

开链联合闭链运动训练对前交叉韧带重建术后患者的影响

高鹏¹, 姜鑫², 王俊哲¹, 王宏宇¹, 刘承耀^{1*}

1 济南市章丘区人民医院, 山东 济南 250200;

2 上海交通大学医学院附属第九人民医院, 上海 200011

* 通信作者: 刘承耀, E-mail: gliuyou@163.com

收稿日期: 2022-12-22; 接受日期: 2023-03-06

基金项目: 济南市卫生健康委员会科技计划项目(2021-1-48)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.06010

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 **目的:**观察开链(OKC)联合闭链(CKC)运动训练对前交叉韧带(ACL)重建术后患者膝关节或下肢运动功能、平衡功能、股四头肌等速肌力和萎缩程度的影响。**方法:**选择2020年1月—2021年10月在济南市章丘区人民医院行膝关节ACL重建术后患者84例,按照随机数字表法分为OKC组、CKC组、等量联合组和调整联合组,每组21例。OKC组接受OKC训练,CKC组接受CKC训练,等量联合组接受1/2 OKC和1/2 CKC训练,调整联合组接受不同配比OKC和CKC训练,4组均训练12周。分别于干预前后采用Lysholm评分、国际膝关节评分委员会(IKDC)评分评价患侧膝关节功能,测量膝关节韧带KT-1000值,主动和被动关节活动度差值;采用单脚跳、交叉单脚跳测定患侧与健侧跳跃距离比值评价下肢运动功能;采用Fugl-Meyer平衡量表和Berg平衡量表(BBS)评分评估平衡功能;采用等速肌力测试系统分析患侧股四头肌的峰力矩(PT)、平均功率(AP)、总功率(TW)和萎缩指数。**结果:**① 膝关节运动功能:与干预前比较,4组干预后Lysholm评分和IKDC评分均明显升高,KT-1000值、主动关节活动度差值和被动关节活动度差值均明显降低($P<0.05$)。与OKC组比较,CKC组干预后Lysholm评分明显更高,CKC组和调整联合组干预后IKDC评分明显更高,KT-1000值、主动关节活动度差值和被动关节活动度差值明显更低($P<0.05$);等量联合组干预后主动关节活动度差值明显更低($P<0.05$)。② 平衡功能:与干预前比较,4组干预后Fugl-Meyer评分和BBS评分均明显更高($P<0.05$);4组干预后Fugl-Meyer评分和BBS评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。③ 下肢运动功能:与干预前比较,4组干预后患侧与健侧单脚跳及交叉单脚跳跳跃距离比值均明显更高($P<0.05$)。与OKC组比较,CKC组和调整联合组干预后患侧与健侧单脚跳及交叉单脚跳跳跃距离比值均明显更高($P<0.05$)。④ 股四头肌等速肌力及萎缩指数:与干预前比较,4组干预后PT、AP及TW均明显更高,萎缩指数明显更低($P<0.05$)。与OKC组比较,CKC组干预后PT、AP及TW明显更低,萎缩指数明显更高($P<0.05$);与CKC组比较,等量联合组和调整联合组干预后PT和TW均明显更高,萎缩指数明显更低($P<0.05$)。**结论:**OKC联合CKC运动训练可有效改善ACL重建术后患者膝关节、下肢运动功能,提高股四头肌肌力,减少萎缩程度,等量联合方式和调整联合方式的效果相当。

关键词 前交叉韧带重建术;开链运动;闭链运动;膝关节运动功能;下肢运动功能

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)是膝关节的重要静力与动力稳定结构,对于胫股关节

的正常运行起重要作用^[1]。ACL重建术是恢复患者膝关节结构完整性的重要手段^[2]。临床研究认为

引用格式:高鹏,姜鑫,王俊哲,等.开链联合闭链运动训练对前交叉韧带重建术后患者的影响[J].康复学报,2023,33(6):542-548.

GAO P,JIANG X,WANG J Z,et al. Treatment efficacy of open kinetic chain combined with closed kinetic chain exercise training on patients after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. Rehabil Med, 2023, 33(6):542-548.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.06010

ACL重建术后需辅以积极有效的康复治疗,否则将会影响膝关节功能恢复效果,甚至影响患者远期生活质量^[3]。因此,合理的康复训练方案对ACL重建术后康复效果具有十分重要的意义。开链运动(open kinetic chain, OKC)和闭链运动(close kinetic chain, CKC)训练是目前常用的运动功能训练方式,已被广泛应用于ACL重建术后康复训练^[4]。OKC对股四头肌肌力的恢复效果更为显著,但会引起胫骨前移,从而造成重建的ACL拉长甚至损伤;CKC能保持膝关节的稳定性,减轻对膝的剪力和对ACL的拉力,但对股四头肌肌力的恢复不如OKC^[5]。目前研究多集中于比较这2种方式的优劣^[6],但关于二者联合应用的效果及联合方式尚不明确^[4]。因此,本研究尝试观察CKC联合OKC训练在ACL重建术后功能恢复及股四头肌萎缩中的应用效果,为ACL重建术后康复训练方案的选择提供参考。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准 符合中华医学会《临床诊疗指南·物理医学与康复分册》^[7]关于膝关节ACL损伤的

诊断标准。

1.1.2 纳入标准 ① 单侧损伤,符合ACL重建术的手术指征;② 训练依从性较高,对本研究知情同意。

1.1.3 排除标准 ① 有膝关节外伤史或手术史,或合并其他膝关节损伤;② 严重的系统性疾病、重大脏器功能不全或精神疾病;③ 妊娠或哺乳期女性;④ 有较严重的术后并发症、骨质疏松或骨折愈合不良等。

1.1.4 中止和脱落标准 ① 患者突发身体不适或转院等无法继续完成治疗;② 患者因各种原因申请退出。

1.2 一般资料

选择2020年1月—2021年10月在济南市章丘区人民医院行膝关节ACL重建术的患者84例,按照随机数字表法分为OKC组、CKC组、等量联合组和调整联合组,每组21例。4组性别、年龄、病程及患侧等一般资料比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表1。本研究经济南市章丘区人民医院医学伦理委员会审批通过(审批号:EC-20190802-1030)。

表1 4组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data in four groups

组别	例数	性别		年龄/($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程/($\bar{x} \pm s$, d)	患侧	
		男	女			左侧	右侧
OKC组	21	12	9	32.57±7.75	8.90±2.63	11	10
CKC组	21	11	10	33.71±8.13	9.24±3.33	12	9
等量联合组	21	10	11	30.43±8.09	9.71±3.35	13	8
调整联合组	21	13	8	31.52±8.25	10.05±3.47	12	9

2 方法

2.1 治疗方法

2.1.1 OKC组 OKC组接受OKC训练。具体训练方式如下:

2.1.1.1 股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练 术后3 d进行股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练,每次主动收缩5 s,放松2 s,300次/d。

2.1.1.2 直腿抬高训练 术后3 d~4周进行直腿抬高训练,每10次为1组,每6组为1次练习,每天进行2~3次练习,每组间休息2~3 min,每次练习间隔2 h。术后4~8周同时进行膝关节屈曲活动,逐渐增大活动角度,结束时能屈曲120°。

2.1.1.3 完全负重下步态训练 术后8~12周,完全负重下进行常规步态训练、加减速步行训练,并

逐渐增大训练强度。

2.1.1.4 正常体育运动训练 术后12周逐步恢复正常体育运动。

2.1.2 CKC组 CKC组接受CKC训练。具体训练方式如下:

2.1.2.1 股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练 术后3 d进行股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练,每次主动收缩5 s,放松2 s,300次/d。

2.1.2.2 屈膝运动训练 术后3 d~8周进行仰卧位屈膝运动。① 术后3 d~4周运动时保持足跟不离床面;每10次为1组,每6组为1次练习,每天进行2~3次练习;每组间休息2~3 min,每次练习间隔2 h。② 术后4~5周时戴支具进行半蹲,膝关节屈曲在0°~45°内,负重1/3;术后6周开始膝关节屈曲

由45°逐渐增大至90°,负重2/3,至8周末屈曲增大至120°,完全负重。

2.1.2.3 完全负重下步态训练 术后8~12周,完全负重下进行常规步态训练、加减速步行训练,并逐渐增大训练强度。

2.1.2.4 正常体育运动训练 术后12周逐步恢复正常体育运动。

2.1.3 等量联合组 等量联合组接受运动量减半的OKC和CKC训练。具体训练方式如下:

2.1.3.1 股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练 术后3d进行股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练,每次主动收缩5s,放松2s,300次/d。

2.1.3.2 直腿抬高训练和屈膝训练 术后3d~8周每天上午和下午分别进行运动量减半的OKC直腿抬高和CKC仰卧位屈膝。其中,术后4~8周同时戴支具半蹲0°~45°逐渐过渡至90°~120°,负重也逐渐过渡至完全负重。

2.1.3.3 完全负重下步态训练 术后8~12周,完全负重下进行常规步态训练、加减速步行训练,并逐渐增大训练强度。

2.1.3.4 正常体育运动训练 术后12周逐步恢复正常体育运动。

2.1.4 调整联合组 调整联合组接受不同配比的OKC和CKC训练。具体训练方式如下:

2.1.4.1 股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练 术后3d进行股四头肌等长收缩、踝关节跖屈、背伸训练,每次主动收缩5s,放松2s,300次/d。

2.1.4.2 OKC训练 术后3d~2周内进行OKC训练。

2.1.4.3 CKC训练联合OKC训练 术后3~4周进行2/3运动量的CKC训练和1/3运动量的OKC训练。

2.1.4.4 OKC直腿抬高和CKC仰卧屈膝训练 术后4~6周进行运动量各自减半的OKC直腿抬高和CKC仰卧屈膝训练。

2.1.4.5 屈膝半蹲训练 术后6~8周进行1/3运动量的CKC训练和2/3运动量的OKC训练,同时进行屈膝半蹲0°~45°逐渐过渡至90°~120°,负重逐渐过渡至完全负重。

2.1.4.6 完全负重下步态训练 术后8~12周,完全负重下进行常规步态训练、加减速步行训练,并逐渐增大训练强度。

2.1.4.7 正常体育运动训练 术后12周逐步恢复正常体育运动。

2.2 观察指标

分别于干预前后测定以下指标。

2.2.1 膝关节运动功能 采用Lysholm评分、国际膝关节评分委员会(international knee documentation committee, IKDC)评分评价患侧膝关节功能,同时测量膝关节韧带的KT-1000值,主动和被动活动度差值^[8]。

2.2.1.1 Lysholm评分 Lysholm评分包括跛行、使用支撑物及交锁感等8项内容,总分100分,分值越高表示膝关节功能越好。

2.2.1.2 IKDC评分 IKDC评分包括症状、功能及体育活动3项内容,总分100分,分值越高表示膝关节功能越好。KT-1000值越低越好。

2.2.1.3 主动和被动活动度差值 主动和被动活动度差值是指健侧关节活动度与患侧关节活动度的差值,差值越小表示关节活动度越好。

2.2.2 平衡功能 采用Fugl-Meyer平衡量表和Berg平衡量表(berg balance scale, BBS)评分评估平衡功能^[9]。① Fugl-Meyer平衡量表包括支持坐位、健侧展翅反应等7个条目,总分为0~14分,分值越高表示平衡功能越好。② BBS包括由坐到站、独立站立等14个条目,总分为0~56分。分值越高表示平衡功能越好。

2.2.3 下肢运动功能 采用单脚跳和交叉单脚跳测定患侧与健侧的跳跃距离比值评价下肢运动功能^[10]。① 单脚跳:测试者患侧腿沿中线跳跃1次,记录跳跃距离,测试3次,取最佳成绩,休息3min后,换健侧腿进行测试。② 交叉单脚跳:测试者患侧腿向前45°跳3次,跳跃方向为交叉跳跃。记录起点到跳跃终点的距离,测试3次,取最佳成绩,休息3min后,换健侧腿进行测试。在测试过程中,医护人员做好保护,防止跌倒摔伤。分别计算单脚跳、交叉单脚跳跳距离的比值,比值越高表示下肢功能越好。

$$\text{跳跃距离比值} = \text{患侧跳跃距离} / \text{健侧跳跃距离} \times 100\%$$

2.2.4 股四头肌等速肌力和萎缩指数

2.2.4.1 等速肌力 采用等速肌力测试系统分析患侧股四头肌的峰力矩(peak torque, PT)、平均功率(average power, AP)及总功率(total work, TW)^[11]。测试结果越高表示等速肌力越好。

2.2.4.2 萎缩指数 测量患侧(髌骨上缘10cm处)和健侧股四头肌周径,计算股四头肌萎缩指数^[12]。萎缩指数越高表示股四头肌萎缩越明显。

$$\text{萎缩指数} = (\text{健侧股四头肌周径} - \text{患侧股四头肌周径}) / \text{健侧股四头肌周径} \times 100\%$$

2.3 统计学方法

采用SPSS 24.0统计软件进行数据分析。计量资料符合正态分布以($\bar{x}\pm s$)表示,多组间采用单因素方差分析,组间两两比较采用LSD-*t*检验;组内比较采用配对*t*检验。计数资料采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 4组干预前后膝关节运动功能比较

与干预前比较,4组干预后Lysholm评分和IK-

DC评分均明显升高,KT-1000值、主动关节活动度差值和被动关节活动度差值均明显降低($P<0.05$)。与OKC组比较,CKC组干预后Lysholm评分和IKDC评分均明显更高,KT-1000值、主动关节活动度差值和被动关节活动度差值均明显更低($P<0.05$);等量联合组干预后主动关节活动度差值明显更低($P<0.05$);调整联合组干预后IKDC评分明显更高,KT-1000值、主动关节活动度差值和被动关节活动度差值均明显更低,差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表2。

表2 4组干预前后膝关节运动功能指标比较($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of knee motor function indexes in four groups before and after intervention ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	时间	Lysholm评分/分	IKDC评分/分	KT-1000值/mm	主动关节活动度差值/°	被动关节活动度差值/°
OKC组	21	干预前	56.51±2.10	56.49±2.44	3.33±0.34	28.14±3.05	18.47±2.35
		干预后	84.05±3.68 ¹⁾	86.48±3.42 ¹⁾	2.10±0.49 ¹⁾	9.56±1.77 ¹⁾	9.40±2.03 ¹⁾
CKC组	21	干预前	56.12±2.63	57.25±2.29	3.30±0.31	27.80±3.18	17.89±2.42
		干预后	87.14±2.67 ¹⁾²⁾	89.52±4.25 ¹⁾²⁾	1.75±0.41 ¹⁾²⁾	7.09±2.13 ¹⁾²⁾	7.80±1.78 ¹⁾²⁾
等量联合组	21	干预前	55.90±2.60	57.07±2.35	3.41±0.36	28.32±3.34	18.55±2.53
		干预后	85.00±3.16 ¹⁾	87.57±5.37 ¹⁾	1.93±0.44 ¹⁾	8.20±1.66 ¹⁾²⁾	8.51±1.83 ¹⁾
调整联合组	21	干预前	55.89±2.47	56.96±2.18	3.28±0.33	27.98±3.53	17.91±2.26
		干预后	85.81±3.44 ¹⁾	88.95±3.11 ¹⁾²⁾	1.78±0.46 ¹⁾²⁾	7.92±1.50 ¹⁾²⁾	7.91±1.53 ¹⁾²⁾

注:与干预前比较,1) $P<0.05$;与OKC组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before intervention, 1) $P<0.05$; compared with the OKC group, 2) $P<0.05$.

3.2 4组干预前后平衡功能比较

与干预前比较,4组干预后Fugl-Meyer评分和BBS评分均明显更高($P<0.05$)。4组干预后平衡功能指标比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表3。

表3 4组干预前后平衡功能指标比较($\bar{x}\pm s$) 分

Table 3 Comparison of balance function indexes in four groups before and after intervention ($\bar{x}\pm s$) Scores

组别	例数	时间	Fugl-Meyer评分	BBS评分
OKC组	21	干预前	7.17±1.01	34.85±3.36
		干预后	9.67±1.32 ¹⁾	45.10±3.73 ¹⁾
CKC组	21	干预前	7.23±1.12	35.31±3.45
		干预后	10.52±1.63 ¹⁾	47.14±3.86 ¹⁾
等量联合组	21	干预前	7.10±1.11	36.17±3.39
		干预后	9.71±1.27 ¹⁾	45.19±3.53 ¹⁾
调整联合组	21	干预前	7.09±1.09	34.97±3.52
		干预后	10.43±1.57 ¹⁾	46.86±3.79 ¹⁾

注:与干预前比较,1) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before intervention, 1) $P<0.05$.

3.3 4组干预前后下肢运动功能比较

与干预前比较,4组干预后患侧与健侧单脚跳及交叉单脚跳跳距距离比值均明显更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。与OKC组干预后比较,CKC组和调整联合组干预后患侧与健侧单脚跳及交叉单脚跳跳距距离比值均明显更高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表4。

3.4 4组干预前后股四头肌等速肌力及萎缩指数比较

与干预前比较,4组干预后PT、AP及TW均明显更高,萎缩指数明显更低,差异具有统计学意义($P<0.05$)。与OKC组比较,CKC组干预后PT、AP及TW明显更低,萎缩指数明显更高($P<0.05$);与CKC组比较,等量联合组和调整联合组干预后PT和TW均明显更高,萎缩指数明显更低,差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表5。

表4 4组干预前后跳跃距离比值比较($\bar{x}\pm s$)

%

Table 4 Comparison of Jump distance ratio in four groups before and after intervention ($\bar{x}\pm s$) %

组别	例数	时间	单脚跳	交叉单脚跳
OKC组	21	干预前	56.31±4.73	53.81±7.54
		干预后	84.39±5.71 ¹⁾	81.24±10.50 ¹⁾
CKC组	21	干预前	55.92±4.57	52.92±6.30
		干预后	88.00±5.58 ¹⁾²⁾	87.77±9.11 ¹⁾²⁾
等量联合组	21	干预前	55.58±4.36	53.47±7.12
		干预后	85.08±4.33 ¹⁾	83.94±9.06 ¹⁾
调整联合组	21	干预前	54.76±3.95	54.68±6.76
		干预后	87.76±5.41 ¹⁾²⁾	87.63±7.57 ¹⁾²⁾

注:与干预前比较,1) $P<0.05$;与OKC组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before intervention, 1) $P<0.05$; compared with the OKC group, 2) $P<0.05$.

表5 4组干预前后股四头肌等速肌力及萎缩指数比较($\bar{x}\pm s$)

Table 5 Comparison of quadriceps femoris isokinetic muscle strength and atrophy index in four groups before and after intervention ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	时间	PT/(N·m)	AP/W	TW/J	萎缩指数/%
OKC组	21	干预前	33.16±4.15	32.01±3.90	43.45±5.04	3.11±0.48
		干预后	55.99±5.28 ¹⁾	42.98±4.93 ¹⁾	66.30±6.00 ¹⁾	0.57±0.15 ¹⁾
CKC组	21	干预前	32.94±4.42	30.79±3.47	42.95±4.80	3.23±0.44
		干预后	52.90±5.45 ¹⁾²⁾	40.07±4.48 ¹⁾²⁾	61.10±5.83 ¹⁾²⁾	0.67±0.17 ¹⁾²⁾
等量联合组	21	干预前	34.12±3.30	31.85±3.51	44.03±4.79	3.14±0.47
		干预后	55.28±3.60 ¹⁾³⁾	41.84±4.52 ¹⁾	65.63±6.77 ¹⁾³⁾	0.58±0.16 ¹⁾³⁾
调整联合组	21	干预前	33.63±4.36	30.89±3.33	42.85±4.12	3.27±0.46
		干预后	55.36±3.41 ¹⁾³⁾	41.68±4.32 ¹⁾	65.44±6.15 ¹⁾³⁾	0.53±0.15 ¹⁾³⁾

注:与干预前比较,1) $P<0.05$;与OKC组比较,2) $P<0.05$;与CKC组比较,3) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before intervention, 1) $P<0.05$; compared with the OKC group, 2) $P<0.05$; compared with the CKC group, 3) $P<0.05$.

4 讨论

4.1 OKC联合CKC训练对ACL重建术后患者膝关节和下肢运动功能的影响

与OKC组比较,CKC组干预后Lysholm评分明显升高,KT-1000值、主动关节活动度差值和被动关节活动度差值明显更低;与OKC组比较,CKC组干预后患侧与健侧单脚跳及交叉单脚跳跳距比值均明显更高,提示CKC训练在改善ACL重建术后患者膝关节和下肢运动功能方面更有效,与既往研究结果一致^[13-15]。本研究结果还发现,与OKC组比较,等量联合组、调整联合组干预后主动关节活动度差值明显更低,调整联合组干预后IKDC评分明显更高,KT-1000值和被动关节活动度差值明显更

低,提示OKC联合CKC训练可更有效改善ACL重建术后患者膝关节和下肢运动功能,但等量联合组、调整联合组膝关节和下肢运动功能差异无统计学意义。可能与以下原因有关:①等量联合组和调整联合组均进行OKC和CKC训练,既可以发挥CKC训练降低产生在髌股关节上的力度,减轻ACL术后膝关节疼痛,促进下肢功能恢复,提高步行能力,还能避免因长时间OKC训练对移植物产生过大拉力而造成损伤。②OKC联合CKC训练能像单独CKC训练时一样保持膝关节的稳定性,减少压力加载增加时引起的胫骨迁移,减轻对膝的剪力^[16],增加对膝关节的保护作用,还能减少OKC训练对胫骨产生一个向前的剪切力,缓解对膝关节和下肢其他关节

造成的损害。

4.2 OKC联合CKC训练可改善ACL重建术后患者股四头肌肌力和萎缩程度

本研究结果显示,与CKC组比较,等量联合组和调整联合组干预后PT和TW均明显更高,萎缩指数明显更低,提示OKC联合CKC训练改善ACL重建术后患者股四头肌肌力及萎缩程度。可能与以下因素有关:① ACL重建术后需对膝关节固定制动,膝关节运动功能减退,产生肌肉去负荷,导致下肢骨骼肌发生废用性萎缩,其中以股四头肌最为明显^[10]。股四头肌的生物力学研究显示,不同的伸膝角度依靠不同的肌肉。OKC联合CKC训练从不同角度进行训练,可使股四头肌的所有肌束均得到有效训练,防止肌肉萎缩,从而提高肌力。② OKC训练以ACL单组肌肉的收缩为主,有利于肌力的恢复,但对肌肉协调性的恢复不明显。CKC对原动肌和拮抗肌等肌群均有训练,有助于关节间的相互运动和肌肉间的协调运动。OKC联合CKC训练通过不同配比的联合训练,使OKC训练与CKC训练相互弥补,既对ACL患者进行了单一肌肉训练,又对下肢多关节进行协同训练,有效促进ACL重建术后患者股四头肌等速肌力恢复,减少萎缩程度。

5 小 结

OKC联合CKC训练可有效改善ACL重建术后患者膝关节、下肢运动功能,提高股四头肌肌力,减少萎缩程度,等量联合方式和调整联合方式的效果相当。但本研究仍存在一些不足之处,如样本量较少、仅比较2种不同配比联合训练方式、未开展出院后随访等,下一步研究还需要开展多中心大样本临床随机对照研究,对比多种不同组合联合训练方式对ACL重建术后患者的影响,并加强出院后随访,以期OKC联合CKC训练治疗ACL重建术后患者提供更科学的依据。

参考文献

- [1] JONES M H, MOON KNEE GROUP, SPINDLER K P, et al. Differences in the lateral compartment joint space width after anterior cruciate ligament reconstruction: data from the MOON onsite cohort [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46(4): 876-882.
- [2] LOWE W R, WARTH R J, DAVIS E P, et al. Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2017, 25(3): 239-249.
- [3] 傅涛, 吴鹏, 赵林梁, 等. 前交叉韧带重建后移植愈合和功能恢复: 康复训练个案观察[J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22(2): 281-287.

- FU T, WU P, ZHAO L L, et al. Graft healing and functional recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: a case study of rehabilitation training [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2018, 22(2): 281-287.
- [4] 王雨凡, 王聪, 蔡宗远. 前交叉韧带重建术后康复使用闭链运动比开链运动更安全? 在体韧带伸长量分析[J]. *医用生物力学*, 2021, 36(S1): 131.
- WANG Y F, WANG C, CAI Z Y. Is closed chain exercise safer than open chain exercise for rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction? Analysis of elongation of ligament *in vivo* [J]. *J Med Biomech*, 2021, 36(S1): 131.
- [5] NELSON C, RAJAN L, DAY J, et al. Postoperative rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review [J]. *Sports Med Arthrosc Rev*, 2021, 29(2): 63-80.
- [6] 董伊隆, 钱约男, 刘良乐, 等. 有限开链加闭链运动对前交叉韧带重建术后功能恢复的意义[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2016, 38(4): 292-296.
- DONG Y L, QIAN Y N, LIU L L, et al. Open and closed kinetic chain exercises promote the recovery of function after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Chin J Phys Med Rehabil*, 2016, 38(4): 292-296.
- [7] 中华医学会. 临床诊疗指南·物理医学与康复分册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 85-88.
- Chinese Medical Association. *Clinical diagnosis and treatment guide: physical medicine and rehabilitation volume* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005: 85-88.
- [8] JOHNSON D S, RYAN W G, SMITH R B. Does the Lachman testing method affect the reliability of the International Knee Documentation Committee (IDKC) form? [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2004, 12(3): 225-228.
- [9] LIMA C A, RICCI N A, NOGUEIRA E C, et al. The Berg balance scale as a clinical screening tool to predict fall risk in older adults: a systematic review [J]. *Physiotherapy*, 2018, 104(4): 383-394.
- [10] 刘志成, 李雁, 张其亮. 前交叉韧带重建后膝关节周围屈伸肌力与运动功能的变化[J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22(27): 4393-4399.
- LIU Z C, LI Y, ZHANG Q L. Changes in the flexion and extension muscle strength and motor function of the knee joint after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2018, 22(27): 4393-4399.
- [11] 严文, 慕容嘉颖, 崔淑仪, 等. 针刺运动疗法对前交叉韧带重建术后患者等速肌力与运动能力的影响[J]. *康复学报*, 2020, 30(4): 275-279.
- YAN W, MURONG J Y, CUI S Y, et al. Effect of acupuncture exercise therapy on isokinetic muscle strength and exercise ability of patients after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Rehabil Med*, 2020, 30(4): 275-279.
- [12] 杨伟毅, 练文兴, 曹学伟, 等. 肌力强化训练对膝关节前交叉韧带重建术后伴股四头肌萎缩患者肌力恢复的疗效[J]. *实用医学杂志*, 2012, 28(13): 2221-2223.
- YANG W Y, LIAN W X, CAO X W, et al. Effect of muscle strength strengthening training on muscle strength recovery of patients with quadriceps atrophy after knee anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *J Practical Med*, 2012, 28(13):

2221-2223.

- [13] 陈宇,罗春梅,汪涓,等.前交叉韧带重建术后患者开链运动与闭链运动康复效果的系统评价[J].护理学报,2018,25(17):25-30.

CHEN Y, LUO C M, WANG J, et al. Effects of closed and open kinetic chain exercises following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review [J]. J Nurs China, 2018, 25 (17) : 25-30.

- [14] JEWISS D, OSTMAN C, SMART N. Open versus closed kinetic chain exercises following an anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis [J]. J Sports Med (Hindawi Publ Corp), 2017, 2017:4721548.

- [15] 缪萍,王楚怀,潘翠环,等.闭链与开链运动对髌股疼痛综合征股四头肌作用的表面肌电图研究[J].中国康复医学杂志,2015,30(12):1238-1242.

MIAO P, WANG C H, PAN C H, et al. Effects of closed-kinetic chain and open-kinetic chain exercise on quadriceps femoris in patients with patellofemoral pain syndrome: a surface EMG study [J]. Chin J Rehabil Med, 2015, 30(12) : 1238-1242.

- [16] PERRIMAN A, LEAHY E, SEMCIW A I. The effect of open- versus closed-kinetic-chain exercises on anterior tibial laxity, strength, and function following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2018, 48(7) : 552-566.

Treatment Efficacy of Open Kinetic Chain Combined with Closed Kinetic Chain Exercise Training on Patients after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

GAO Peng¹, JIANG Xin², WANG Junzhe¹, WANG Hongyu¹, LIU Chengyao^{1*}

¹ Jinan Zhangqiu District People's Hospital, Jinan, Shandong 250200, China;

² Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

*Correspondence: LIU Chengyao, E-mail: gliuyou@163.com

ABSTRACT Objective: To observe the effect of open kinetic chain (OKC) combined with closed kinetic chain (CKC) exercise training on motor function of knee or lower limb, balance function, quadriceps isokinetic muscle strength and atrophy degree after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. **Methods:** A total of 84 patients who underwent knee ACL reconstruction in the Jinan Zhangqiu District People's Hospital from January 2020 to October 2021 were randomly divided into OKC group, CKC group, equal combination group and adjusted combination group, with 21 cases in each group. The OKC group received OKC training, the CKC group received CKC training, the equal combination group received equal amount of OKC training and CKC training, and the adjusted combination group received OKC training and CKC training of different proportions. All four groups were trained for 12 weeks. Before and after intervention, Lysholm score and the international knee documentation committee (IKDC) score were used to evaluate the function of the affected knee, the KT-1000 score of the knee ligament and the differences of bilateral active range and passive range of motions; the ratio of jump distance between the affected side and the healthy side during one foot jump and cross foot jump were used to evaluate the lower limb motor function; Fugl-Meyer balance scale and Berg balance scale (BBS) were used to evaluate the balance function; isokinetic muscle strength testing system was used to analyze peak torque (PT), average power (AP), total power (TW) and atrophy index of quadriceps femoris on the affected side. **Results:** (1) Knee motor function: compared with that before intervention, Lysholm and IKDC scores in four groups after intervention increased significantly, and KT-1000 score, bilateral active and passive joint motion differences decreased significantly ($P < 0.05$). Compared with the OKC group, the Lysholm score in the CKC group after intervention was significantly higher, the IKDC scores were significantly higher in the CKC group and adjusted combination group after intervention, and the KT-1000 score, bilateral active and passive joint motion differences were significantly lower ($P < 0.05$); the difference of bilateral active joint motion in the equal combination group significantly decreased ($P < 0.05$). (2) Balance function: compared with that before intervention, Fugl-Meyer score and BBS score in four groups after intervention were significantly higher ($P < 0.05$); there were no significant differences in Fugl-Meyer score and BBS score in four groups after intervention ($P > 0.05$). (3) Lower limb motor function: compared with that before intervention, the ratio of jump distance between the affected side and the healthy side during one foot jump and cross foot jump in four groups after intervention significantly increased ($P < 0.05$); compared with the OKC group, the ratio of jump distance between the affected side and the healthy side during one foot jump and cross foot jump in the CKC group and the adjusted combination group after intervention significantly increased ($P < 0.05$). (4) Quadriceps isokinetic muscle strength and atrophy index: compared with that before intervention, PT, AP and TW scores in four groups after intervention were significantly higher and atrophy index was significantly lower ($P < 0.05$). Compared with the OKC group, PT, AP and TW scores in the CKC group after intervention were significantly lower and the atrophy index was significantly higher ($P < 0.05$); compared with the CKC group, PT and TW in the equal combination group and the adjusted combination group after intervention were significantly higher and the atrophy index was significantly lower ($P < 0.05$). **Conclusion:** OKC combined with CKC exercise training can effectively improve motor function of the knee joint and lower limb, improve the muscle strength of quadriceps femoris, and reduce the muscle atrophy in patients after ACL reconstruction, and the effect of equivalent combination mode is similar to that of adjusted combination mode.

KEY WORDS anterior cruciate ligament reconstruction; open kinetic chain; closed kinetic chain; motor function of knee joint; motor function of lower limb

DOI:10.3724/SP.J.1329.2023.06010