

# 变速变负荷运动训练对膝关节功能障碍患者康复疗效的影响

吴 洪<sup>1</sup> 冉春风<sup>1,2</sup> 王 敏<sup>1</sup> 高圣海<sup>1</sup> 韩 冰<sup>1</sup>

**摘要 目的:**研究膝关节功能障碍患者变速变负荷(VVR)运动训练后膝关节的主动活动度范围(AROM)、股四头肌和股二头肌峰力矩(PT)及 Lysholm 膝关节功能评定量表(LKSS)评分的变化。**方法:**将 60 例膝关节功能障碍患者随机分为变速变负荷训练试验组和对照组,两组患者均接受常规功能训练,变速变负荷运动训练试验组在常规功能训练基础上进行变速变负荷运动训练,两组患者于康复治疗前、治疗 8 周后分别进行膝关节的主动活动度范围(AROM)、股四头肌和股二头肌峰力矩(PT)、Lysholm 膝关节功能评定量表(LKSS)各评定 1 次。**结果:**治疗后两组患者膝关节的主动活动度范围(AROM)、股四头肌和股二头肌峰力矩(PT)、LKSS 评分均较治疗前有明显改善( $P<0.05$ ),但变速变负荷运动训练试验组上述各项参数指标改善幅度均明显优于对照组( $P<0.05$ )。**结论:**采用 VVR 下肢肌力测定训练系统对膝关节功能障碍患者进行运动训练不仅有利于膝关节主动活动度、股四头肌和股二头肌峰力矩的恢复,而且还有利于其生存质量的提高;VVR 下肢肌力测定训练系统应该结合膝关节功能障碍患者实际病情,制定“个体化康复治疗方案”,尽早应用于膝关节功能障碍患者的康复治疗。

**关键词** 膝关节;功能障碍;运动训练;变速变负荷

**中图分类号:** R684, R493 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1242(2008)-11-0997-04

The clinical study of variable velocity and resistance training exercise on knee joint dysfunction patients/WU Hong, RAN Zhaifeng, WANG Min, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23 (11): 997—1000

**Abstract Objective:** To observe the effects of variable velocity and resistance training exercise in the treatment of postoperative knee dysfunction of patients with fracture of the lower limb. **Method:** sixty patients with postoperative dysfunction of knee joint caused by fracture were evenly divided into two groups : a therapeutic group and a control group. The therapeutic group was treated with variable velocity and resistance training exercise and comprehensive rehabilitation therapy such as exercise therapy and automatic compression system. The control group was treated only with exercise therapy and automatic compression system. **Result:** The active range of motion of the knee joint, peak torque on quadriceps femoris and biceps femoris and Lysholm knee score were obviously improved in both groups after treatment( $P<0.05$ ) and the results of therapeutic group were significantly better than the control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** Variable velocity and resistance training exercise and comprehensive rehabilitation treatment are effective for postoperative dysfunction of knee joint caused by fracture of the lower limb.

**Author's address** The Ninth People's Hospital of Shenzhen, 518116

**Key words** knee joint;dysfunction;training exercise;variable velocity and resistance

膝关节是人体最大最复杂的关节,膝部创伤后不但可以造成膝关节周围骨折,还可以使半月板、前后交叉韧带、侧副韧带和关节囊损伤。膝部骨折后骨折端可直接影响膝关节的功能活动,其主要表现为膝关节功能障碍和膝关节肌肉失用性肌萎缩或关节源性肌肉抑制 (arthrogenous muscle inhibition, AMI)<sup>[1]</sup>。许多患者在关节手术和外伤后不能得到早期康复治疗,因此膝关节功能障碍的发病率较高。膝关节功能障碍是临床康复的一个难题,其常规康复治疗有膝关节功能牵引、持续被动运动(continuous passive motion, CPM)、等长收缩训练、等张收缩训练、等速收缩训练、功能性电刺激训练等方法。采用

术前康复教育及早期主动和被动功能训练的综合康复治疗是膝关节周围骨折术后康复的有效方法<sup>[2]</sup>。本研究采用变速变负荷 (variable velocity and resistance, VVR) 下肢肌力测定训练系统对膝关节功能障碍患者进行变速变负荷运动训练<sup>[3]</sup>。经临床评定,疗效满意。

## 1 资料与方法

1 深圳市第九人民医院康复医学科,广东深圳,518116

2 通讯作者

作者简介:吴洪,男,主治医师,硕士

收稿日期:2008-06-17

## 1.1 研究对象

共选取 2007 年 5 月—2008 年 3 月间深圳市第九人民医院骨科和康复科收治的外伤后膝关节功能障碍者 60 例,全部病例均为屈曲功能障碍。本研究入选标准:①有明确的外伤史,术后或外伤后 1 个月以上;②膝关节周围部位骨折;③膝关节半月板损伤术后;④膝部韧带损伤修补术后;⑤患侧膝关节主动活动范围(active ROM, AROM)至少较健侧减少 20°。

排除标准:①下肢骨折术后或膝关节韧带损伤术后<1 个月的膝关节活动障碍患者;②膝关节功能障碍并有骨盆骨折、髌臼骨折、股骨上段骨折、踝关节骨折、颅脑外伤者;③全膝关节置换术后;④膝关节结核术后;⑤膝关节肿瘤术后;⑥膝骨关节炎或类风湿性关节炎;⑦股神经及坐骨神经损伤。

将上述患者随机分为变速变负荷运动训练试验

组(30 例)和对照组(30 例),试验组男 19 例,女 11 例;年龄(36.5±7.6)岁;车祸伤 16 例,重物砸伤 9 例,坠落伤 5 例,股骨髁上粉碎性骨折 6 例,股骨髁间骨折 4 例,胫骨平台粉碎性骨折术后 6 例,髌骨粉碎性骨折术后 9 例,膝关节半月板损伤术后 5 例(包括膝关节三联损伤术后 2 例)。对照组男 18 例,女 12 例;年龄(35.7±9.5)岁;车祸 14 例,重物砸伤 10 例,坠落伤 6 例,股骨髁上粉碎性骨折 4 例,股骨髁间骨折 5 例,胫骨平台粉碎性骨折术后 7 例,髌骨粉碎性骨折术后 7 例,膝关节半月板损伤术后 7 例(包括膝关节三联损伤术后 3 例)。两组患者之间年龄、病程、治疗前膝关节 AROM 经  $t$  检验,差异无显著性意义( $P>0.05$ );性别经  $\chi^2$  检验,差异无显著性意义( $P>0.05$ );各类骨折在两组中的例数经  $\chi^2$  检验,差异无显著性意义( $P>0.05$ ),具有可比性,见表 1。

## 1.2 康复治疗方法

表 1 两组患者一般资料比较

| 组别  | 例数 | 性别 |    | 年龄(岁)    | 病程(天)     | AROM(治疗前) | 骨折及损伤类型 |        |      |       |
|-----|----|----|----|----------|-----------|-----------|---------|--------|------|-------|
|     |    | 男  | 女  |          |           |           | 股骨下端骨折  | 胫骨平台骨折 | 髌骨骨折 | 半月板损伤 |
| 试验组 | 30 | 19 | 11 | 36.5±7.6 | 50.3±20.7 | 11.8±7.6  | 10      | 6      | 9    | 5     |
| 对照组 | 30 | 18 | 12 | 35.7±9.5 | 51.8±21.4 | 12.3±6.5  | 9       | 7      | 7    | 7     |

**1.2.1 变速变负荷训练试验组的治疗方法:**采用日本欧技公司 GT-150 型 VVR 下肢肌力测定训练系统进行运动训练(图 1):“VVR”即可变速度和可变负荷,此系统为具有肌力和肌耐力的测定、训练、评价功能的膝关节测定与训练系统。此仪器结构特点为支架的回转抵抗力和训练速度会根据作用于支架上的力的大小而变化。只要作用于支架上的力存在,其抵抗力就不会消失。通过改变调节器的开闭程度,调节训练抵抗力和训练速度。作用于支架上的力较弱,仪器中给予的阻力就较弱,训练的速度就较慢;用于支架上的力较强,仪器中给予的阻力就较强,训练的速度就较快。受试者坐于 VVR 下肢肌力测定训练椅上髌关节屈曲 90°,用固定带将身体固定好,以防测试过程中身体位移。受试者双下肢自然下垂,受试侧的股骨外侧髁作为膝关节屈伸运动轴心的体表标记点,并对准 VVR 下肢肌力测定训练系统阻力臂的旋转轴心。VVR 下肢肌力测定训练系统阻力垫置



图 1 VVR 下肢肌力测定训练系统

于受试下肢的踝关节上方。要求受试者在测试过程中双手紧握把手,以减少身体用力及移位。以受试者腿膝完全伸直放松时,施加在力臂上的重量所得出的力矩来校正重力。运动幅度为 115°,完全伸直定义为 0°。训练方案为先进进行股四头肌、股二头肌肌力训练等长训练各 10min,然后行变速变负荷运动训练 20min。变速变负荷运动训练负荷为第 1 周用第 1 档阻力,每周增加 1 档阻力,直至第 8 周用第 8 档阻力,2 次/d,5d/周,治疗 8 周。变速变负荷运动训练试验组同时接受常规康复治疗,具体方法见对照组治疗方法。

**1.2.2 对照组的治疗方法:**对照组采用常规康复治疗及股四头肌训练椅肌力训练,主要包括:

**1.2.2.1 关节松动术手法治疗:**采用 Maitland 手法治疗<sup>[4]</sup>,20min/次/d,5d/周,连续 8 周。方法:①髌股关节:分离牵引、侧方滑动为一般松动,能增加髌骨活动度,向上滑动增加伸膝活动范围,向下滑动增加屈膝活动范围。②股胫关节:长轴牵引,能缓解疼痛;前后向滑动,能增加膝关节伸的活动范围;后前向滑动,能增加膝关节屈的活动范围;侧方滑动,能增加膝关节活动范围;内旋摆动增加小腿内旋活动范围,外旋摆动增加小腿外旋活动范围。③上胫腓关节:做前后向、后前向滑动为一般松动,能缓解疼痛。

**1.2.2.2 关节功能分离牵引技术<sup>[5]</sup>:**关节功能牵引的基本方法是将挛缩关节的近端肢体稳定地固定于适

当位置, 然后在其远端肢体按需要施加作用力, 力的大小以引起相应组织酸胀而无痛感为度, 在不引起反射性肌痉挛情况下使患者能耐受粘连挛缩的胶原组织的持续牵伸, 持续牵引力的作用可延长胶原纤维, 这是关节活动度增加的主要原因。20min/次/d, 5d/周, 持续 8 周。

**1.2.2.3** 采用膝关节股四头肌训练椅进行肌力训练: 训练第 1 周不加阻力重轮, 第 2、3 周加 1 个重轮, 第 4、5 周加 2 个重轮, 第 6、7 周加 3 个重轮, 第 8 周加 4 个重轮, 20min/次/d, 5d/周, 持续 8 周。

**1.2.2.4** 根据病情, 选择适当的理疗方法如热疗(红外线、蜡疗)及药物治疗。

### 1.3 疗效评定方法

治疗前、治疗 8 周后对两组患者各评定 1 次, 方法如下: ①VVR 下肢肌力测定训练系统评定股四头肌和股二头肌峰力矩(peak torque, PT), 其为膝关节屈伸运动过程中最大力矩, 可以代表肌肉的最大肌力; ②采用“LKSS 评分<sup>[6]</sup>”进行评测, 以观察患者在日常生活功能方面的改善情况, 内容共有 8 项, 满分为 100 分, 包括: 跛行(5 分)、需要支持(5 分)、交锁

(15 分)、不稳定(25 分)、疼痛(25 分)、肿胀(10 分)、上下楼能力(10 分)、下蹲(5 分)等; ③关节活动度评定: 主要评定膝关节的 AROM, 确定功能受限程度。

### 1.4 统计学分析

所得数据以平均值±标准差表示, 使用 SPSS 13.0 版统计软件包进行统计学处理。两组患者治疗前、后膝关节 AROM、股四头肌和股二头肌 PT、LKSS 评分结果组内及组间比较均采用 *t* 检验, *P*<0.05 为差异有显著性。

## 2 结果

在治疗过程中, 两组患者全部完成相应的治疗程序。无 1 例因术后早期康复而致骨折不愈合、内固定物松动的发生。经治疗后两组患者膝关节的 AROM、股四头肌和股二头肌 PT、LKSS 评分均较治疗前有明显改善(*P*<0.05), 且变速变负荷运动训练试验组患者膝关节主动活动度范围(AROM)、股四头肌和股二头肌峰力矩(PT)、LKSS 评分的改善幅度均优于对照组(*P*<0.05), 见表 2。

表 2 两组患者治疗前后 AROM、PT、LKSS 评分结果比较

| 组别  | 例数 | AROM(°)  |                         | PT(N·m)股四头肌 |                        | PT(N·m)股二头肌 |                       | LKSS(分)  |                       |
|-----|----|----------|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------------|----------|-----------------------|
|     |    | 治疗前      | 治疗后                     | 治疗前         | 治疗后                    | 治疗前         | 治疗后                   | 治疗前      | 治疗后                   |
| 试验组 | 30 | 11.8±7.6 | 105.6±16.4 <sup>①</sup> | 8.3±4.6     | 69.1±15.4 <sup>①</sup> | 4.7±3.6     | 40.1±8.5 <sup>①</sup> | 18.3±4.3 | 89.3±6.3 <sup>①</sup> |
| 对照组 | 30 | 12.3±6.5 | 75.5±20.3 <sup>②</sup>  | 9.8±3.9     | 36.5±10.9 <sup>②</sup> | 5.1±2.8     | 17.4±5.2 <sup>②</sup> | 17.8±4.5 | 52.9±5.6 <sup>②</sup> |

①组内比较 *P*<0.05; ②组间比较 *P*<0.05

## 3 讨论

膝关节是人体最大最复杂的关节, 膝关节周围骨折、膝部韧带损伤术后如果缺乏早期康复介入, 可导致膝关节功能障碍<sup>[7]</sup>, 影响下肢功能和生存质量<sup>[8]</sup>。刘克敏等<sup>[9]</sup>认为原始创伤处理不当和治疗后未行早期系统正规的功能训练是造成创伤后膝关节功能障碍不可忽视的原因, 其治疗比较棘手, 是一个长期过程, 康复治疗 and 适当的手术介入可取得良好的效果。虽然许多临床研究表明, 各种主动或被动的康复治疗手段有助于膝关节功能的恢复, 但膝关节功能障碍较重时, 要使功能基本恢复正常是不可能的, 而且增加患者的痛苦和经济负担。因此, 康复介入时机对改善患者关节功能进而提高生活自理能力有重要作用, 临床医生应充分认识到: 对膝关节功能障碍重在预防而不是发生后再去治疗。膝关节功能障碍主要表现为膝关节屈伸活动障碍和膝关节肌肉失用性肌萎缩或关节源性肌肉抑制, 肌肉软弱降低运动功能, 并可造成关节力学环境即稳定性的改变, 反过来加重关节屈伸活动障碍, 形成恶性循环。肌肉功能训练历来是运动医学、康复医学中重点研究的课题。临床实践证明, 肌力训练能促进关节内血液、淋巴液的

回流, 加快关节软骨、滑膜及周围组织的代谢, 促进功能恢复; 肌力训练能维持膝关节的稳定性, 防止因关节失稳而致关节面摩擦, 减少近、远期并发症, 还能恢复并增加原来的肌容积及肌力, 增加肌纤维的弹性及长度, 减少膝关节屈、伸运动中的阻力<sup>[10]</sup>。因此在整个系统康复治疗中, 肌力训练是不可缺少的治疗措施。下肢肌力训练在治疗和改善膝关节功能方面具有突出的疗效, 而在维持下肢站、立、走的诸多肌肉中, 其中最为重要的是臀大肌、股四头肌及小腿三头肌, 而股四头肌是其关键, 故有人称股四头肌是下肢的“钥匙”<sup>[11]</sup>。下肢保持良好的肌肉力量能够维持关节的稳定性、防止膝关节创伤后继发性损伤、减少创伤性关节炎的发生<sup>[12]</sup>。因而股四头肌肌力训练对膝关节功能障碍患者膝关节功能恢复具有十分重要的意义。本研究在于明确变速变负荷肌力训练在改善膝关节功能障碍患者膝关节活动度和增强肌肉力量方面的作用。

运动疗法的目的是维持和扩大关节活动度, 增强肌力, 改善协调性<sup>[13]</sup>。而增强肌力训练, 其目的不仅仅在于增强“肌力”, 除此之外, 还在于可以持续地增强肌肉的“耐力”。影响增强肌力训练效果的几个

因素有肌肉收缩的种类、负荷量、负荷时间和休息时间、收缩频度、收缩速度、训练体位、精神状态、营养状态。目前主要采用的增强肌力训练的方式为等长收缩训练、等张收缩训练、等速收缩训练、功能性电刺激训练等方法。变速变负荷肌力训练的特征和优越性是在整个关节可动范围内进行强收缩训练而言,变速变负荷肌力训练与等速收缩训练有着相同之处。但是,变速变负荷肌力训练即便是由于乳酸生成引起的肌疲劳,致使被训练者所能发挥的肌力及运动速度降低的情况下,也能相应地调节训练负荷和训练速度,只要是训练者继续进行训练,就能够始终保持最适合的训练条件。变速变负荷肌力训练是一种“动态的肌肉收缩训练”,所以,可以做到在整个关节可动范围内同时进行增强最大肌肉张力和增强动态的肌肉耐力的训练。这一点对于等长收缩训练来讲是很难做到的,因为等长收缩仅反映关节运动某一点的力量,肌力的提高局限于这一角度,同时也无助于肌肉耐力的强化。变速变负荷肌力训练还是一种“可变负荷训练”。可以提供在关节可动范围的所有角度的最佳训练负荷。对于这一点,等张收缩训练是不可能做到的,因为等张收缩训练的训练负荷是根据肌力最弱部位的肌力而确定的,仅在运动范围的某一部分达到最大收缩。变速变负荷肌力训练既是“可变速度”,同时还是“可变负荷”的训练,这跟等速训练所提供运动速度相对稳定的训练环境是完全不一样的<sup>[14]</sup>,所以变速变负荷肌力训练不仅不会给患者施加任何限制,反而给患者再现了更加自然的运动环境,提供了在整个关节可动范围内可持续进行强收缩、高频度的训练条件。所以,它是既安全的,又是有效的;是一种对“肌力”和“肌耐力”两方面都能进行增强训练的肌力训练系统。

VVR 下肢肌力测定训练系统可对训练中的肌力和关节的角度可以进行实时反馈显示,而且在训练终结时,可以将设定的训练条件等各种数据,例如每一次训练屈曲、伸展最大的肌力,以及此时的关节角度、每一次训练的关节可动范围、训练中的最大肌力、平均最大肌力、发挥最大肌力时的平均关节角度和标准偏差打印出来。另外还可以以图表形式,分别将屈曲、伸展时的“肌力数值”打印出来。分别将屈曲、伸展时的“肌力-关节角度”、屈曲、伸展时的“最大肌力-训练次数”打印出来。通过这些参数可以求出峰力矩、峰力矩体重比、峰力矩角度、主动肌与拮抗肌峰力矩比、平均关节活动范围等参数。

本研究对膝关节功能障碍患者进行变速变负荷肌力训练,并将患者疗效与仅接受常规康复治疗的

对照组进行比较发现,治疗后两组患者膝关节的 AROM、股四头肌和股二头肌 PT、LKSS 评分均较治疗前有明显改善( $P<0.05$ ),但变速变负荷运动训练试验组上述各项参数指标改善幅度均明显优于对照组( $P<0.05$ )。综上所述,本研究结果表明,在临床康复治疗膝关节功能障碍患者过程中,应结合患者实际病情,制定“个体化康复治疗方案”,尽早采用 VVR 下肢肌力测定训练系统对其进行膝关节功能训练,以进一步提高患者康复疗效,改善膝关节功能障碍患者生存质量。VVR 下肢肌力测定训练系统作为膝关节的康复器械,不仅提供高自由度的训练速度和训练负荷,而且可以提供近似实际的关节运动所需的运动环境,使训练者可以在更加自然的环境下进行增强肌力的训练。

本研究的主要的不足在于样本量小、缺乏长期随访。今后有必要通过多中心、大样本的临床研究去验证其疗效。膝关节功能障碍患者进行变速变负荷肌力训练的疗效值得进一步深入探索。

## 参考文献

- [1] Young A. Current issues in arthrogenous inhibition[J]. Ann Rheum Dis, 1993, 52(11): 829.
- [2] 张英泽, 冯和林, 李增炎. 膝关节周围骨折术后综合功能训练的临床疗效[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(2): 154—155.
- [3] 闫汝蕴, 覃鼎文, 韩宝昕, 等. 膝关节内骨折围手术期的系统康复[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(5): 425—427.
- [4] 曾海辉, 金冬梅, 燕铁斌, 等. 关节松动手法治疗膝关节活动障碍临床疗效研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2005, 27(11): 692.
- [5] 陆廷仁. 骨科康复学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007. 242.
- [6] 曾海辉, 区正红, 燕铁斌, 等. 早期康复介入对膝部骨折术后关节活动范围的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(9): 664—665.
- [7] 廖亮华, 江兴妹, 孙春汉. 早期与恢复期康复治疗对膝关节骨折术后功能恢复的对照研究[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(10): 899—901.
- [8] Dalury DF, Jirane KW, Pierson J, et al. The long-term outcome of total knee patients with moderate loss of motion[J]. J Knee Surg, 2003, 16: 215—220.
- [9] 刘克敏, 王安庆, 唐涛, 等. 创伤后膝关节功能障碍治疗的初期临床研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(2): 94—97.
- [10] 覃东, 孙乐蓉. 创伤后膝关节功能障碍的系统康复治疗[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(2): 173—174.
- [11] 张光铂. 对膝关节康复治疗的几点认识[J]. 现代康复, 1999, 3(10): 1153.
- [12] Gaston P, Will EM, Keating JF. Recovery of knee function following fracture of the tibial plateau [J]. JBJS, 2005, 87(9): 1233—1236.
- [13] 南登崑. 康复医学[M]. 第4版. 北京: 人民卫生出版社, 2008. 106—110.
- [14] 郁可, 范建中. 等速技术原理及其在骨科康复中的临床应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2005, 7(2): 172—174.