

· 临床研究 ·

等速肌力训练对全膝关节置换术后
髌骨轨迹异常的影响

张颖 袁红 曹建刚 李益平 王勇军 杜金刚

【摘要】目的 探讨股四头肌不同角度等速肌力训练对全膝关节置换术后髌骨轨迹异常者的影响。**方法** 入选全膝关节置换术患者 52 例,共 66 个膝关节,其中男 9 例 10 膝,女 43 例 56 膝,平均年龄 58.3 岁。按接诊顺序分为 3 组,即 0~30°组、30~60°组和 60~90°组进行股四头肌训练,每组 22 个膝关节。采用德国 Isomed 2000 型等速肌力训练系统对各组(膝关节屈曲范围分别为 0~30°、30~60°及 60~90°)进行 3 个月的股四头肌向心性收缩训练,测试速度为 30°/s。治疗前、后拍摄膝关节负重正侧位及屈膝 45°轴位片,测量髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角;记录每个膝关节的峰力矩、总功率及平均功率;治疗前、后采用美国特种外科医院(HSS)膝关节功能评分评定膝关节功能。**结果** 0~30°组治疗前、后的髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角比较,差异有统计学意义($P < 0.01$),30~60°组及 60~90°组治疗前、后相关指标差异无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,各组峰力矩、总功率及平均功率均较治疗前增大($P < 0.05$)。治疗前后反映髌骨轨迹的指标,即髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角差值均与 0~30°组股四头肌肌力指标,即峰力矩、总功率及平均功率的差值呈正相关($P < 0.05$),但与 30~60°组及 60~90°组的各项肌力指标差值无相关性($P > 0.05$)。治疗后 0~30°组 HSS 评分与治疗前比较,差异有统计学意义,而 30~60°组及 60~90°组治疗前、后 HSS 评分差异无统计学意义。**结论** 膝关节屈曲范围 0~30°的股四头肌等速训练可有效改善全膝关节置换术后髌骨轨迹异常,提高膝关节功能。

【关键词】 全膝关节置换术; 髌骨轨迹; 等速肌力训练; 股四头肌

A clinical evaluation of isokinetic training for correcting patellar tracking after total knee replacement

ZHANG Ying, YUAN Hong, CHAO Jian-gang, LI Yi-ping, WANG Yong-jun, DU Jin-gang. Nankai University Union Medicine Centre, Tianjin 300121, China

Corresponding author: YUAN Hong, Email: ying_zhang_graduate@yahoo.com

【Abstract】Objective To evaluate the effects of isokinetic quadriceps training with different ranges of motion for improving mal-patellar tracking after total knee replacement (TKR). **Methods** Isokinetic quadriceps training was administered to 52 TKR cases, involving 66 knee joints with poor patellar tracking. The subjects were randomly allocated into 3 groups for isokinetic training with ranges of 0-30°, 30-60° or 60-90°, with 22 knee joints in each group. The angular velocity was set at 30°/second. X-rays with loading and with 45° knee flexion were taken before and after the training. The lateral patello-femoral angle, the patella index and the patello-femoral index were recorded along with the maximum torque (MT), the total work (TW), and the average work (AW) in the three different ranges of motion. Hospital for Special Surgery (HSS) scores were also recorded. **Results** After 3 months of training, the average lateral patello-femoral angle, patella index, and patello-femoral index in the 0-30° training group were all significantly better than before the training. However, there was no significant difference in these measures for the 30-60° and 60-90° groups. After training average MT, TW and AW increased significantly in all groups, but the improvements were significantly correlated with the differences in lateral patello-femoral angles, patella indices and patello-femoral indices only for the 0-30° group. When compared with the baseline values, a statistically significant difference in HSS score after training was observed only in the 0-30° training group. **Conclusions** Isokinetic quadriceps training with a 0-30° range of motion can best realign patellar tracking after TKR, and best improve knee function.

【Key words】 Total knee replacement; Patellar tracking; Isokinetic training; Quadriceps

全膝关节置换术是治疗严重膝关节疾病的重要手

术方法,其术后并发症,如骨折、假体松动、关节粘连、髌骨关节疼痛等是患者和手术医生必须面对的难题,而髌骨关节并发症的发生率最高,占 0.5%~30.0%^[1]。良好的髌骨轨迹是全膝关节置换术后康

复的关键^[2]。本研究应用德国产 Isomed 2000 型等速肌力训练系统对全膝关节置换术后髌骨轨迹异常者进行测定,并分别在膝关节屈曲 0~30°、30~60°及 60~90°进行等速锻炼,观察不同角度的股四头肌等速训练对髌骨轨迹的影响,以探讨促进全膝关节置换术后患者康复的有效训练方式。

对象与方法

一、研究对象与分组

研究对象均为 2007 年 7 月至 2009 年 12 月在天津市人民医院关节科行全膝关节置换术后髌骨轨迹异常的患者,共 52 例 66 个膝关节,其中男 9 例 10 膝,女 43 例 56 膝;平均年龄 58.3 岁;术前病程 (27.8 ± 10.9) 年,全膝关节置换术后 (32.8 ± 27.2) d;采用美国 Zimmer 公司提供的 NexGen LPS Flex 假体 TKA,行髌骨置换术 8 个膝关节,髌骨成形术 58 个膝关节。

纳入标准:术后膝关节伸直受限 < 5°, 关节活动范围 ≥ 100°;患侧股四头肌徒手肌力 4~5 级;无影响膝及髌关节活动、引起下肢疼痛或影响下肢功能的其他疾病;既往患膝无开放性手术或骨折病史;经影像学检查证实有髌骨轨迹异常^[3]。排除标准:严重心肺疾患;重度骨质疏松症;住院期间或随访中发生关节内感染、异位骨化、不明原因的关节僵硬、下肢深静脉血栓或其他影响康复进程的并发症。

根据股四头肌等速训练时膝关节屈曲范围,将患者按接受诊治的先后顺序分为 3 组,即 0~30°组、30~60°组和 60~90°组,每组 22 个膝关节,3 组性别、年龄及病程等比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 各组基本情况比较

组别	例数	膝关节数	性别(男/女,例)	年龄(岁)	术前病程(年)	术后病程(d)
0~30°组	18	22	3/15	56.3 ± 9.7	28.3 ± 15.2	34.1 ± 29.9
30~60°组	17	22	3/14	61.9 ± 11.0	27.9 ± 8.4	29.5 ± 26.8
60~90°组	17	22	3/14	59.1 ± 7.3	25.3 ± 10.5	30.5 ± 26.1

二、治疗方法

所有入选患者术后均给予常规康复治疗:术后患肢弹力绷带加压包扎,局部冰敷 24 h;常规使用硬膜外镇痛泵 24~48 h,拔除镇痛泵后口服塞来昔布加氨酚双氢可待因止痛;麻醉作用消失后立即开始踝部屈伸活动及股四头肌静力训练;术后 1 d 开始关节持续被动活动,每日 2 次,每次 1 h;拔除引流管后即允许患者在支具保护下负重短距离行走,以后逐步增加行走距离;术后 3 d 内可以开始在可忍受的疼痛范围内进行最大限度的主动与被动屈膝训练,每次 5 min,每日 3

次。

等速肌力训练方法:患者术后复查 X 线片发现存在髌骨轨迹异常后即开始等速肌力训练。应用德国 Isomed 2000 型等速肌力训练系统进行股四头肌向心性收缩训练,各组膝关节屈曲范围分别为 0~30°、30~60°及 60~90°,测试速度为 30°/s。训练前向患者讲解注意事项,按照标准程序进行等速仪器参数的设定,训练前做膝关节屈伸运动 5 次,随后进行正式伸膝运动训练,每周训练 5 d,每天上、下午各 2 次,每次训练 3 组,每组 10 次肌肉收缩,每次肌肉收缩保持 10 s,组间休息 30 s,共训练 3 个月。

三、评价方法

治疗前、后拍摄膝关节负重正侧位及屈膝 45°轴位片,测量髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角;记录每个膝关节的峰力矩、总功率及平均功率;采用美国特种外科医院 (Hospital for Special Surgery, HSS) 膝关节功能评分^[4]评定膝关节功能情况,其总分 100 分,内容有 7 项,中疼痛、功能、关节活动度、肌力、屈曲畸形和关节稳定度为得分项目,另一项涉及是否需要助行器、内外翻畸形和伸直受限为扣分项目。

四、统计学方法

检测数据以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,应用 SPSS 13.0 版统计分析软件,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。各组治疗前、后的髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角比较,膝关节功能 HSS 评分以及等速肌力测定值 (峰力矩、总功率及平均功率) 比较采用配对样品 t 检验。治疗前、后髌骨轨迹差值与等速肌力测定差值的相关性分析采用 Pearson 相关分析。

结 果

本研究中 66 个膝关节均有髌骨轨迹异常。治疗前各组髌骨指数、外侧髌骨角、髌骨协调角及等速肌力测定值 (峰力矩、总功率及平均功率) 比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

各组治疗前、后髌骨轨迹变化见表 2。0~30°组治疗前、后髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角比较,差异有统计学意义 ($P < 0.01$),表明经过 0~30°的股四头肌等速训练后,髌骨轨迹有恢复;30~60°组及 60~90°组的髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角治疗前、后比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),表明 30°以上的股四头肌等速训练对髌骨轨迹影响不明显。

各组治疗前、后膝关节等速肌力测定值的比较见表 2。训练后,各组峰力矩、总功率及平均功率均较治疗前增大,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

治疗前、后膝关节功能 HSS 评分见表 2。0~30°组的 HSS 评分较治疗前明显降低,差异有统计学意义

表 2 3 组治疗前、后各项指标比较($\bar{x} \pm s$)

组 别	膝关节数	髌骨轨迹参数			等速肌力测定值			HSS 评分(分)
		髌骨指数	外侧髌骨角(°)	髌骨协调角(°)	峰力矩(Nm)	总功率(J)	平均功率(J)	
0~30°组	22							
治疗前		1.91 ± 0.87	6.77 ± 1.62	2.31 ± 7.49	32.4 ± 10.5	61.7 ± 19.8	9.6 ± 4.3	1.50 ± 0.51
治疗后		1.18 ± 0.62 ^a	9.75 ± 2.64 ^a	-3.94 ± 8.41 ^a	65.8 ± 24.9 ^a	101.5 ± 38.9 ^a	17.7 ± 7.9 ^a	0.95 ± 0.37 ^a
30~60°组	22							
治疗前		1.85 ± 0.79	7.24 ± 2.18	2.51 ± 6.27	53.7 ± 21.3	73.8 ± 32.1	14.8 ± 7.4	1.51 ± 0.47
治疗后		1.69 ± 0.98	7.31 ± 3.11	0.75 ± 4.26	82.4 ± 31.6 ^a	107.4 ± 42.8 ^a	22.9 ± 9.4 ^a	1.39 ± 0.33
60~90°组	22							
治疗前		1.87 ± 0.81	7.02 ± 1.93	1.99 ± 6.39	45.4 ± 18.9	51.7 ± 25.5	10.3 ± 5.7	1.49 ± 0.42
治疗后		1.72 ± 0.77	7.47 ± 2.62	1.47 ± 4.91	63.1 ± 24.8 ^a	79.2 ± 29.2 ^a	16.9 ± 7.1 ^a	1.41 ± 0.46

注:与治疗前组内比较,^a $P < 0.05$

($P < 0.05$), 30~60°组及 60~90°组治疗前、后 HSS 评分差异无统计学意义($P > 0.05$)。

各组治疗前、后髌骨轨迹差值与等速肌力测定值的相关性分析见表 3。治疗前后髌骨轨迹指标,即髌骨指数、外侧髌骨角及髌骨协调角差值均与 0~30°组等速肌力测定值,即峰力矩、总功率及平均功率的差值呈正相关($P < 0.05$);而与 30~60°组及 60~90°组的各项肌力指标差值无相关性($P > 0.05$)。

表 3 治疗前、后髌骨轨迹差值与等速肌力测定值差值的相关性分析(r 值)

组 别	髌骨指数差值	外侧髌骨角差值	髌骨协调角差值
0~30°组			
峰力矩差值	0.571 ^a	0.611 ^a	0.782 ^a
总功率差值	0.712 ^a	0.475 ^a	0.496 ^a
平均功率差值	0.401 ^a	0.398 ^a	0.460 ^a
30~60°组			
峰力矩差值	0.340	0.205	0.211
总功率差值	0.202	0.251	0.120
平均功率差值	0.360	0.258	0.209
60~90°组			
峰力矩差值	0.091	0.127	0.003
总功率差值	0.049	0.178	0.101
平均功率差值	0.081	0.090	0.088

注:^a $P < 0.05$

讨 论

全膝关节置换术后髌骨轨迹不良者不仅存在伸展滞缺及髌前疼痛,而且会影响股四头肌力量的发挥^[5],导致伸膝装置的受力状态、髌骨关节应力发生改变,影响伸膝装置组织张力及关节活动度。全膝关节置换术后髌骨运动轨迹不良,大多与假体旋转对位排列不齐有关,因此术中需要正确评估髌骨轨迹、股骨假体的旋转情况及胫骨假体的定位。除上述因素外,动力性因素也不可忽视,与髌骨外侧相比,髌骨内侧的动力系统多较弱,为了加强髌骨内侧力量,研究者们采取了很多方法,如外侧支持带松解术^[6]、内侧支持带

重建术^[7]以及最近广泛推广的小切口技术^[8]等,都有利于保护髌骨内侧的动力系统。股四头肌力量和作用方向会影响髌骨轨迹^[9],反之术后髌骨轨迹不良亦可使股四头肌肌力明显下降^[5],两者相互影响,多数表现为髌前疼痛及髌骨外侧半脱位,导致膝关节不稳定性增加,从而造成关节假体的磨损及远期松动,对下肢功能产生影响。

本研究应用德国 Isomed 2000 等速肌力训练系统对全膝关节置换术后髌骨轨迹异常者进行测定,并分别在膝关节屈曲 0~30°、30~60°及 60~90°进行股四头肌等速训练,结果表明在膝关节屈曲 0~30°范围的等速肌力训练可有效地改善髌骨轨迹,提高膝关节功能。

股四头肌的不同部分对髌骨作用不同^[10],股中间肌和股直肌附着于髌骨上端,向上牵拉髌骨,起伸膝作用;股外侧肌(vastus lateralis)附着于髌骨外侧缘的上 1/3,有向外牵拉髌骨的作用;股内侧肌可以分为两个独立的部分,股内直肌与股骨长轴成 15°角,主要向上牵拉髌骨,股内斜肌(vastus medialis obliquus, VMO)止于髌骨内侧,与股骨长轴成 50°角^[8],是唯一具有将髌骨向内、后侧牵拉作用的动力性结构,在向内稳定髌骨的同时,还可以提高其它伸膝肌肉的有效性。VMO 与股外侧肌之间的平衡是维持股四头肌正常功能状态的重要因素,而 VMO 被认为是股四头肌中保持髌骨正常轨迹最重要的组成部分^[11-12]。有研究认为,屈膝 0~50°主要是动力性因素控制膝关节稳定性,而屈膝 50°至膝关节完全屈曲则主要是骨性结构和韧带起主要作用^[13]。经过肌电图和 CT 检查证实,在屈膝 0~30°或 0~20°,即膝关节伸直的终末段, VMO 对髌骨的力学作用最大^[10,14]。

本研究结果显示,虽然经过不同角度范围的训练后,各组等速肌力测定值均有增大,但仅 0~30°组患者的髌骨轨迹有明显改善,其治疗前、后髌骨轨迹差值与等速肌力测定值差值正相关,提示在膝关节屈曲 0~30°范围内的等速训练对提高 VMO 肌力最有效。有研

究显示,抗阻性训练不仅可提高 VMO 的肌力,还能有效改善对感觉运动的控制,使 VMO 收缩启动时间缩短,并可改善关节的位置觉^[13]。因此我们推测 0~30° 范围的股四头肌等速训练效果好,可能不仅与肌力增强有关,还与运动感觉的控制改善相关。

综上所述,VMO 对全膝关节置换术后髌骨轨迹起重要作用,在膝关节屈曲 0~30° 范围内进行股四头肌等速训练可有效增强 VMO 肌力,改善髌骨轨迹,提高膝关节功能。

参 考 文 献

- [1] Kingsley R, Donald S, Jess H, et al. Revision surgery for patellar dislocation after primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 2004, 19: 956-961.
- [2] 林源,曲铁兵,王进军,等. 止血带对全膝关节置换术中股骨远端旋转定位时髌骨轨迹的影响. *中华骨科杂志*, 2009, 29: 915-919.
- [3] Carson WG Jr, James SE, Larson RL, et al. Patellofemoral disorders: physical and radiographic evaluation. Part II. Radiographic examination. *Clin Orthop*, 1984, 185: 178-186.
- [4] Kennedy DM, Stratford PW, Riddle DL, et al. Assessing recovery and establishing prognosis following total knee arthroplasty. *Phys Ther*, 2008, 88: 22-32.
- [5] 刘帆,吕厚山,闵志松. 全膝人工关节置换术中髌骨置换对股四头肌肌力的影响. *中华医学杂志*, 2008, 88: 809-811.
- [6] Bonutti PM, Madueke UI, Zywił MG, et al. Lateral retinacular release in total knee arthroplasty. *Semin Arthroplasty*, 2009, 20: 172-177.
- [7] Matsushita T, Kuroda R, Kubo S, et al. Total knee arthroplasty combined with medial patellofemoral ligament reconstruction for osteoarthritic knee with preoperative valgus deformity and chronic patellar dislocation. *J Arthroplasty*, 2011, 26: 505.
- [8] Lin YF, Lin JJ, Jan MH, et al. Role of the vastus medialis obliquus in repositioning the patella -- a dynamic computed tomography study. *Am J Sports Med*, 2008, 36: 741-746.
- [9] Lin F, Wilson NA, Makhosous M, et al. In vivo patellar tracking induced by individual quadriceps components in individuals with patellofemoral pain. *J Biomech*, 2010, 43: 235-241.
- [10] Lin F, Wang G, Koh JL, et al. In vivo and noninvasive three-dimensional patellar tracking induced by individual heads of quadriceps. *Med Sci Sports Exerc*, 2004, 36: 93-101.
- [11] MacIntyre NJ, Hill NA, Fellows RA, et al. Patellofemoral joint kinematics in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *J Bone Joint Surg*, 2006, 88: 2596-2605.
- [12] Felicio LR, Baffa Ado P, Liporacci RF, et al. Analysis of patellar stabilizers muscles and patellar kinematics in anterior knee pain subjects. *J Electromyogr Kinesiol*, 2010, 21: 148-153.
- [13] Wong YM, Gabriel NG. Resistance training alters the sensorimotor control of vastimuscles. *J Electromyogr Kinesiol*, 2010, 20: 180-184.
- [14] Rossi R, Maiell A, Bruzzone M, et al. Muscle damage during minimally invasive surgical total knee arthroplasty traditional versus optimized subvastus approach. *Knee*, 2010, Jul 20 [Epub ahead of print]
(修回日期: 2010-12-20)
(本文编辑: 吴 倩)

· 外刊文献题录 ·

康复机器人研究最新英文文献题录(步态训练)

- [1] Brütsch K, Koenig A, Zimmerli L, et al. Virtual reality for enhancement of robot-assisted gait training in children with central gait disorders. *J Rehabil Med*. 2011 Apr 14. [Epub ahead of print]
- [2] Koenig A, Omlin X, Bergmann J, et al. Controlling patient participation during robot-assisted gait training. *J Neuroeng Rehabil*, 2011, 23: 14.
- [3] Geroin C, Picelli A, Munari D, et al. Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted gait training in patients with chronic stroke: a preliminary comparison. *Clin Rehabil*, 2011 Mar [Epub ahead of print].
- [4] Hussain S, Xie SQ, Liu G. Robot assisted treadmill training: Mechanisms and training strategies. *Med Eng Phys*, 2011, 7. [Epub ahead of print]
- [5] Lam T, Pahl K, Krassioukov A, et al. Using robot-applied resistance to augment body-weight-supported treadmill training in an individual with incomplete spinal cord injury. *Phys Ther*, 2011, 91: 143-151.
- [6] Wu M, Hornby TG, Landry JM, et al. A cable-driven locomotor training system for restoration of gait in human SCI. *Gait Posture*, 2011, 33: 256-260.
- [7] Swinnen E, Duerinckx S, Baeyens JP, Meeusen R, Kerckhofs E. Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *J Rehabil Med*, 2010, 42: 520-526.
- [8] Duschau-Wicke A, von Zitzewitz J, Caprez A, et al. Path control: a method for patient-cooperative robot-aided gait rehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2010, 18: 38-48.
- [9] Kim SH, Banala SK, Brackbill EA, et al. Robot-assisted modifications of gait in healthy individuals. *Exp Brain Res*, 2010, 202: 809-824.
- [10] Hussein S, Schmidt H, Volkmar M, et al. Muscle coordination in healthy subjects during floor walking and stair climbing in robot assisted gait training. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2008, 2008: 1961-964.