

· 临床研究 ·

视觉反馈训练对膝部骨折术后患者膝关节功能及平衡能力的影响

张田^{1,2} 邱冰³ 刘洪举² 牛维¹ 董小华²

¹广州中医药大学第二临床医学院, 广州 510080; ²贵州省骨科医院康复医学科, 贵阳 550007;

³贵州省骨科医院关节外科, 贵阳 550007

通信作者: 邱冰, Email: 296115887@qq.com

【摘要】 目的 探讨视觉反馈训练在膝部骨折术后患者中的临床应用效果。**方法** 将 64 例膝关节骨折手术后患者分为对照组和视觉反馈组, 每组 32 例。对照组术后给予常规康复训练, 视觉反馈组在对照组基础上, 第 3~8 周加用视觉反馈训练。治疗前及治疗后 2 周、4 周、8 周, 对 2 组患者进行站立位平衡功能及步态评定, 采用 Lysholm 评分法评定膝关节运动功能。**结果** 治疗前, 2 组患者膝关节功能、步行能力及平衡功能比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。与组内治疗前比较, 2 组患者治疗 8 周的 Lysholm 评分、Tinetti 量表评分均增高 ($P<0.05$), 视觉反馈组治疗 4 周及 8 周的足底重心压力移动距离、移动轨迹面积减小 ($P<0.05$)。与对照组治疗后同时间点比较, 视觉反馈组治疗 4 周的足底重心压力移动距离 [$(338.25\pm14.11)\text{mm}$]、移动轨迹面积 [$(580.62\pm17.26)\text{mm}^2$] 较小 ($P<0.05$), 视觉反馈组治疗 4 周及 8 周的 Lysholm 评分、Tinetti 量表评分较对照组高 ($P<0.05$), 足底重心压力移动距离、移动轨迹面积较小 ($P<0.05$)。**结论** 视觉反馈训练能有效改善膝部骨折术后患者的膝关节功能, 提高平衡及步行能力。

【关键词】 视觉反馈训练; 膝关节功能; 运动控制; 膝部骨折术后

基金项目: 2019 年度贵阳市科学技术局、贵州省骨科医院大健康科技合作项目 (筑科合同 [2019]9-5-5)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.09.011

Visual feedback training helps restore knee function and balance after a knee fracture

Zhang Tian^{1,2}, Qiu Bing³, Liu Hongju², Niu Wei¹, Dong Xiaohua²

¹The Second Clinical College, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510080, China; ²Department of Rehabilitation, Guizhou Orthopedic Hospital, Guiyang 550007, China; ³Department of Orthopaedics, Guizhou Orthopedic Hospital, Guiyang 550007, China

Corresponding author: Qiu Bing, Email: 296115887@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the effect of visual feedback training on the knee function and balance of postoperative knee fracture patients. **Methods** A total of 64 patients were randomly divided into a control group and a visual feedback group, each of 32. Both groups were given routine rehabilitation, while the visual feedback group was additionally provided with visual feedback training from the 3rd to the 8th week after the operation. Before and after 2, 4 and 8 weeks of the intervention, both groups were evaluated using Lysholm scoring, the Tinetti gait test and the Technobody balance device. **Results** There was no difference between the two groups in terms of their average Lysholm, Tinetti or Technobody results before the intervention or after 2 weeks of treatment. Both groups had improved significantly after 8 weeks, but the visual feedback group's average Lysholm, Tinetti and Technobody results were then significantly better than those of the control group. Indeed, the control group's average Technobody result was no better than before the treatment. **Conclusions** Visual feedback training could be useful in treating those in need of rehabilitation after a knee fracture operation.

【Key words】 Visual feedback training; Knee function; Motor control; Knee fracture

Funding: A Grand Health Cooperation Project of Guiyang's Science and Technology Bureau ([2019]9-5-5)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.09.011

膝关节是人体最复杂的滑车关节, 关节周围有多种辅助结构, 膝部骨折后常并发复合性损伤, 如半月板损伤、滑膜损伤、韧带损伤、撕脱性骨折等。膝部骨折

常由高能量的外伤事故所致, 因此多选择手术治疗, 但术后易出现下肢肌力减弱、关节韧带挛缩和关节周围软组织粘连等, 常导致患者膝关节僵硬, 平衡及姿势协

调能力下降,严重影响骨折愈合后患者的日常生活活动(activities of daily living, ADL)能力及社会参与能力。本研究应用 TechnoBody 平衡训练仪对膝部骨折术后患者进行视觉反馈训练,观察术后膝关节功能和平衡协调能力的变化。

对象及方法

一、研究对象

入选标准:①经影像学资料和骨科医师确诊为膝部骨折的患者,且下肢无其他部位骨折或影响膝关节功能和平衡能力的软组织损伤;②均接受手术治疗,术后行影像学检查,经手术医师确定无异常意外出现(如骨折复位不佳、内固定松动、伤口愈合不良等);③经受试者同意自愿参与研究并签署相关书面知情同意书。

排除标准:①同时存有开放性骨折,伤口未愈合者;②合并有严重心、脑、肝、肾和造血系统疾病及精神疾病,不能配合治疗的患者;③术后病情不稳定,出现严重感染者。

选取 2018 年 6 月至 2019 年 5 月在我院就诊且符合上述标准的膝部骨折患者 64 例,按照随机数字表法将其分为对照组视觉反馈组,每组 32 例。其中,对照组男 20 例,女 12 例;平均年龄(42.26 ± 9.31)岁;因交通事故致伤 7 例,高处坠落 7 例,跌倒 18 例;胫骨平台骨折^[1] 12 例,胫骨髁间隆突骨折 10 例,股骨髁间骨折 4 例,髌骨骨折 6 例。视觉反馈组男 19 例,女 13 例;平均年龄(43.32 ± 9.44)岁;因交通事故致伤 7 例,高处坠落 8 例,跌倒 17 例;胫骨平台骨折 11 例,胫骨髁间隆突骨折 9 例,股骨髁间骨折 5 例,髌骨骨折 7 例。2 组性别、年龄、致伤原因、骨折类型等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

二、研究方法

术后第 2 天,两组患者均行常规康复。第 1~2 周进行无负重活动:分为踝泵训练、患肢肌群等长收缩训练。第 3~10 周进行部分负重活动:包括不同体位的

主被动膝关节松动训练、渐进性肌力抗阻训练、使用扶手或靠墙站立、助行器或手杖进行平面的移动等。视觉反馈组第 3 周开始加用 TechnoBody 平衡仪(意大利产 PK-254P 型)开展视觉反馈平衡训练,包括下肢渐进性负重及重心转移训练。具体步骤:使用系统的本体感觉评定模块,将仪器平衡板灵敏度控制器调整到第 5 等级,将电子平衡板倾斜角度范围均设置为前、后、左、右各 $0^\circ \sim 10^\circ$,圆周运动次数为 3 次。在治疗师指导下先行 1 周的患肢部分负重训练,即患足站于平衡板上,健足置于平衡板外周的平板上。在第 4 周开始指导患者双足站于平衡板上,通过足底重心移动带动平衡板,同时监视器上的标记根据平衡板倾斜变化,按设定路线进行移动(见图 1、图 2),模式包括直线、斜线和圆周的单足及双足控制。每种轨迹训练时间根据患肢情况设置,每日训练 1 次,每次 30 min,每周训练 5 次。



图 1 1 名患者在治疗师指导下进行视觉反馈训练

三、观察方法

分别在康复治疗前及治疗后 2 周、4 周、8 周对两

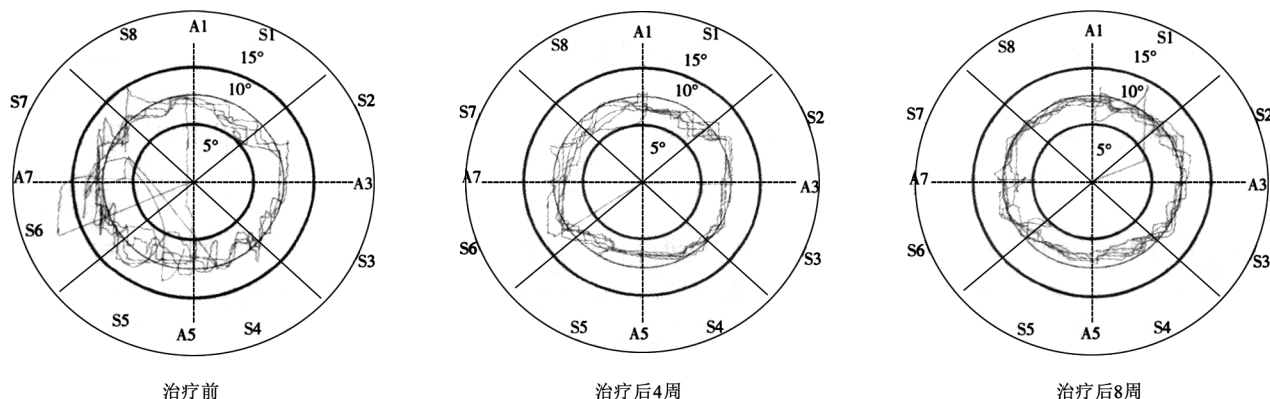


图 2 视觉反馈组中 1 例患者 TechnoBody 平衡系统训练前后的移动轨迹图

组患者的康复疗效进行对比评价。

1.膝关节功能:选择 Lysholm 评分表,包括支撑、不稳定以及跛行等^[2]。

2.平衡功能:采用 TechnoBody 系统行站立位平衡功能评定,包括足底重心压力移动距离(Length)和移动轨迹面积(Area),测定值越小,提示下肢稳定性越好。

3.步行能力:采用 Tinetti 量表测定,包括步态(12分)及平衡能力(16分)测定。步态内容包括起步、步长及高度、步幅对称性、步幅连续性、路径、躯干稳定及步宽 8 个方面;平衡能力包括坐位平衡、起身、试图起身、起身后即站立平衡、坐下即时平衡、轻推、闭眼、转体 360°及坐下 9 个方面,2 个部分共计 28 分,评分<24 分提示有平衡及步行能力障碍,评分<19 分提示有高跌倒风险。

四、统计学方法

采用 SPSS 19.0 版统计学软件进行数据处理,数据采用($\bar{x}\pm s$)形式表示,组间比较采用 *t* 检验和 χ^2 检验,正态分布的计量资料采用单因素方差分析(analysis of variance, ANOVA),非正态分布资料使用秩和检验, $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

治疗前,2 组患者膝关节功能、步行能力及平衡功能比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。与组内治疗前比较,2 组患者治疗 8 周的 Lysholm 评分、Tinetti 量表评分均增高($P<0.05$),视觉反馈组治疗 4 周及 8 周的足底重心压力移动距离、移动轨迹面积减小($P<0.05$)。与对照组治疗后同时间点比较,视觉反馈组治疗 4 周的足底重心压力移动距离、移动轨迹面积较小($P<0.05$),视觉反馈组治疗 4 周及 8 周的 Lysholm 评分、Tinetti 量表评分较对照组高($P<0.05$),足底重心压力移动距离、移动轨迹面积较小($P<0.05$)。详见表 1、表 2。

表 1 2 组患者治疗前、后不同时间点的膝关节功能和步行能力比较(分, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	Lysholm 评分	Tinetti 量表评分
对照组			
治疗前	32	54.19±7.21	16.77±2.63
治疗 2 周	32	56.16±7.02	16.54±1.37
治疗 4 周	32	62.35±8.19	17.32±1.39
治疗 8 周	32	71.98±9.02 ^a	17.91±1.94 ^a
视觉反馈组			
治疗前	32	53.94±7.65	16.21±2.71
治疗 2 周	32	56.05±7.81	16.43±1.31
治疗 4 周	32	64.48±10.43	18.12±1.93
治疗 8 周	32	90.24±9.83 ^{ab}	24.91±2.27 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后同时间点比较,^b $P<0.05$

表 2 2 组患者治疗前、后不同时间点的平衡功能比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	足底重心压力移动距离(mm)	移动轨迹面积(mm ²)
对照组			
治疗前	32	457.51±15.21	743.19±22.33
治疗 2 周	32	421.51±14.78	726.19±21.74
治疗 4 周	32	413.21±14.45	703.79±21.03
治疗 8 周	32	405.51±14.19	698.82±20.56
视觉反馈组			
治疗前	32	464.25±15.60	763.20±23.16
治疗 2 周	32	423.25±15.09	728.43±22.33
治疗 4 周	32	338.25±14.11 ^{ab}	580.62±17.26 ^{ab}
治疗 8 周	32	293.25±12.82 ^{ab}	467.91±16.07 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后同时间点比较,^b $P<0.05$

讨 论

本研究结果表明,视觉反馈组治疗 4 周的足底重心压力移动距离、移动轨迹面积较小,治疗 4 周及 8 周的膝关节功能、步行能力及平衡功能均有所改善。膝部骨折术后患者的姿势控制能力下降、下肢稳定性不足、平衡能力受限,出现功能障碍的机制可能与下列因素相关:①姿势控制下降主要原因之一是膝部骨折后本体感受器受损^[2];②与中枢系统对感觉及运动的调控机制相关^[3],膝关节损伤后,双侧本体觉感受器传入信息不对称^[4],失去对效应器的精准控制,中枢运动系统为代偿这种不对称的异常运动模式,而调整控制程序,通过减少健侧下肢的感觉信息传入,使患者表现为相对稳定的运动;③膝部骨折术后患肢常需制动,活动减少后肌力及肌张力不同程度下降,姿势稳定性不足,受二次损伤的机率增加^[5]。Birinci 等^[6]通过 TechnoBody 平衡测试系统进行测试,认为姿势控制与髌膝关节损伤后踝关节运动状态及足弓高度相关。

视觉反馈训练技术采用的是基于力学平台的视觉反馈技术(force platform with visual feedback technique, FPFV),作用原理是根据患者下肢在平衡板上的作用力及作用方向来进行足底重心位置、倾斜角度和运动轨迹等数据监测,并通过电脑屏幕进行视觉的反馈^[7]。国外研究表明,常规训练中患者是通过自身本体觉和治疗师的主观判断,进而感知自身所处的平衡状态,而加入镜像视觉反馈训练可以补偿损伤后本体感觉的缺失,可明显提高康复效果^[8]。Ko 等^[9]根据电脑屏幕实时反馈出患者下肢倾斜角度及足底重心移动图像,在康复训练时进行有针对性的动静态平衡训练,结果表明经视觉反馈训练后患者的平衡功能较传统平衡训练有明显的改善。刘旭东等^[10]采用 Brunnstrom 分期量表、Fugl-Meyer 运动功能量表下肢部分、功能性步行量表、Berg 平衡功能量表及改良 Barthel 指数量表

对患者下肢功能及 ADL 能力进行评定,研究结果表明在常规康复干预基础上加用视觉反馈训练能进一步改善脑卒中偏瘫患者的下肢功能及 ADL 能力。Ordahan 等^[11]研究认为,同时进行本体感觉和平衡训练可提高膝关节周围神经肌肉系统同步活动的的能力,提高膝关节动态稳定性,以本体感觉训练为主的康复计划可明显提高膝关节本体觉,进一步改善膝关节功能。国外一项 Meta 分析证实,加强本体感觉训练可明显降低膝关节再次损伤的发生率,本体觉训练的方法主要是通过减少本体感受器抑制和增加本体感受器的刺激^[12]。

视觉反馈训练对于人体平衡能力改善潜在的作用机制如下:首先,来自眼睛传入的视觉信息对平衡的维持具有重要调节作用,可感知人与周围环境参照物的相对位置信息,也可对外来的干扰进行预判^[13]。本体感觉可感知自身在空间运动及位置上的变化,并向中枢系统输入信息,所以来自下肢和膝踝关节的本体感觉输入信号对于人体保持平衡尤为重要。Peterka 研究认为感觉信息变权(reweighting, RW)是基于感觉反馈机制,来阐释当感觉传入信号互相矛盾冲突或变得不精确时,其如何被再加工处理并整合,以构建统一的内部表征,维持平衡稳定性^[14];其次,平衡能力是人体适应周围环境变化而实现姿势稳定和肢体空间定位的重要功能,是通过中枢系统主导的视觉反馈和姿势控制,以实现的复杂神经肌肉运动控制,当视觉或本体觉由于病损而被破坏,大脑会代偿性地改变 RW 机制,保证对现有传入信息进行加工处理,以维持平衡的稳定性,且病损后的姿势代偿需要一段时间来学习记忆,以更好地利用剩余感觉信息来校准姿势反应^[15];最后,多感觉整合是人体维持平衡的基础,在这一过程中由姿势感知、中枢运动控制和外周肌肉活动共同参与调节;然而,这也是一个不稳定的运动控制系统,在遭遇内部或外部的突发受力干扰时,人体可视作“倒钟摆模型”,通过上述一系列预判和代偿调节机制,不断改变姿势来维持平衡。故为了保持理想的平衡状态,人体需要通过收集、整合、处理来自视觉和本体觉等不同感觉通道的传入信息,运用视觉反馈和姿势控制等调节方式,维持运动过程中的平衡稳定性。

综上,本研究使用 TechnoBody 对膝部骨折术后患者进行平衡功能测定,并适时加予视觉反馈训练,有利于提高患者的膝关节功能及平衡能力,巩固并强化手术疗效,改善疾病预后,从而达到预期的康复目标。本研究的不足在于样本量较小,有待后续扩大样本量进行相关研究验证。本研究初步探讨了针对膝部骨折术后患者的关节功能及平衡能力的康复方法,未来可应用于下肢其他关节损伤(如髌关节、踝关节)的康复评

定和训练,值得进一步探索。

参 考 文 献

- [1] 张英泽,膝关节内骨折的最新进展[J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21(5): 369-371. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.05.001.
- [2] Arockiaraj J, Korula RJ, Oommen AT, et al. Proprioceptive changes in the contralateral knee joint following anterior cruciate injury [J]. Bone Joint J, 2013, 95(2): 188-191. DOI: 10.1302/0301-620X.95B2.30566.
- [3] Negahban H, Mazaheri M, Kingma I, et al. A systematic review of postural control during single-leg stance in patients with untreated anterior cruciate ligament injury[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(7): 1491-1504. DOI: 10.1007/s00167-013-2501-4.
- [4] Zhang L, Qi J, Zeng Y. Proprioceptive changes in bilateral knee joints following unilateral anterior cruciate ligament injury in cynomolgus monkeys[J]. Med Sci Monit, 2018, 24(6): 105-113. DOI: 10.12659/msm.905160.
- [5] Negahban H, Mazaheri M, Kingma I, et al. A systematic review of postural control during single-leg stance in patients with untreated anterior cruciate ligament injury [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(7): 1491-1504. DOI: 10.1007/s00167-013-2501-4.
- [6] Birinci T, Demirbas SB. Relationship between the mobility of medial longitudinal arch and postural control[J]. Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica, 2017, 51(3): 233-237. DOI: 10.1016/j.aott.2016.11.004.
- [7] Srivastava A, Taly AB, Gupta A, et al. Post-stroke balance training: role of force platform with visual feedback technique [J]. J Neurol Sci, 2009, 287(12): 89-93. DOI: 10.1016/j.jns.2009.08.051.
- [8] In TS, Cha YR, Jung JH, et al. Effects of visual feedback with a mirror on balance ability in patients with stroke[J]. J Phys Ther Sci, 2016, 28(1): 181-185. DOI: 10.1589/jpts.28.181.
- [9] Ko Y, Ha H, Bae YH, et al. Effect of space balance 3D training using visual feedback on balance and mobility in acute stroke patients [J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(5): 1593-1596. DOI: 10.1589/jpts.27.1593.
- [10] 刘旭东,郭华平,何曼,等.镜像视觉反馈训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(6): 429-431. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.007.
- [11] Ordahan B, Küşükçen S, Tuncay I. The effect of proprioception exercises on functional status in patients with anterior cruciate ligament reconstruction [J]. J Back Musculoskeletal Rehabil, 2015, 28(3): 531-537. DOI: 10.3233/BMR-140553.
- [12] Dargo L, Robinson KJ. Prevention of knee and anterior cruciate ligament injuries through the use of neuromuscular and proprioceptive training: an evidence-based review [J]. J Athlet Train, 2017, 52(12): 1171-1172. DOI: 10.4085/1062-6050-52.12.21.
- [13] Chiarovano E, Wang W, Rogers SJ, et al. Balance in virtual reality: effect of age and bilateral vestibular loss [J]. Front Neurol, 2017, 8(1): 5 DOI: 10.3389/fneur.2017.00005.
- [14] Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control [J]. J Neurophysiology, 2002, 88(3): 1097-1118. DOI: 10.1152/jn.2002.88.3.1097.
- [15] 华安珂,冯金升,孟潜,等.站姿稳定性与多感觉整合控制研究进展[J]. 航天医学与医学工程, 2019, 32(2): 183-188. DOI: 10.16289/j.cnki.1002-0837.2019.02.015.

(修回日期:2020-08-20)

(本文编辑:凌 琛)