

不同收缩方式的血流限制训练对膝关节骨性关节炎患者股内侧肌功能及形态学的影响观察

李鹏程¹, 俸玉², 陈小霞¹, 陈岳峰³, 李维仁¹, 黄丽¹, 姚娜¹

基金项目: 昆明市卫生健康委员会卫生科研课题项目(编号:2021-16-01-004); 云南省科技厅-中医药基础研究联合专项(编号: 202301AZ070001-154)

作者单位: 1. 昆明市中医医院康复医学科, 云南 650505; 2. 云县中医医院康复医学科, 临沧 675803; 3. 昆明市中医医院超声医学科, 云南 650505

第一作者: 李鹏程, 大学本科, 理学学士, 副主任康复治疗技师, 研究方向: 中西医结合康复治疗。E-mail: 337819704@qq.com

通信作者: 姚娜, 医学硕士, 康复治疗技师, 研究方向: 中西医结合康复治疗。E-mail: 1136939624@qq.com

[摘要] **目的** 观察不同收缩方式的血流限制(BFR)训练对膝关节骨性关节炎(KOA)患者股内侧肌(VMO)功能及形态学的影响。**方法** 招募2021年6月至2023年6月昆明市中医医院收治的KOA患者108例, 采用随机数字表法将其分为A观察组、B观察组和对照组, 每组36例。对照组采用VMO等张收缩训练, A观察组采用VMO等长收缩结合BFR训练, B观察组采用VMO等张收缩结合BFR训练。比较三组治疗前后视觉模拟量表(VAS)评分、大腿围度、VMO厚度以及VMO肌电值[包括均方根(RMS)值和积分肌电(iEMG)值]。**结果** 在治疗3周后, 三组左膝及右膝VAS评分与治疗前相比均显著降低($P < 0.05$), 左、右大腿围度、VMO厚度、iEMG值和RMS值与治疗前相比均显著上升($P < 0.05$), 且B观察组和A观察组的指标改善情况优于对照组($P < 0.05$), 以B观察组指标改善更显著($P < 0.05$)。**结论** BFR训练能有效改善KOA患者的关节疼痛, 增加VMO厚度和大腿围度。在低负荷BFR条件下, 等张收缩训练的康复治疗效果优于等长收缩训练。

[关键词] 血流限制训练; 膝关节骨性关节炎; 等长收缩; 等张收缩; 股内侧肌

[中图分类号] R 493 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2024)03-0318-05

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2024.03.14

Observation on the effects of blood flow restriction training with different contraction modes on the function and morphology of vastus medialis oblique in patients with knee osteoarthritis Li Pengcheng¹, FENG Yu², CHEN Xiaoxia¹, CHEN Yuefeng³, LI Weiren¹, HUANG Li¹, YAO Na¹. 1. Department of Rehabilitation Medicine, Kunming Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Yunnan 650505, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, the TCM Hospital of Yunxian County, Lincang 675803, China; 3. Department of Ultrasonic Medicine, Kunming Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Yunnan 650505, China

[Abstract] **Objective** To observe the effects of blood flow restriction(BFR) training with different contraction modes on the function and morphology of vastus medialis oblique(VMO) in patients with knee osteoarthritis(KOA). **Methods** A total of 108 patients with KOA who were admitted to Kunming Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine from June 2021 to June 2023 were recruited and divided into observation group A, observation group B and control group by using random number table method, with 36 cases in each group. The control group received isotonic contraction training of VMO, and the observation group A received isometric contraction training of VMO combined with BFR training, and the observation group B received isotonic contraction training of VMO combined with BFR training. Visual Analogue Scale(VAS) scores, thigh circumference, VMO thickness, and VMO electromyographic values[including root-mean-square(RMS) value and integrated electromyography(iEMG)] were compared among the three groups before and after treatment. **Results** After 3 weeks of treatment, VAS scores of the left knee and the right knee in the three groups were significantly decreased compared with those before treatment($P < 0.05$), and the circumferences of the left thigh and the right thigh, VMO thickness, iEMG value and RMS value were significantly increased compared with those before treatment($P < 0.05$), and the improvements of the indicators in the observation group B and the observation

group A were better than those in the control group($P<0.05$), and the indicators in the observation group B were more significantly improved($P<0.05$). **Conclusion** BFR training can effectively improve joint pain, increase VMO thickness and thigh circumference in KOA patients. Under the condition of low load BFR, the rehabilitation treatment effect of isotonic contraction training is better than that of isometric contraction training.

[**Key words**] Blood flow restriction(BFR) training; Knee osteoarthritis(KOA); Isometric contraction; Isotonic contraction; Vastus medialis oblique(VMO)

膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是一种慢性退行性疾病,常发生于中老年人,以膝关节软骨及周围软组织受累为主,其临床症状主要为膝关节疼痛、肿胀、活动受限,以及肌萎缩、肌无力等^[1]。随着人口老龄化加剧,KOA 发病率呈逐年上升趋势。近年我国的调查数据显示,症状性 KOA 的人群患病率达 8.1%^[2]。因此,有效防治 KOA 不仅可以改善中老年人的生活质量,还可以减轻社会经济负担。血流限制(blood flow restriction, BFR)训练是一种新型训练方法,在训练过程中佩戴加压装置以限制肢体静脉血回流,通过减少肢体动脉血灌注来刺激机体产生一系列反应,从而达到增加肌肉体积、提升肌肉力量的效果^[3-4]。在 BFR 作用下,仅需一次重复最大重量(one-repetition maximum, 1RM)的 20%~30%

便能增强肌肉力量,提高肌肉适应性^[5-6]。本研究旨在通过表面肌电分析系统、超声仪等技术方法比较 BFR 训练、等长训练、等张训练对 KOA 患者股内侧肌(vastus medialis oblique, VMO)功能及形态学的影响差异,为临床治疗 KOA 提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象 招募 2021 年 6 月至 2023 年 6 月昆明市中医医院收治的 KOA 患者 108 例, KOA Kellgren-Lawrence X 线分级(KOA K-L 分级)为 2~4 级,采用随机数字表法将其分为 A 观察组、B 观察组和对照组,每组 36 例。三组基线资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1,具有可比性。本研究获昆明市中医医院医学伦理委员会审查批准,研究对象签署知情同意书。

表 1 三组基线资料比较[$(\bar{x}\pm s)$, $n(\%)$]

组 别	例数	性别		年龄 (岁)	左膝 KOA K-L 分级			右膝 KOA K-L 分级		
		男	女		2	3	4	2	3	4
A 观察组	36	5(13.89)	31(86.11)	64.88±1.48	13(36.11)	14(38.89)	9(25.00)	10(27.78)	12(33.33)	14(38.89)
B 观察组	36	6(16.67)	30(83.33)	67.85±9.37	12(33.33)	16(44.44)	8(22.22)	13(36.11)	13(36.11)	10(27.78)
对照组	36	10(27.78)	26(72.22)	63.47±10.29	13(36.11)	10(27.78)	13(36.11)	11(30.56)	13(36.11)	12(33.33)
χ^2/H		2.483		1.846		0.407			1.051	
P		0.289		0.163		0.816			0.591	

1.2 纳入、排除和剔除标准 纳入标准:(1)符合《中国骨关节炎诊疗指南(2021 年版)》^[7]中关于 KOA 的诊断标准;(2)双膝 KOA K-L 分级为 2~4 级;(3)年龄 40~75 岁。排除标准:(1)合并类风湿性关节炎、膝关节结核、膝关节肿瘤、关节内骨折或代谢性骨病者;(2)合并严重心脑血管疾病、肝肾功能不全或造血系统疾病者;(3)合并精神类疾病者;(4)有 BFR 训练禁忌证。剔除标准:(1)依从性差,不能按时接受治疗或同时接受其他治疗;(2)发生严重不良反应,不能继续接受治疗。

1.3 治疗方法

1.3.1 对照组 采用 VMO 等张收缩训练。患者取仰卧位,膝关节下垫三角垫,保持膝关节屈曲 30°,在踝关节处施加 30% 1RM 负荷,嘱患者用力伸直膝关节,并保持 30 s 后放下。30 次/组,组间休息 10 s,每天共训练 3 组,每周治疗 5 次,持续治疗 3 周。

1.3.2 A 观察组 采用 VMO 等长收缩结合 BFR 训

练的治疗方案。下肢动脉闭塞压(lower limb arterial occlusion pressure, LOP)测量^[8]:患者取仰卧位,用 Theratools 血流限制带(型号:下肢大腿训练带,109 cm×10 cm)缠绕于大腿近端,将 GE 超声仪(型号:LOGIQ fortis,美国通用电气)探头置于足背动脉处,将血流限制训练带加压充气至超声屏幕显示足背动脉血流完全闭塞,随后放气至血流出现的瞬间,此时血流限制训练带的压力值即 LOP。将血流限制训练带缠绕于大腿近端,加压至 60% LOP 并持续,随后开始 VMO 等长收缩训练:患者取仰卧位,在膝关节下方放置 4~5 cm 高软枕,嘱患者用力下压软枕收缩 VMO 并保持 90 s,30 次/组,组间休息 10 s,每天共训练 3 组,每周治疗 5 次,持续治疗 3 周。

1.3.3 B 观察组 采用 VMO 等张收缩结合 BFR 训练。将血流限制训练带缠绕于大腿近端,加压至 60% LOP 并持续,随后开始 VMO 等张收缩训练,训练方案与对照组相同。

1.4 观察指标 于治疗前及治疗3周后观察以下指标:(1)疼痛评分。采用视觉模拟量表(Visual Analogue Scale,VAS)评分进行评估,总分10分,评分越高提示疼痛感越强。(2)大腿围度。患者取仰卧舒适体位,应用软尺在大腿1/2处测量肌肉围度。(3)VMO厚度。患者取仰卧舒适体位,采用GE超声仪测量VMO厚度。测量位置:取大腿远端髌骨上缘至髌前上棘连线1/5处,并向内横向移动至大腿围度的1/8处,在此所获得的超声图像上测量浅层筋膜与深层筋膜之间的垂直距离即VMO厚度。(4)VMO肌电值。采用表面肌电分析系统(型号:SA7550,加拿大Thought Technology)测量VMO的均方根(root-mean-square,RMS)值和积分肌电(integrated electromyography,iEMG)值。患者取仰卧位,沿着肌纤维方向将表面肌电电极贴于VMO肌腹两端,参考电极贴于腓骨头表面皮肤,

嘱患者行VMO等张收缩活动,记录RMS值和iEMG值,数值越高,提示肌肉募集越多,收缩强度越大。

1.5 统计学方法 应用SPSS 23.0统计软件进行数据分析。正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用LSD-*t*检验;同组治疗前后比较采用配对*t*检验。计数资料以例数(百分率)[*n*(%)]表示,组间比较采用 χ^2 检验。*P*<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组治疗前后左膝及右膝VAS评分比较 在治疗后,三组左膝及右膝VAS评分与治疗前相比均显著降低(*P*<0.05)。A观察组和B观察组的左膝及右膝VAS评分均低于对照组,且B观察组评分更低,差异有统计学意义(*P*<0.05),见表2。

表2 三组治疗前后左膝及右膝VAS评分比较[($\bar{x} \pm s$),分]

组别	例数	左膝VAS评分		右膝VAS评分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
A观察组	36	5.42±0.73	2.97±0.74 [#]	5.39±0.60	2.94±0.63 [#]
B观察组	36	5.14±0.64	2.67±0.59 ^{a#}	5.06±0.75	2.56±0.56 ^{a#}
对照组	36	5.36±0.54	3.33±0.48 ^{ab#}	5.22±0.72	3.31±0.67 ^{ab#}
<i>F</i>		1.883	10.802	2.072	13.158
<i>P</i>		0.157	<0.001	0.131	<0.001

注:与A观察组比较,^a*P*<0.05;与B观察组比较,^b*P*<0.05;与同组治疗前比较,[#]*P*<0.05

2.2 三组治疗前后左、右大腿围度比较 治疗后,三组左、右大腿围度与治疗前相比均显著增大(*P*<0.05)。A观察组和B观察组的左、右大腿围度均

大于对照组,且B观察组围度更大,差异有统计学意义(*P*<0.05),见表3。

表3 三组治疗前后左、右大腿围度比较[($\bar{x} \pm s$),cm]

组别	例数	左大腿围度		右大腿围度	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
A观察组	36	41.10±4.63	46.32±5.02 [#]	42.23±5.07	46.36±4.09 [#]
B观察组	36	40.90±4.18	48.81±5.25 ^{a#}	42.88±4.15	49.66±4.52 ^{a#}
对照组	36	40.87±3.28	43.96±3.99 ^{ab#}	42.58±4.94	44.19±4.18 ^{ab#}
<i>F</i>		0.032	9.237	0.249	15.007
<i>P</i>		0.968	<0.001	0.780	<0.001

注:与A观察组比较,^a*P*<0.05;与B观察组比较,^b*P*<0.05;与同组治疗前比较,[#]*P*<0.05

2.3 三组治疗前后左、右腿VMO厚度比较 治疗后,三组左、右腿VMO厚度与治疗前相比均显著增加(*P*<0.05)。A观察组和B观察组的左、右腿VMO

厚度均大于对照组,且B观察组VMO厚度更大,差异有统计学意义(*P*<0.05),见表4。

表4 三组治疗前后左、右腿VMO厚度比较[($\bar{x} \pm s$),cm]

组别	例数	左腿VMO厚度		右腿VMO厚度	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
A观察组	36	1.49±0.30	1.64±0.27 [#]	1.49±0.24	1.64±0.20 [#]
B观察组	36	1.50±0.28	1.75±0.22 ^{a#}	1.50±0.31	1.75±0.29 ^{a#}
对照组	36	1.45±0.21	1.52±0.17 ^{ab#}	1.45±0.24	1.52±0.24 ^{ab#}
<i>F</i>		0.485	9.212	0.437	7.957
<i>P</i>		0.617	<0.001	0.647	0.001

注:与A观察组比较,^a*P*<0.05;与B观察组比较,^b*P*<0.05;与同组治疗前比较,[#]*P*<0.05

2.4 三组治疗前后左、右腿 VMO 的 iEMG 值、RMS 值比较 在治疗后,三组左、右腿 VMO 的 iEMG 值和 RMS 值与治疗前相比均显著增加($P<0.05$)。A 观

察组和 B 观察组的左、右腿的 iEMG 值和 RMS 值均大于对照组,且 B 观察组的指标数值更大,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 5、表 6。

表 5 三组治疗前后左、右腿 VMO 的 iEMG 值比较[$(\bar{x}\pm s)$, $\mu V\cdot s$]

组 别	例数	左腿 VMO 的 iEMG 值		右腿 VMO 的 iEMG 值	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
A 观察组	36	5163.19 $\pm$ 1044.19	5786.33 $\pm$ 710.70 [#]	5264.39 $\pm$ 1066.15	5768.08 $\pm$ 794.22 [#]
B 观察组	36	5002.03 $\pm$ 1120.60	6134.42 $\pm$ 805.54 ^{a#}	5109.39 $\pm$ 847.00	6167.44 $\pm$ 830.68 ^{a#}
对照组	36	5009.03 $\pm$ 1067.77	5430.41 $\pm$ 629.92 ^{ab#}	4951.28 $\pm$ 783.86	5383.81 $\pm$ 640.52 ^{ab#}
<i>F</i>		0.774	8.629	1.072	9.579
<i>P</i>		0.257	<0.001	0.346	<0.001

注:与 A 观察组比较,^a $P<0.05$;与 B 观察组比较,^b $P<0.05$;与同组治疗前比较,[#] $P<0.05$

表 6 三组治疗前后左、右腿 VMO 的 RMS 值比较[$(\bar{x}\pm s)$, μV]

组 别	例数	左腿 VMO 的 RMS 值		右腿 VMO 的 RMS 值	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
A 观察组	36	78.69 $\pm$ 12.25	86.08 $\pm$ 11.15 [#]	77.08 $\pm$ 9.83	84.94 $\pm$ 8.01 ^{a#}
B 观察组	36	76.56 $\pm$ 13.60	92.22 $\pm$ 12.45 ^{a#}	75.31 $\pm$ 9.38	89.61 $\pm$ 10.90 ^{a#}
对照组	36	74.78 $\pm$ 9.91	79.00 $\pm$ 11.33 ^{ab#}	75.19 $\pm$ 11.71	79.31 $\pm$ 10.05 ^{ab#}
<i>F</i>		0.959	11.600	0.377	10.125
<i>P</i>		0.387	<0.001	0.687	<0.001

注:与 A 观察组比较,^a $P<0.05$;与 B 观察组比较,^b $P<0.05$;与同组治疗前比较,[#] $P<0.05$

3 讨论

3.1 肌萎缩、肌无力是 KOA 患者肌肉功能障碍的主要特征性表现。有研究显示,KOA 患者股四头肌肌力衰退程度明显大于正常老年人,导致肌肉收缩速度减慢,收缩力量减弱,运动时神经支配效率下降^[9]。因此,在针对 KOA 患者的运动训练中,股四头肌肌力增强训练可在一定程度上控制疾病进展,改善患者临床症状及膝关节功能。在股四头肌的 4 个组成部分中,VMO 最为重要,特别在伸膝运动的最后阶段得到体现。于丽丽等^[10]通过肌骨超声评估中老年女性 KOA 患者早期膝关节周围肌肉结构变化,结果发现 VMO 厚度变薄,VMO 和股外侧肌力量失衡。由此可见,VMO 对膝关节起稳定作用,增强 VMO 肌力能有效预防 KOA 发病。本研究结果显示,经过 3 周 VMO 肌力训练后,三组患者膝关节 VAS 评分、VMO 厚度、大腿围度,以及 VMO 的 iEMG 值和 RMS 值与治疗前相比均得到改善,证明 VMO 肌力训练有利于减轻 KOA 患者关节疼痛,增加 VMO 厚度,提高膝关节功能。

3.2 根据肌肉收缩方式不同,肌力训练分为等长收缩训练和等张收缩训练。等长收缩训练能有效预防肌肉废用性萎缩,但在训练过程中缺乏关节活动的刺激,对增强肌肉力量、肌围度的效果不够理想。等张训练能够有效改善肌肉萎缩,促使肌纤维增粗肥大,增强肌围度、肌肉力量及肌耐力,但在训练时需

要不断增加抗阻负荷^[11-12]。根据美国运动医学学院建议,传统肌力训练的抗阻力负荷最少要达 60%~80% 1RM^[13]。基于 KOA 疾病特点,大负荷抗阻力训练会加重关节软骨磨损及引起关节疼痛、肿胀等,导致患者对运动训练的依从性降低。BFR 训练起源于日本 Yoshiaki Soto 医师的加压训练法,其以较小负荷便能达到增强肌力、肌耐力及增大肌肉横截面积的效果,训练效果与传统肌力训练相当^[14]。Ferraz 等^[15]对 KOA 患者进行 12 周低负荷 BFR 训练后,股四头肌 1RM 增加 23%,股四头肌横截面积增加 7%。另外,秦蓓瑛和强乙^[16]的研究显示,BFR 训练联合低负荷抗阻训练可增强老年 KOA 患者股四头肌力量,显著改善膝关节功能和步行能力。本研究采用 30% 1RM 的负荷,60% LOP,在持续性加压下进行等张收缩训练和等长收缩训练,结果显示,等张收缩结合 BFR 训练组和等长收缩结合 BFR 训练组在大腿围度、VMO 厚度方面均较治疗前改善,且等张收缩结合 BFR 训练组的治疗效果更优。这可能与 BFR 的肌肉缺血和代谢压力作用机制有关,BFR 训练后肌内及血液内代谢产物积累导致乳酸浓度升高,血液内酸性环境会刺激生长激素(growth hormone,GH)分泌,同时,肌内乳酸浓度也会促进 GH 和类胰岛素生长因子-1(insulin-like growth factor-1,IGF-1)分泌,促进肌肉生长^[17]。持续加压会带来更高的代谢压力,造成更多代谢产物堆积^[18]。有研究显示,BFR 可通过激活磷脂酰肌

醇-3-激酶(phosphatidylinositol-3-kinase, PI3K)/蛋白激酶B(protein kinase B, AKT)/哺乳动物雷帕霉素靶点(mammalian target of rapamycin, mTOR)信号通路促进肌肉生长^[19]。BFR也能抑制肌细胞泛素蛋白水解路径,使叉头蛋白O3A(forkhead box transcription factor 3A, FOXO3A)、泛蛋白连接酶atrogen-1及MuRF-1表达水平下调,促使肌肉增大^[20]。另外,在BFR作用下肌肉乳酸代谢产物的累积会抑制慢肌纤维运动神经元供应通道,使快肌纤维的募集增加,在机械压力作用下肢体等张收缩,使得缺血肢体肌电活动增加,诱发肌肉疲劳而募集更多快肌纤维参与运动,这可能是等张收缩训练的疗效优于等长收缩训练的原因。有研究报道,在60%~80% LOP的BFR作用下肌肉容积增加更显著,肌肉募集也相应增加^[21]。

3.3 在BFR训练中,缺血、缺氧环境可诱导机体释放类阿片、儿茶酚胺、大麻素等抑痛物质和降低痛觉敏感性物质,从而缓解疼痛^[22]。另外,BFR训练会产生条件性疼痛调节效应,通过内源性镇痛机制达到缓解疼痛的效果^[23]。本研究结果也显示,经过运动训练后,三组VAS评分均较治疗前改善,且VMO等张收缩结合BFR训练组的改善情况最佳,这可能与VMO肌力增强、激活肌肉适应性和膝关节稳定性增加等有关。

综上所述,BFR训练作为一种新型治疗方法,能有效改善KOA患者关节疼痛,增加VMO肌厚度、肌围度及肌肉募集能力。在低负荷BFR作用下,等张收缩训练在改善KOA患者疼痛和增加肌厚度及肌围度、肌肉募集能力方面优于等长收缩训练。

参考文献

- [1] 王宏润,李宏宇,金先跃,等.体外冲击波联合中药独活寄生汤治疗膝关节骨性关节炎的临床研究[J].中国临床新医学,2020,13(1):52-56.
- [2] 保录景,赵亮,祁永红,等.青鹏软膏联合针刺推拿治疗青藏地区膝关节炎患者的临床效果研究[J].中国医药,2023,18(9):1396-1400.
- [3] 何穗,汪菊培,吴礼,等.血流限制训练的生理机制与应用进展[J].医学新知,2023,33(2):143-148.
- [4] 曾文娣.低负荷血流限制训练使肌肉肥大的临床研究回顾[J].按摩与康复医学,2021,12(20):38-40.
- [5] 卫星,刘书芳,毛宁.血流限制训练修复膝关节疾病的作用与价值[J].中国组织工程研究,2022,26(5):774-779.
- [6] 潘玮敏,王兵,韩亚兵,等.血流限制训练对老年人肌肉力量、质量和躯体能力改变影响的Meta分析[J].中国组织工程研究,2023,27(5):805-812.
- [7] 中华医学会骨科学分会关节外科学组,中国医师协会骨科医师分会骨关节炎学组,国家老年疾病临床医学研究中心(湘雅医院),等.中国骨关节炎诊疗指南(2021年版)[J].中华骨科杂志,2021,41(18):1291-1314.
- [8] 毛宁,刘书芳,卫星.血流限制训练在老年人中的应用研究进展[J].中国老年保健医学,2020,18(6):117-121.
- [9] 马淑敏,高谦,徐峰,等.膝关节炎患者股四头肌功能水平及髌关节步态运动学特征分析[J].中国康复,2023,38(6):345-349.
- [10] 于丽丽,黄秋晨,崔志刚,等.中老年女性早期膝关节炎的肌肉结构参数特征分析[J].中国康复理论与实践,2023,29(3):356-363.
- [11] 彭晓静,董心,钟连超,等.不同训练方式对膝关节炎患者姿势稳定性研究探讨[J].中国康复,2020,35(5):269-272.
- [12] 黄梁江,史巍巍,陆敏.膝关节炎性关节炎的康复治疗新进展[J].中国康复,2022,37(4):252-256.
- [13] 黄钰颖,闵红巍,刘克敏.骨骼肌影响膝关节炎的研究进展[J].实用骨科杂志,2022,28(12):1089-1092.
- [14] 李鹏程,姚娜,陈岳峰,等.低负荷血流限制训练在康复治疗中的应用价值探讨[J].按摩与康复医学,2023,14(9):8-13,17.
- [15] Ferraz RB, Gualano B, Rodrigues R, et al. Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis[J]. Med Sci Sports Exerc, 2018,50(5):897-905.
- [16] 秦蓓瑛,强乙.血流限制联合低负荷抗阻训练对膝关节骨性关节炎患者肌肉功能和步行功能的影响[J].中国骨与关节损伤杂志,2022,37(12):1305-1308.
- [17] Ilett MJ, Rantalainen T, Keske MA, et al. The effects of restriction pressures on the acute responses to blood flow restriction exercise[J]. Front Physiol, 2019,10:1018.
- [18] Sinclair P, Kadhum M, Paton B. Tolerance to intermittent vs. continuous blood flow restriction training: a meta-analysis[J]. Int J Sports Med, 2022,43(1):3-10.
- [19] Martín AI, Gómez-SanMiguel AB, Priego T, et al. Formoterol treatment prevents the effects of endotoxin on muscle TNF/NF- κ B, Akt/mTOR, and proteolytic pathways in a rat model. Role of IGF-I and miRNA 29b[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2018,315(4):E705-E714.
- [20] Yang Q, Li Y, Zhang X, et al. Zacl/GPR39 phosphorylating CaMK-II contributes to the distinct roles of Pax3 and Pax7 in myogenic progression[J]. Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis, 2018,1864(2):407-419.
- [21] 苏国柏,李紫荆,孙嘉伟,等.血流限制训练法的研究阻碍及对老年人群的干预效益[J].中国老年学杂志,2023,43(4):997-1002.
- [22] 李新通,潘玮敏,覃华生,等.血流限制训练:加速肌肉骨骼康复的新方法[J].中国组织工程研究,2019,23(15):2415-2420.
- [23] Zaremba M, Martin J, Fyock-Martin M. Does blood flow restriction resistance training improve knee-extensor strength, function, and reduce patient-reported pain? A critically appraised topic[J]. J Sport Rehabil, 2022,31(1):105-110.

[收稿日期 2023-11-07][本文编辑 余军 吕文娟]

本文引用格式

李鹏程,俸玉,陈小霞,等.不同收缩方式的血流限制训练对膝关节骨性关节炎患者股内侧肌功能及形态学的影响观察[J].中国临床新医学,2024,17(3):318-322.