

• 针灸研究 •

针刺对胫骨高位截骨术后下肢肌群表面肌电特征及肌肉特性的影响

刘永阔^{1*}, 秦丽娜², 吕桃桃²

(1. 北京市中关村医院中医综合科, 北京 100190; 2. 北京中医药大学第三附属医院康复科, 北京 100029)

摘要: **目的** 观察针刺对胫骨高位截骨术(high tibial osteotomy, HTO)术后下肢肌群表面肌电特征及肌肉特性的影响。**方法** 将 80 例接受单侧 HTO 的患者随机分为治疗组和对照组, 对照组采用术后常规康复, 治疗组在对照组基础上于术后第 4 天联合针刺治疗, 7 d 为 1 疗程, 连续治疗 2 个疗程, 比较 2 组各测试肌肉治疗前后的肌电信号(积分肌电值、中位频率)和肌肉特性(振荡频率、振幅对数衰减、动态硬度)。**结果** 治疗前, 2 组各测试肌肉的积分肌电值、中位频率、振荡频率、振幅对数衰减及动态硬度比较均无明显差异($P>0.05$)。治疗后, 治疗组各测试肌肉的积分肌电值、中位频率均高于对照组($P<0.05$), 振荡频率、振幅对数衰减及动态硬度均低于对照组($P<0.05$)。**结论** 针刺可缓解下肢肌群的内部压力, 调节肌肉弹性及硬度, 改善肌肉募集程度及运动性疲劳, 从而发挥“柔筋止痛”的作用, 这可能是针刺疗法促进 HTO 术后膝关节康复的起效途径。

关键词: 针刺; 胫骨高位截骨术; 术后康复; 表面肌电; 肌肉特性

中图分类号: R246.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-4299(2026)02-0046-08

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.2097-4299.2026.02.009

The Effect of Acupuncture on the Surface Electromyographic Characteristics and Muscle Properties of Lower Limb Muscle Groups after High Tibial Osteotomy

LIU Yongkou¹, QIN Lina², LV Taotao²

(1. Department of Traditional Chinese Medicine, Beijing Zhongguancun Hospital, Beijing 100190, China;

2. Rehabilitation Department, Third Affiliated Hospital of Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

ABSTRACT: Objective Observation of the effect of acupuncture on the surface electromyographic characteristics and muscle properties of lower limb muscle groups after high tibial osteotomy (HTO). **Methods** 80 patients who received unilateral HTO were randomly divided into a treatment group and a control group. The control group received routine postoperative rehabilitation, while the treatment group received acupuncture treatment on the fourth day after surgery, with 7 days as one course of treatment. Two consecutive courses of treatment were conducted to compare the electromyographic signals (integrated electromyographic value, median frequency) and muscle characteristics (oscillation frequency, logarithmic attenuation of amplitude, dynamic hardness) of each tested muscle before and after treatment in the two groups. **Results** Before treatment, there were no significant differences ($P>0.05$) in the integrated electromyographic values, median frequency, oscillation frequency, logarithmic attenuation of amplitude, and dynamic hardness between the two groups of tested muscles. After treatment, the integrated electromyographic values and median frequencies of each tested muscle in the treatment group were higher than those in the control group ($P<0.05$), while the oscillation frequency, logarithmic attenuation of amplitude, and dynamic hardness were lower than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** Acupuncture can relieve the internal pressure of lower limb muscle groups, regulate muscle elasticity and hardness, improve muscle recruitment and exercise-induced fatigue, thereby exerting the effect of "soft muscle pain relief". This may be the effective pathway for acupuncture therapy to promote knee joint rehabilitation after HTO surgery.

KEY WORDS: acupuncture; high tibial osteotomy; postoperative; rehabilitation; surface electromyography; muscle characteristics

基金项目: 国家重点研发计划“常见多发病防治研究”重点专项(2022YFC2503900);北京中医药大学重点攻关项目(2020-JYB-ZDGG-142-5);北京中医药大学第三附属医院教育部工程研究中心培育项目(BZYSY-2022-GCYJZXQX-03)

作者简介: 刘永阔(1992-),男,博士,住院医师,研究方向:针刺治疗痹症的临床研究, E-mail: 285153629@qq.com

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)主要的临床表现为膝关节肿胀、疼痛及活动不利,终末期致残率较高,对患者的生活质量造成了严重的影响^[1]。胫骨高位截骨术是目前治疗内侧间室 KOA 有效的微创手术方法之一,它通过调整下肢力线,矫正膝关节的轴向对准,从而缓解韧带张力、调整胫骨坡度,并改善关节的平移力和前后稳定性^[2-3]。中医认为,肌肉、肌腱及韧带等软组织均属于“筋”的范畴,HTO 虽通过调整骨骼间的失衡,达到了“骨正”状态,但手术造成了“筋”的损伤,导致术后软组织处于“筋不柔”状态,因此术后康复的重点在于“筋复其柔”^[4]。从生物力学角度分析,HTO 术后关节周围软组织处于过度紧张状态,肌肉特性也发生了相应变化,这可能是引起肿胀、疼痛、关节活动受限及功能下降等并发症的关键因素。而现代研究表明^[5],针刺疗法可改善骨科术后局部微循环,解除筋膜粘连,增强关节活动度,从而促进膝关节功能康复。基于以上问题,本研究采用表面肌电图(surface electromyography, sEMG)和 Myoton PRO 肌肉评估设备,通过开展一项临床试验观察针刺治疗前后下肢肌群肌电活动和肌肉特性的变化,以期从生物力学效应角度阐释针刺促进 HTO 术后康复的临床疗效机理。

1 研究资料

1.1 一般资料 本研究 2023 年 1 月至 2024 年 1 月于北京中医药大学第三附属医院骨科中心共收集 80 例诊断为内侧间室 KOA 并接受单侧 HTO 的患者。按照随机数字表法分为 2 组,每组各 40 例。2 组年龄、BMI、性别、术肢、病程等基线资料差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。具体见表 1。

本研究为前瞻性随机对照试验,患者招募开始前试验方案已经通过北京中医药大学第三附属医院伦理委员会的审查,并进行了备案(伦理号: BZYSY-2023YJSKTPJ-08)。

表 1 一般基线情况

	治疗组	对照组	$t/Z/\chi^2$	P 值
年龄/岁	61.23±5.41	62.53±5.62	1.055	0.295
BMI/(kg/m ²)	26.51 (22.94, 28.74)	26.74 (24.41, 28.34)	0.511	0.610
性别(男/女)	11/29	14/26	0.524	0.469
术肢(左/右)	22/18	16/24	1.805	0.179
病程(年)	4.94±1.16	5.15±1.49	0.707	0.482

1.2 诊断标准

1.2.1 KOA 诊断标准 参照中华医学会骨科分会关节外科学组 2018 年诊断标准^[6]:(1)近 1 个月内反复的膝关节疼痛;(2)X 线示关节间隙变窄、软骨下骨硬化和(或)囊性变、关节边缘骨赘形成;(3)年龄 ≥ 50 岁;(4)晨僵时间 ≤ 30 min;(5)活动时有关节摩擦音。综合临床及影像检查,(1)项必备,(2)~(5)条中符合任意 2 条即可诊断。

1.2.2 HTO 适应症 参照北京大学医学出版社第 14 版《坎贝尔骨科手术学》中 HTO 适应症^[7]:(1)KOA 引起膝关节疼痛和功能障碍,保守治疗不缓解,对日常工作生活造成较大影响;(2)应力位下 X 线见炎症局限于膝内侧间室,并存在一定的内翻畸形;(3)术后患者能够使用拐杖及助行器,肌肉强度与关节活动度达到完成康复训练的标准。

1.3 纳入标准 (1)符合上述 KOA 的诊断标准及 HTO 手术适应症;(2)手术由同一组高年资骨科医师完成,采用相同入路和术式;(3)患者均为首次接受单侧 HTO 治疗;(4)术后经骨科团队评估,患者生命体征平稳且无感染、血栓等严重并发症;(5)术后能够进行语言交流,配合相应康复治疗及功能锻炼;(6)年龄 50~70 岁;(7)自愿签署知情同意书。

1.4 排除标准 (1)术肢关节周围皮肤存在损伤或感染;(2)术肢血管神经损伤影响关节功能恢复;(3)伴有严重脑、心、肺等重要脏器疾病;(4)存在明显外伤史;(5)患有精神类疾病无法配合治疗。

2 治疗方法^[8]

2.1 手术方案 手术由同一组高年资骨科医师完成。麻醉满意后,患者取平卧位,首先进行膝关节镜清理手术,随后行胫骨结节远端单平面高位截骨术,于胫骨内侧缘鹅足处纵行约 4.5 cm 切口,逐层切开,显露胫骨,沿着预先确定的截骨线,由胫骨近端斜向上胫腓联合打入 1 枚克氏针,C 臂透视下确定截骨线满意后,予软组织保护器紧贴胫骨后缘牵拉保护下载骨。于胫骨外侧保留 1 cm 合页,按定位截骨线,进行胫骨截骨,辅助撑开器持续撑开,角度满意后,植入混合 BMP2 三角形骨块,促进截骨区域愈合,C 臂透视下确定股骨髁远端切线与腓骨纵轴成角 91°,力线矫正满意(见图 1),于胫骨近端前内侧顺远端骨面选择适合金属接骨板(II 型板 1 枚),并跨截骨开口面放置,按接骨板位置在截骨面近远端依次拧入 13 枚相应型号

规格的锁定骨钉系统固定,再次透视下接骨板及螺钉位置满意,截骨端对位好,胫股关节力线满意,切口内适量生理盐水反复冲洗,放置引流管,逐层缝合,无菌敷料包扎。

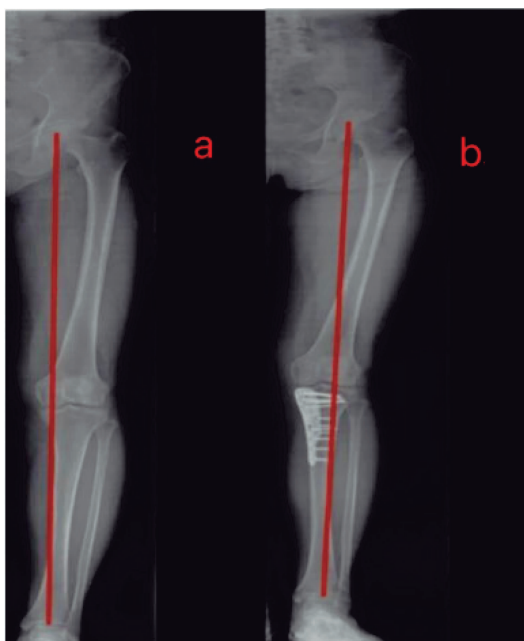


图 1 术前(a)、术后(b)下肢力线位置

2.2 康复方案

2.2.1 对照组(常规康复) (1)常规治疗:术后均予消肿、镇痛、抗感染、抗凝等西医常规治疗;嘱患者卧床时抬高术肢以消水肿;保持切口干燥卫生,换药严格遵循无菌操作规程;(2)肢体康复锻炼:术后第 1 天开始踝泵锻炼;第 2 天开始直腿抬高锻炼;第 3 天在主管医护人员或康复治疗师指导下开始非全负重行走;8~10 周根据患者恢复情况逐渐弃拐并进行全负重行走练习。

2.2.2 治疗组(针刺联合常规康复) 术后常规处理同对照组,综合考虑安全性因素和骨科医师意见,治疗组术后第 4 天在对照组的基础上于术肢行针刺治疗。患者取仰卧位,穴位常规消毒,针刺伏兔、血海、梁丘、悬钟和三阴交时选用 1.5 寸针灸针,针刺解溪时选用 1 寸针灸针。采用多向针刺法,针刺时将毫针直刺至肌层或肌腱处,施予提插捻转,得气后将针退至皮下浅层,调整针身方向,沿所在经脉循行方向呈 45°角前后各斜刺一针,分别施予提插捻转,促进经气循经感传,扩大刺激范围,操作完成后将针提至皮下,再次直刺至肌层或肌腱处,得气后留针 30 min。行针过程中应注意避免损伤神经血管,治疗结束后,应快速出针,按压针孔,防止出现皮下血肿。1 次/d,7 d 为 1 个疗程,共 2 个疗程。

3 观察指标及评价时点

3.1 肌电信号 采用 Ultium 表面肌电仪采集受试者股直肌(RF)、股内侧肌(VM)、股外侧肌(VL)、胫骨前肌(TA)及腓骨长肌(PL)的积分肌电值(integrated EMG, iEMG)和中位频率(median frequency, MF)。iEMG 为时域指标,可间接反映目标肌肉的收缩能力;MF 为频域指标,用于反映肌肉的疲劳程度。

测试流程为:嘱受试者取仰卧位,第一组动作用于观察 RF、VM 和 VL 的肌电信号,嘱受试者膝关节伸直,术肢统一抬高与床面形成 30°夹角,保持 10 s 后缓慢落下;第二组动作用于观察 TA 和 PL 的肌电信号,嘱受试者术侧踝关节做全力背屈外翻动作,保持 10 s,2 组动作均重复测试 3 次,取平均值。(测试流程见图 2)。

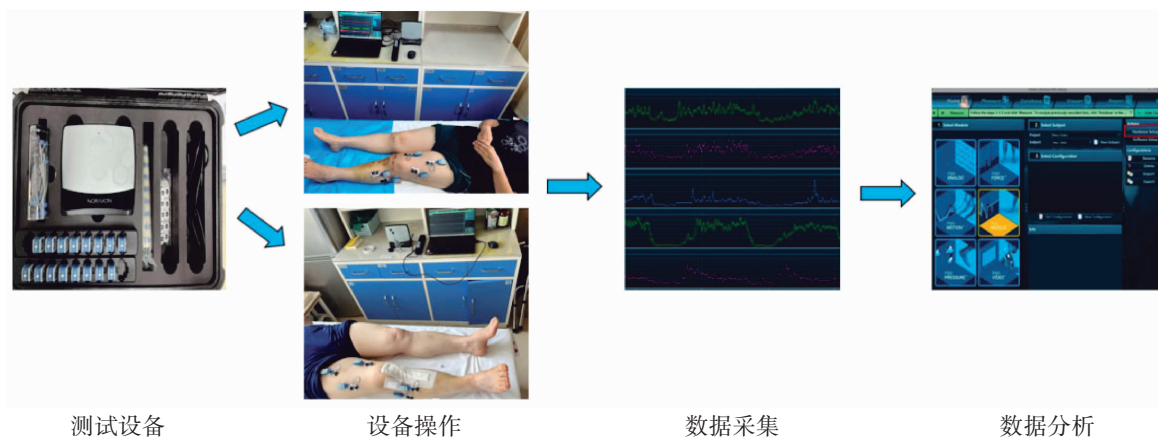


图 2 sEMG 测试流程

3.2 肌肉特性 采用 Myoton PRO 数字化肌肉评估仪集受试者 RF、VM、VL、TA 及 PL 的振荡频率(oscillation frequency, OF)、振幅对数衰减值(logarithmic decrement, LD)及动态硬度(dynamic stiffness, DS)。

(1)振荡频率(F 值):用于描述肌肉的内部压力状态, 过高的内部压力会导致肌肉恢复效果下降;
(2)振幅对数衰减值(D 值):用于描述肌肉的弹性,

其数值越高说明肌肉弹性越差;(3) 动态硬度(S 值):用于描述肌肉的硬度, 过高的硬度会导致肌肉性能下降。

测试流程为:嘱受试者取仰卧位,测量探头垂直于被测肌肉的皮肤表面,使机身头部边缘始终稳定在绿色标记的中央位置,直到冲击完成,共测量 5 次,取平均值。(测试流程见图 3)。

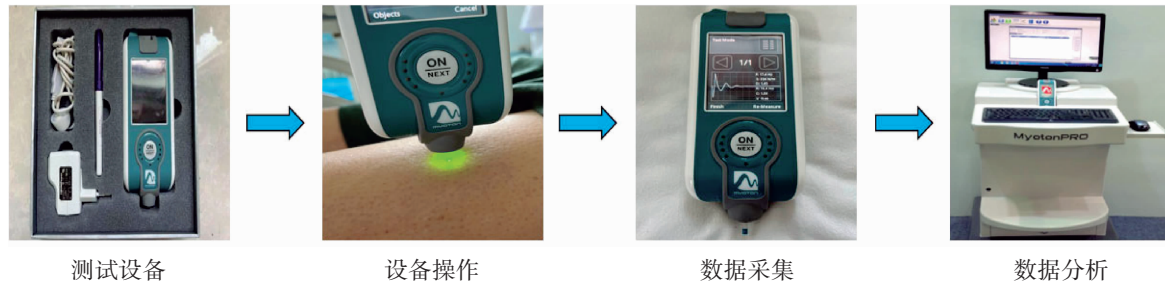


图3 Myoton PRO 数字化肌肉评估测试流程

3.3 评价时点 治疗前(术后第4天)及治疗后(2个疗程结束)。

4 统计学方法

使用 SPSS 25.0 软件进行统计分析,计数资料采用卡方检验;符合正态分布时,计量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布时,用中位数 M (P25, P75)表示;组间比较,符合正态分布选择独立样本 t 检验,若不符合正态分布,选择 Wilcoxon 秩和检验;组内比较,符合正态分布,选择配对 t 检验,若不符合正态分布,则选择符号秩和检验。

5 结果

5.2 2组肌电信号对比

5.2.1 iEMG 值 组内比较,2组治疗后各测试肌肉的 iEMG 均较治疗前升高,差异具有统计学意义($P < 0.05$);组间比较,治疗后,治疗组各测试肌肉的 iEMG 均高于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

5.2.2 MF 值 组内比较,2组在治疗后各测试肌肉的 MF 均较治疗前升高,差异具有统计学意义($P < 0.05$);组间比较,治疗后,治疗组各测试肌肉的 MF 均高于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。

5.3 2组肌肉特性对比

5.3.1 振荡频率(F 值) 组内比较,2组治疗后 F 值均较治疗前降低,差异具有统计学意义($P < 0.05$);组

表 2 2组治疗前后 iEMG 比较($\bar{x} \pm s, \mu V \cdot s$)

测试部位	测试时点	治疗组	对照组	t	P 值
RF	治疗前	91.47±17.43	94.23±19.74	0.665	0.508
	治疗后	118.86±19.43 [△]	110.19±14.59 ^{△#}	2.256	0.027
VM	治疗前	67.41±11.94	65.49±14.73	0.641	0.524
	治疗后	81.52±9.15 [△]	75.95±11.04 ^{△#}	2.458	0.016
VL	治疗前	79.24±14.19	76.47±17.89	0.767	0.445
	治疗后	88.39±12.15 [△]	83.25±10.49 ^{△#}	2.029	0.046
TA	治疗前	18.47±6.24	17.43±5.39	0.791	0.432
	治疗后	37.22±9.43 [△]	30.49±7.21 ^{△#}	3.583	<0.001
PL	治疗前	17.34±5.49	17.83±9.27	0.293	0.771
	治疗后	32.36±9.75 [△]	27.94±6.59 ^{△#}	2.374	0.021

注:与同一时点治疗组比较,# $P < 0.05$;与治疗前比较,[△] $P < 0.05$

间比较,治疗后,治疗组 F 值均低于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$),见表 4。

5.3.2 振幅对数衰减值(D 值) 组内比较,2组治疗后 D 值均较治疗前降低,差异具有统计学意义($P < 0.05$);组间比较,治疗后,治疗组 D 值均低于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$),见表 5。

5.3.3 动态硬度(S 值) 组内比较,2组治疗后 S 值均较治疗前降低,差异具有统计学意义($P < 0.05$);组间比较,治疗后,治疗组 S 值均低于对照组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。见表 6。

表3 2组治疗前后MF比较($\bar{x} \pm s$, Hz)

测试肌肉	测试时点	治疗组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i> 值
RF	治疗前	53.17±7.24	52.65±9.14	0.282	0.779
	治疗后	61.27±5.92 [△]	57.49±7.04 ^{△#}	2.604	0.011
VM	治疗前	41.18±5.97	42.27±7.24	0.735	0.465
	治疗后	49.76±8.37 [△]	46.27±6.25 ^{△#}	2.105	0.039
VL	治疗前	45.19±4.18	44.73±7.27	0.339	0.735
	治疗后	51.92±5.27 [△]	49.17±6.54 ^{△#}	2.071	0.042
TA	治疗前	14.68±5.27	13.29±6.49	1.044	0.299
	治疗后	19.25±5.83 [△]	16.62±4.19 ^{△#}	2.319	0.023
PL	治疗前	11.41±3.45	12.32±4.24	1.067	0.289
	治疗后	17.84±7.67 [△]	15.17±3.25 ^{△#}	2.035	0.045

注：与同一时点治疗组比较，**P*<0.05；与治疗前比较，[△]*P*<0.05

表4 2组治疗前后F值比较($\bar{x} \pm s$, Hz)

测试肌肉	测试时点	治疗组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i> 值
RF	治疗前	16.10±5.17	16.45±4.77	0.317	0.752
	治疗后	13.19±3.84 [△]	14.69±2.16 ^{△#}	2.164	0.034
VM	治疗前	15.85±4.33	15.13±3.29	0.836	0.406
	治疗后	12.17±2.49 [△]	13.67±3.57 ^{△#}	2.178	0.032
VL	治疗前	15.45±3.83	16.37±3.46	1.116	0.268
	治疗后	12.34±2.79 [△]	13.91±2.47 ^{△#}	2.650	0.009
TA	治疗前	24.22±6.31	25.18±5.48	0.726	0.469
	治疗后	20.15±4.66 [△]	22.31±3.67 ^{△#}	2.303	0.024
PL	治疗前	26.17±5.08	26.79±6.86	0.465	0.643
	治疗后	21.42±5.13 [△]	23.85±4.37 ^{△#}	2.281	0.025

注：与同一时点治疗组比较，**P*<0.05；与治疗前比较，[△]*P*<0.05

6 讨论

肌肉、肌腱及韧带等软组织均属于中医“筋”的范畴，HTO虽通过调整骨骼之间的失衡，达到了“骨正”状态，但手术造成了“筋”的损伤，导致术后软组织处于“筋不柔”状态，因此术后康复的重点在于“筋复其

表5 2组治疗前后D值比较($\bar{x} \pm s$)

测试肌肉	测试时点	治疗组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i> 值
RF	治疗前	1.53±0.22	1.54±0.19	0.229	0.819
	治疗后	1.39±0.14 [△]	1.46±0.16 ^{△#}	2.465	0.016
VM	治疗前	1.37±0.19	1.33±0.11	1.401	0.165
	治疗后	1.17±0.09 [△]	1.24±0.13 ^{△#}	2.868	0.005
VL	治疗前	1.47±0.24	1.44±0.14	0.492	0.624
	治疗后	1.21±0.11 [△]	1.28±0.17 ^{△#}	2.471	0.016
TA	治疗前	1.89±0.31	1.84±0.27	0.618	0.539
	治疗后	1.54±0.18 [△]	1.67±0.11 ^{△#}	3.790	<0.001
PL	治疗前	1.86±0.29	1.91±0.16	0.582	0.562
	治疗后	1.58±0.17 [△]	1.69±0.12 ^{△#}	3.525	<0.001

注：与同一时点治疗组比较，**P*<0.05；与治疗前比较，[△]*P*<0.05

表6 2组治疗前后S值比较($\bar{x} \pm s$, N/m)

测试肌肉	测试时点	治疗组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i> 值
RF	治疗前	293.46±34.14	287.15±37.51	0.787	0.433
	治疗后	243.58±31.29 [△]	257.35±27.24 ^{△#}	2.099	0.039
VM	治疗前	232.33±35.47	228.45±30.42	0.521	0.604
	治疗后	192.56±27.39 [△]	204.51±24.55 ^{△#}	2.051	0.044
VL	治疗前	249.62±36.25	262.35±31.74	1.671	0.098
	治疗后	216.83±28.41 [△]	234.48±34.61 ^{△#}	2.493	0.019
TA	治疗前	487.60±74.48	494.53±66.66	0.438	0.663
	治疗后	373.25±66.17 [△]	424.26±52.93 ^{△#}	3.927	<0.001
PL	治疗前	478.45±94.21	497.82±80.85	0.987	0.327
	治疗后	402.45±64.21 [△]	446.38±97.54 ^{△#}	2.378	0.020

注：与同一时点治疗组比较，**P*<0.05；与治疗前比较，[△]*P*<0.05

柔”。“筋”的概念不仅包含了机体中多种软组织成分，同时也是对它们生理功能的高度概括。《说文解字》对其描述：“筋者，肉之力也。从力，从肉，从竹。”说明筋是可以产生力量且柔韧富有弹性的纤维结构^[9-10]。《灵枢·经脉》曰：“筋为刚”，指出筋具有一定的韧度且

不松弛。《风劳臃膈四大证治》又言:“筋者,周布四肢百节,联络而束缚之”,说明筋连接于关节,既可带动关节做出各种动作,也可维持动作的稳定性^[11]。从实际应用角度分析,“筋”有一定的黏弹性和弹性,可在压力负荷卸载后恢复原本形状,同时发挥带动和约束其他组织的功能。而“筋柔”则是指肌肉、肌腱、韧带等纤维组织具有正常的生物力学性能,发挥“筋”对“骨”的约束及带动作用,从而共奏筋骨平衡之效。

当过度运动、手术及意外损伤等原因引起“筋伤”时,机体会自动开启代偿模式,肌肉持续收缩,黏弹性及弹性下降,紧张度增加,从而导致关节疼痛和活动受限,因此采取多种现代客观手段检测肌肉状态,评估肌肉特性,无论是在运动医学还是骨科康复中都具有重要意义^[12-14]。本研究所采用的 Myoton PRO 肌肉功能评估系统能够提供客观的测量数据,其中 F 值是描述肌肉在自然放松状态下的固有压力^[15];D 值则表示肌肉收缩或受到挤压后恢复到原始形态的能力,其数值越小代表肌肉的弹性越强^[16];S 值用于描述肌肉抵抗收缩或抵抗外部压力使之形态改变的能力,过高的肌肉硬度导致运动效率下降^[17-18];研究表明,肢体功能恢复与肌肉状态密切相关,肌肉具有良好的物理特性是进行较大活动范围的前提基础,而关节活动受限和疼痛则与弹性降低、硬度及内部压力增加有关^[19-21],因此本研究选择以上 3 项客观数据做为肌肉特性的观察指标。而 sEMG 则是目前非侵入性检测肌电活动的重要量化方法之一,其通过采集并分析神经肌肉活动时的生物电信号,从而间接反映肌肉活动或募集情况^[22]。sEMG 的观察指标主要包括时域和频域两方面,频域指标反映的是目标肌肉活动时运动单位的募集程度,与肌肉收缩呈正相关,其中 iEMG 表示肌肉募集运动单位的放电总量,可用于分析单位时间内的收缩特性,相比其他指标更具有临床意义^[23]。而频域指标则广泛应用于肌肉疲劳的检测,反映了局部肌肉的疲劳程度^[24],MF 为肌肉收缩过程中肌纤维放电频率的中间值,在疲劳时随时间向低频转移,与疲劳的发展过程具有密切相关性。

本研究根据 HTO 手术切口位置和腧穴的解剖学特征进行测试肌肉的选择。伏兔、血海及梁丘 3 穴均位于股前区,针刺此 3 穴受影响最大的肌肉为股

四头肌,研究表明,膝关节术后股四头肌肌力会显著下降,日久甚至导致失用性肌肉萎缩^[25-28]。HTO 归属于膝关节周围截骨术,因此股四头肌的肌肉状态是术后康复的关键因素,但股中间肌位于深层不易被检测,所以选择位于浅层的 RF、VM、VL 3 块肌肉作为测试肌肉。然而 HTO 与膝关节置换等手术又有一定区别,属于“保膝”手术,切口位于胫骨近端,术后髌骨下部的疼痛和肿胀最为明显,因此小腿肌群的性能同样重要^[29]。本研究在小腿部的选穴为三阴交和悬钟,其中三阴交所对应的肌腹体积较小且胫骨后肌又位于深层,力学数据不易被采集,因此未在此部位选取测试肌肉。悬钟位于腓骨长、短肌上,其中 PL 位于浅层,力学数据更易被采集,所以选择其为测试肌肉之一。解溪位于足背部,下有腓深神经分布,可支配小腿前方的肌群,针刺本穴可以引起小腿前区肌肉收缩,且 TA 肌腹体积相对较大且位于浅层,便于数据采集,因此将其纳入测试^[30]。综上,最终本研究选择了 RF、VM、VL、TA 及 PL 共 5 块肌肉作为检测肌肉。

HTO 术后局部软组织呈气血不畅、筋失濡养、筋脉挛缩状态,主要的病理因素为瘀血。本研究选取伏兔、梁丘、血海、三阴交、悬钟及解溪为针刺穴位,其中伏兔、梁丘与解溪均归属于多气多血的足阳明胃经,因此针刺此三穴具有调和气血、疏散局部瘀滞之效;悬钟为髓会,具有益髓强骨、舒筋通络的功效,专治筋脉失养的肢体经络疾病;血海归属于足太阴脾经,因善治诸血症而得名,具有祛瘀通经的功效;三阴交为利湿消肿要穴,常用来治疗下肢肿胀、小便不利等水液代谢异常的疾病,因此三阴交与血海配伍,可加强活血利水、通经活络之效。“凡刺之要,官针最妙”,《黄帝内经》认为根据疾病的部位和性质,选择适合的刺法和深度是针刺疗法的关键所在,而本试验所选取的多向刺法由古针刺法中关刺及合谷刺发展而来,临床应用可加强散瘀活络、柔筋通脉之功,从而加速肢肢“筋复其柔”的过程。研究结果表明,治疗 2 个疗程后,治疗组各测试肌肉的 F、D 及 S 值均低于对照组,提示治疗组各测试肌肉的弹性高于对照组,内部压力状态及硬度低于对照组,说明针刺疗法改善 HTO 术后肌肉内部压力、肌弹性及硬度的效果更加

显著。而 iEMG 值和 MF 值均高于对照组,提示治疗组各测试肌肉的收缩能力高于对照组,疲劳程度低于对照组,说明针刺疗法可促进 HTO 术后肌力的恢复,同时能够有效降低术后肌肉的疲劳程度。因此可知,针刺可缓解 HTO 术后下肢肌群的内部压力,调节肌肉弹性及硬度,改善肌肉募集程度及运动性疲劳,从而发挥“柔筋止痛”的作用,这可能是该针刺疗法促进 HTO 术后膝关节康复的起效途径。

参考文献:

- [1] 梁庆晨,孙凤龙,郭恒冰,等. 加速康复外科在胫骨高位截骨术中的应用效果[J]. 实用骨科杂志,2023,29(5):460-464.
- [2] MARTÍNEZ DE ALBORNOZ P, LEYES M, FORRIOL F, et al. Opening wedge high tibial osteotomy: plate position and biomechanics of the medial tibial plateau[J]. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2014, 22(11): 2641-2647.
- [3] 王春久,田向东,谭冶彤,等. 单平面胫骨高位截骨术治疗内翻型膝关节炎合并内侧半月板后根损伤的临床疗效[J]. 中国骨伤,2024,37(9):886-892.
- [4] 李元浩,陈彦飞,秦伟凯,等. 中医“筋”的解剖实质探析[J]. 陕西中医,2019,40(3):374-377.
- [5] 秦路峰,焦丰叶,彭玲,等. 骨折术后应用综合康复训练联合针灸治疗的应用进展[J]. 青岛医药卫生,2023,55(2): 157-159.
- [6] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J]. 中华骨科杂志,2018,38(12):705-715.
- [7] CANALE ST, BEATY JH. 坎贝尔骨科手术学. 第1卷[M]. 14版. 唐佩福,王岩,卢世璧,主译. 北京:北京大学医学出版社,2023:419-424.
- [8] 刘永阔,秦丽娜,顾永健,等. 针刺促进胫骨高位截骨术后膝关节肿痛及功能恢复疗效观察[J]. 国医论坛,2025,40(4):30-34.
- [9] 戴国钢. 从生物力学角度探析筋的特性及慢性筋骨病的病理过程与临床处理策略[J]. 上海中医药杂志,2021,55(12):12-16.
- [10] 栾莎,马振贤,吕豪,等. 筋膜、经筋理论指导的面部针刺配合平衡针治疗急性期周围性面瘫的临床疗效分析[J]. 云南中医药大学学报,2024,47(4):36-40.
- [11] 班林强,秦伟凯,魏光成,等. 基于筋束骨理论探讨理筋动髓手法治疗髌股关节炎[J]. 北京中医药大学学报,2022,45(8):855-859.
- [12] 李航,张日初,周志见,等. 用 Myoton 技术评价肌肉特性在体育学中的应用[J]. 四川体育科学,2019,38(5): 33-39.
- [13] BOS I, WYNIA K, ALMANSA J, et al. The prevalence and severity of disease-related disabilities and their impact on quality of life in neuromuscular diseases[J]. Disability and Rehabilitation, 2019, 41(14): 1676-1681.
- [14] MANDARAKAS MR, YOUNG P, BURNS J. Neuromuscular rehabilitation-what to do[J]. Current Opinion in Neurology, 2021, 34(5): 697-705.
- [15] FRÜHLICH-ZWAHLEN A K, CASARTELLI N C, ITEM-GLATTHORN JF, et al. Validity of resting myotonometric assessment of lower extremity muscles in chronic stroke patients with limited hypertonia: a preliminary study[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2014, 24(5): 762-769.
- [16] ALEV K, VAIN A, ARU M, et al. Glucocorticoid-induced changes in rat skeletal muscle biomechanical and viscoelastic properties: aspects of aging[J]. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 2018, 41(1): 19-24.
- [17] DO Y, LALL PS, LEE H. Assessing the effects of aging on muscle stiffness using shear wave elastography and myotonometer[C]. Healthcare. 2021, 9(12): 1733.
- [18] 李亚鹏,冯亚男,朱毅,等. 基于新型肌肉定量评估仪分析影响小腿三头肌硬度的因素[J]. 中国康复理论与实践, 2018, 24(4): 442-446.
- [19] 吴佳涛,陈国茜,许学猛,等. MyotonPRO 用于评估健康青年人股四头肌肌肉弹性的信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(1): 57-62.
- [20] MASAKI M, AOYAMA T, MURAKAMI T, et al. Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers[J]. Clinical Biomechanics, 2017, 49: 128-133.
- [21] KOPPENHAVER S, GAFFNEY E, OATES A, et al. Lumbar muscle stiffness is different in individuals with low back pain than asymptomatic controls and is associated with pain and disability, but not common physical

- examination findings[J]. *Musculoskeletal Science and Practice*, 2020, 45:102078.
- [22] 李捷婷,陈耿钊,方倩颖,等. 基于多通道表面肌电探讨不同角速度下膝关节炎患者生物力学基础的研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2024, 39(2):218-225.
- [23] SUN J, LIU G, SUN Y, et al. Application of surface electromyography in exercise fatigue: a review[J]. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2022, 16:893275.
- [24] QASSIM HM, HASAN WZW, RAMLI HR, et al. Proposed fatigue index for the objective detection of muscle fatigue using surface electromyography and a double-step binary classifier[J]. *Sensors*, 2022, 22(5):1900.
- [25] 杨鑫,李九群,秦美容. 前交叉韧带重建术病人股四头肌萎缩影响因素及护理进展[J]. *护理研究*, 2023, 37(12):2203-2207.
- [26] 李伟华,邹泽辉,刘序强,等. 神经肌肉电刺激对全膝关节置换术后功能康复的 Meta 分析[J]. *南昌大学学报(医学版)*, 2023, 63(3):20-25.
- [27] HIYAMA Y, WADA O, NAKAKITA S, et al. Joint awareness after total knee arthroplasty is affected by pain and quadriceps strength[J]. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 2016, 102(4):435-439.
- [28] BRIGHTWELL B D, VAN WYNGAARDEN J J, SAMAN M A, et al. Factors associated with long-term quadriceps muscle function after surgical fixation of lower extremity fractures[J]. *Physical Therapy*, 2023, 103(10):pzd108.
- [29] 刘璐萍,许福生. 血府逐瘀汤治疗胫腓骨骨折早期肿胀临床疗效观察[J]. *湖北中医杂志*, 2021, 43(7):12-14.
- [30] 陈有荣,万伏银,郭万首,等. 初次全膝关节置换后的腓总神经损伤:危险因素及防治策略研究现状[J]. *中国组织工程研究*, 2016, 20(35):5301-5308.

(收稿日期:2025-01-13)