 ± 0.12	-1.53 ± 0.45	-1.06 ± 0.31	26.29 ± 3.25	-0.54 ± 0.13
<i>t</i> 值	9.779	3.540	3.784	11.897	6.161
<i>P</i> 值	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000

3 讨论

ACL 是膝关节主要韧带之一, ACL 结构性损伤可引起本体感觉及功能改变, 且随着受损时间延长, 会出现神经功能障碍, 导致本体感觉减退, 膝关节稳定性下降^[11]。目前, 关节镜下 ACL 重建术是治疗 ACL 损伤的常用有效方式, 但患者术后早期会出现肌肉萎缩、肌力下降等情况。一项研究发现, 接受 ACL 重建术治疗的运动员中, 约 22% 无法重返赛场^[12]。因此, 在 ACL 重建术后的早期康复治疗尤为重要。等速肌力训练是一种顺应性运动, 一定理论基础上等速训练较等长、等张训练疗效更确切, 在相同活动范围可做更多功, 在任意角度产生最大机

表 3 两组干预前后下肢肌力的差值比较 ($n=34, \bar{x} \pm s$)

组别	EPT 差值/(N/m)	FPT 差值/(N/m)	H/Q 差值/%
观察组	34.63 ± 4.83	29.81 ± 3.57	11.97 ± 2.72
对照组	27.53 ± 4.34	19.33 ± 3.15	5.33 ± 1.58
<i>t</i> 值	6.376	12.835	12.308
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000

2.4 两组干预前后膝关节功能的差值比较

两组干预前后 FAC 评分、IKDC 评分、Lysholm 评分、TSK 评分的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组均高于对照组。见表 4。

经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组均高于对照组。见表 5。

械输出力, 且等速运动可更有效调动肌肉潜在收缩力, 达到最佳训练效果^[13-14]。目前, 等速肌力训练已经广泛应用于 ACL 重建术后患者的康复治疗中, 并取得了良好的疗效。临床研究发现, ACL 损伤后不仅导致患侧本体感觉减退, 还会累及健侧本体感觉, 导致患者平衡功能障碍^[15-16]。Pro-kin 平衡系统利用适时视觉反馈及有效刺激本体感觉, 提高肢体障碍患者躯干和肢体重心控制力, 促进平衡姿态、步态的稳定, 该系统目前已经广泛应用于脑卒中患者平衡训练中, 且在改善稳定性上优势明显^[17]。但 Pro-kin 平衡系统用于 ACL 重建术后患者的康复治疗是否具有临床价值, 尚需大量临床对照实验进行证实。因此, 本研究在等速肌力训练基础上结合

Pro-kin平衡系统用于ACL重建术后患者,分析二者结合训练在改善患者早期下肢肢体功能上的临床疗效。

本研究结果显示,观察组患者干预后关节活动度、膝关节功能相关评分及下肢平衡功能均优于对照组,提示等速肌力训练结合Pro-kin平衡系统,在改善患者关节活动度、关节功能及平衡能力上疗效更好。术后患者韧带的重建主要经血运重建、韧带化重塑等过程,该过程韧带需经过由强变弱、再逐渐增强的变化,因膝关节周围肌肉可代偿慢速运动时关节不稳定情况,故开展股四头肌和腓绳肌肌力训练有利于韧带的恢复^[18]。等速肌力训练主要包括等速向心和持续被动训练,其中等速向心训练可在低速和高速下募集不同肌纤维,先快后慢可促使关节应力增大,利于关节肌力恢复;持续被动运动能够刺激大脑皮层等形成更多神经冲动,且离心刺激可随意控制和保证组织弹性成分,增加胶原再控制适应力,最大程度恢复膝关节功能^[19-20]。因而,对患者实施等速肌力训练可增加肌纤维募集,刺激肌肉潜在收缩功能,增强肌群力量,提高关节活动度,促进其功能恢复。Pro-kin平衡系统可改善ACL损伤重建术后患者肢体功能,可能是因为该系统制订了个性化训练模式和精准评定系统,利用感觉输入系统视觉反馈和本体感觉2种传入系统,可帮助患者控制身体重心移动,提高肢体控制能力,纠正异常姿势;动态平衡训练中左右、前后的活动度增加,视觉辅助下,利用踝、膝关节调整重心分布,达到新稳定支撑;通过控制平衡板,激活下肢关节本体感觉,再利用视觉反馈辅助正常本体感觉恢复,增强神经突出功能,完成平衡姿势控制,提高步态稳定性,从而改善步态和功能;同时多次全方位重复肢体位移和位置转换,可有效减少肌肉萎缩,提高运动能力^[21-22]。HA等^[23]研究发现,基于电脑图像实施的视觉反馈训练,可有效改善患者平衡功能。李楠等^[24]研究发现,虚拟现实平衡训练能够改善ACL重建术后患者关节活动度和膝关节功能。另有研究表明,实施平衡功能和本体感觉训练,有助于患者膝关节本体感觉的恢复,提高其稳定性及功能^[25]。由此可见,二者结合用于ACL重建术后,具有协同作用,在恢复患者膝关节本体感觉,改善关节功能和平衡能力上效果更好。

本研究结果显示,观察组患者干预后下肢肌力优于对照组,提示等速肌力训练结合Pro-kin平衡系统,在提高患者膝关节肌群肌力上效果更好。目前,等速肌力训练对肢体障碍患者肌力的有效作用已经得到了临床研究广泛证实^[26-27],而Pro-kin平衡系统训练可促使患者肌肉群做出相应反应来稳定膝关节,在整个训练过程中使患者的本体、视觉、躯体等有效统合,反复激活肌肉神经信号,优化其反馈调节功能,使膝关节稳定性、功能肌肉群能有效、快速地被激活,在促进患者运动自控的同时,恢复患侧肌力;并且通过患者在动、静态下运动的控制,提高膝关节协调控制能力,缩短其在不同位置下的反馈时间,有效促进了双侧本体感觉恢复^[28-29]。施明等^[30]研究发现,虚拟现实平衡训练用于ACL重建术后,可显著改善患者膝关节功能,提高患者肌力,恢复其本体感觉。金天福等^[31]发现,虚拟现实平衡训练可减轻ACL重建术后患者恐动心理,改善膝关节功能及平衡能力,恢复其下肢肌力。以上研究结果均证实视觉反馈平衡训练对提高肢体障碍患者肌群肌力具有良好的疗效。由此可见,等速肌力训练结合Pro-kin平衡系统在提高ACL重建术后患者下肢肌力上效果更好。

综上所述,ACL重建术后采用等速肌力训练结合Pro-kin平衡系统进行康复训练,可有效改善患者膝关节功能、下肢肌力和平衡能力,这对ACL损伤患者重建术后康复方式的选择和预后有积极意义。但Pro-kin平衡系统普遍用于脑卒中患者的康复训练,在ACL损伤患者重建术后的应用尚未普及,今后临床工作中应加大Pro-kin平衡系统在肢体障碍患者中的应用,为更多肢体障碍患者的康复提供新途径。

参 考 文 献 :

- [1] 张伟,刘云鹏,王星亮,等. 膝关节前交叉韧带损伤危险因素影像学分析[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(15): 2361-2366.
- [2] BUCKTHORPE M, DELLA VILLA F. Optimising the 'mid-stage' training and testing process after ACL reconstruction[J]. Sports Med, 2020, 50(4): 657-678.
- [3] 刘晓磊,张鸿悦,章耀华,等. 前交叉韧带重建术后患者膝本体感觉与姿势控制的相关性[J]. 中国康复, 2021, 36(3): 170-173.
- [4] GUO Y, LI D, WU Y B, et al. Mobile health-based home rehabilitation education improving early outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial[J]. Front Public Health, 2023, 10: 1042167.

- [5] 陈春莉, 魏丹娜, 苏舜红, 等. 早期下肢按摩联合康复训练对膝关节镜下前交叉韧带重建术后患者功能恢复的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2020, 19(19): 2095-2099.
- [6] RIVERA-BROWN A M, FRONTERA W R, FONTÁNEZ R, et al. Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery[J]. *PM R*, 2022, 14(5): 678-690.
- [7] 张怡, 谷媛媛, 曲径直, 等. 体外冲击波疗法联合下肢肌力训练对关节镜下前交叉韧带重建术后患者关节稳定性活动度及平衡功能的影响[J]. 河北医学, 2023, 29(4): 587-591.
- [8] 柳海峰, 陆伟, 梁达强, 等. 大腿肌群等速训练对前交叉韧带重建术后移植塑形的影响[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(9): 1088-1094.
- [9] KOCHMAN M, KASPRZAK M, KIELAR A. ACL reconstruction: which additional physiotherapy interventions improve early-stage rehabilitation? A systematic review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(23): 15893.
- [10] ZHANG T, QUI B, LIU H J, et al. Effects of visual feedback during balance training on knee function and balance ability in postoperative patients after knee fracture: a randomized controlled trial[J]. *J Rehabil Med*, 2022, 54: jrm00281.
- [11] KOHN L, REMBECK E, RAUCH A. Anterior cruciate ligament injury in adults: diagnostics and treatment[J]. *Orthopade*, 2020, 49(11): 1013-1028.
- [12] KOHN L, REMBECK E, RAUCH A. Anterior cruciate ligament injury in adults: diagnostics and treatment[J]. *Orthopade*, 2020, 49(11): 1013-1028.
- [13] 李美萍, 沈敏, 徐纯鑫, 等. 等速肌力训练改善痉挛型脑性瘫痪患儿下肢肌力的临床观察[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(6): 713-715.
- [14] 丁晓晶, 王勇军, 姜云虎, 等. 等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者上肢身体成分的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2022, 28(11): 1265-1269.
- [15] 张玲, 蔡宗远, 王少白, 等. 前交叉韧带重建术后膝关节运动分析研究进展[J]. 医用生物力学, 2020, 35(2): 240-246.
- [16] JIN T F, LI Y L, YANG G R, et al. Comparison of rapid rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction with tensioning technique and traditional rehabilitation[J]. *Dis Markers*, 2022, 2022: 6779207.
- [17] 王健建, 桑学涵, 孟兆祥, 等. 视觉反馈下平衡训练对全膝关节置换术后患者平衡能力及步行能力的影响[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(1): 74-78.
- [18] BEARD D J, DAVIES L, COOK J A, et al. Rehabilitation versus surgical reconstruction for non-acute anterior cruciate ligament injury (ACL SNNAP): a pragmatic randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2022, 400(10352): 605-615.
- [19] 李豪, 黄臻, 杨文, 等. 手法淋巴引流结合等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者下肢肿胀的疗效[J]. 广东医学, 2023, 44(1): 79-83.
- [20] 柳海峰, 陆伟, 梁达强, 等. 大腿肌群等速训练对前交叉韧带重建术后移植塑形的影响[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(9): 1088-1094.
- [21] HYUN S J, LEE J, LEE B H. The effects of sit-to-stand training combined with real-time visual feedback on strength, balance, gait ability, and quality of life in patients with stroke: a randomized controlled trial[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(22): 12229.
- [22] 焦爱菊, 赵玮婧, 文淑梅, 等. Pro-kin 视觉反馈平衡训练对脑卒中患者平衡与步态的影响[J]. 中国康复, 2022, 37(10): 579-583.
- [23] HA S Y, KIM S Y, SUNG Y H. Effects of visual feedback training using transient Fresnel prism glasses on balance ability in stroke patients without hemispatial neglect[J]. *J Exerc Rehabil*, 2019, 15(5): 683-687.
- [24] 李楠, 李健, 王丛笑, 等. 虚拟现实平衡训练对前交叉韧带重建术后膝关节功能的影响[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(22): 7-11.
- [25] HOU Z C, AO Y F, HU Y L, et al. Balance training benefits chronic ankle instability with generalized joint hypermobility: a prospective cohort study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 71.
- [26] VIEIRA de MORAES FILHO A, CHAVES S N, MARTINS W R, et al. Progressive resistance training improves bradykinesia, motor symptoms and functional performance in patients with Parkinson's disease[J]. *Clin Interv Aging*, 2020, 15: 87-95.
- [27] 李蕾, 刘晓华, 刘克敏, 等. 等速肌力训练在肩袖修补术后康复中的作用[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(2): 156-160.
- [28] MIHAI E E, MIHAI I V, BERTEANU M. Effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy and visual feedback balance training on lower limb post-stroke spasticity, trunk performance, and balance: a randomized controlled trial[J]. *J Clin Med*, 2021, 11(1): 147.
- [29] ZHANG M, YOU H, ZHANG H X, et al. Effects of visual feedback balance training with the pro-kin system on walking and self-care abilities in stroke patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(39): e22425.
- [30] 施明, 潘文平, 曾明, 等. 虚拟现实平衡训练对前交叉韧带重建术后膝关节本体感觉的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(12): 1458-1463.
- [31] 金天福, 李彦林. 虚拟现实平衡训练联合运动训练对前交叉韧带重建术后的影响[J]. 实用骨科杂志, 2022, 28(7): 659-663.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 杨晓娇, 王骏, 刘柯文. 等速肌力训练结合 Pro-kin 平衡系统用于膝关节前交叉韧带重建术后的临床观察[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(7): 21-26.

Cite this article as: YANG X J, WANG J, LIU K W. Clinical observation of isokinetic muscle strength training combined with Pro-kin balance system for postoperative reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2024, 34(7): 21-26.