

· 基础研究 ·

开放获取

不同时长锻炼对膝关节等速肌力的影响[△]

郑松¹, 陈铭¹, 柯竟悦¹, 沈书泓¹, 郑伟亮¹, 林震¹, 沈晓燕¹, 郭洁梅^{2, 3*}

(1. 福建卫生职业技术学院医学院, 福建福州 350101; 2. 福建中医药大学中医学院, 福建福州 350122;
3. 中医骨伤及运动康复教育部重点实验室, 福建福州 350122)

摘要: [目的] 观察不同时长锻炼对膝关节屈伸肌群等速肌力的影响。[方法] 选取在校大学生 54 人纳入本研究, 采用随机数字法, 将研究对象分为, 10 s 组 11 人、15 s 组 11 人、20 s 组 11 人、25 s 组 10 人、30 s 组 11 人。分别给予相应时长的膝关节功法锻炼, 持续 12 周。采用 Biodex S4 等速测试系统, 测试锻炼前与锻炼 12 周后, 在角速度 60°/s 和 180°/s 的峰值力矩 (peak torque, PT)、相对峰值力矩 (peak torque / body weight, PT/BW)、平均功率 (average power, AP) 及屈伸肌比值 (hamstring / quadriceps, H/Q)。[结果] 与锻炼前相比, 锻炼 12 周后在 60°/s 角速度下伸肌群测试, 五组的 PT、PT/BW 均显著提高 ($P < 0.05$), 10 s 组、15 s 组、20 s 组和 30 s 组的 AP 显著提高 ($P < 0.05$); 在 180°/s 角速度下, 10 s、20 s、30 s 组的 PT、PT/BW 和 AP 显著提高 ($P < 0.05$); 其中 20 s 组和 30 s 组的变化最为显著。组间比较, 相应时间点五组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。在 60°/s 角速度下, 10 s 组、15 s 组、20 s 组、30 s 组屈肌测试 PT、PT/BW 均显著提高 ($P < 0.05$), 15 s 组、20 s 组、30 s 组 AP 显著提高 ($P < 0.05$); 在 180°/s 角速度下, 10 s 组、20 s 组、30 s 组 PT、PT/BW、AP 显著提高 ($P < 0.05$)。各组锻炼前后 H/Q 无显著变化 ($P > 0.05$), 相应时间点, 五组间 H/Q 的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。[结论] 传统功法锻炼有助于改善膝关节屈伸肌群最大肌力、爆发力及肌耐力。其中, 时长为 20 s 及 30 s 的锻炼, 对于膝关节屈伸肌力改善效果最显著。

关键词: 膝关节, 传统功法锻炼, 屈伸肌力, 等速力量测试

中图分类号: R687 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 21-1980-07

Effects of different duration of exercise on isokinetic muscle strength around knee // ZHENG Song¹, CHEN Ming¹, KE Jing-yue¹, SHEN Shu-hong¹, ZHENG Wei-liang¹, LIN Zhen¹, SHEN Xiao-yan¹, GUO Jie-mei^{2,3}. 1. School of Medicine, Fujian Health College, Fuzhou, Fujian 350101, China; 2. College of Traditional Chinese Medicine, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, Fujian 350122, China. 3. Key Laboratory of Orthopedics and Traumatology of Traditional Chinese Medicine and Rehabilitation, Ministry of Education, Fuzhou, Fujian 350122, China

Abstract: [Objective] To observe the effects of different duration of exercise on the isokinetic strength of knee extensor and flexor. [Methods] A total of 54 college students were included into this study and divided into 5 groups by random number method. Of them, 11 persons were in the 10-second group, 11 in the 15-second group, 11 in the 20-second group, 10 in the 25-second group and 11 in the 30-second group, and corresponding duration of knee exercises conducted for 12 weeks. The Biodex S4 isokinetic test system was used to measure peak torque (PT), relative peak torque (peak torque / body weight, PT/BW), average power (AP) and hamstring / quadriceps (H/Q) at angular speeds of 60°/s and 180°/s before and 12 weeks after exercise. [Results] In term of extensor, the PT and PT/BW were significantly increased in all the 5 groups ($P < 0.05$), and AP were significantly increased in the 10-second group, 15-second group, 20-second group and 30 second group at 60°/s angular velocity 12 weeks after exercise compared with those before exercise ($P < 0.05$). Furthermore, the PT, PT/BW and AP were significantly increased in the 10-second group, 20-second group and 30-second group at 180°/s angular velocity ($P < 0.05$), with the most significant changes in the 20-second group and 30-second groups. There was no significant difference in the above indexes among the 5 groups at any corresponding time point ($P > 0.05$). In term of flexor, the PT and PT/BW were significantly increased in the 10-second group, 15-second group, 20-second group and 30 second groups ($P < 0.05$), and AP was significantly increased in the 15-second group, 20-second group and 30-second groups at 60°/s angular velocity ($P < 0.05$), while the PT, PT/BW and AP in 10-second, 20 second and 30-second groups were significantly increased at 180°/s angular velocity ($P < 0.05$). However, there were no significant changes in H/Q before and after exercise

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110609

△基金项目:福建省教育厅中青年骨干教师教育科研项目(编号:JAT191294);国家自然科学基金面上项目(编号:82474552)

作者简介:郑松,硕士研究生,讲师,研究方向:骨关节损伤康复,(电子信箱)284734339@qq.com

*通信作者:郭洁梅,(电子信箱)2023012@fjtem.edu.cn

in all the 5 groups ($P>0.05$), and there were no significant differences in H/Q among the five groups at any corresponding time points ($P>0.05$). [Conclusion] Traditional exercises does improve the maximum muscle strength, explosive power and muscle endurance of knee extensor and flexor. Among them, exercises lasting 20 seconds and 30 seconds have the most significant improvement in knee extensor and flexor strength.

Key words: knee joint, traditional exercises, flexion and extension, isokinetic strength test

膝关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 为最常见的骨关节退行性疾病, 我国 KOA 发生率为 8.1%^[1]。运动疗法是一种基础治疗方案, 其中中国传统功法锻炼, 如太极拳、八段锦等, 可有效缓解 KOA 疼痛, 增强膝关节功能, 已被众多指南支持推荐使用^[2, 3]。

本校康复研究团队从传统健身功法 (八段锦、太极拳、易筋经) 的招式中提炼整合了一套针对 KOA 的康复疗法“三步六式健膝功”, 在临床应用 10 余年并被证实具有一定的疗效^[4], 已被写入“十四五”本科规划教材《骨伤康复功法学》^[5]。从中医的理论机制分析, 该功法锻炼可起到理筋顺骨、强壮肢节、活血消肿、缓急止痛的功效。而从现代生物力学角度剖析, 其可能的作用机理包括增加下肢肌力、减轻关节肿胀、改善关节功能、维持关节稳定性等^[4, 5], 但尚缺乏实验依据。此外, 随着运动处方规范化普及的深入^[6], 传统功法锻炼也迎来了革新与优化, 越来越多的锻炼者会关注到完成每式动作的时长, 然而尚缺乏对于传统功法套路动作的最佳时长的研究。

目前, 等速肌力测试已广泛应用于康复医学与运动训练领域^[7-9]。相较于临床中广泛应用的量表评估及徒手肌力检查等手段, 等速测试技术在评估与测量方面更为客观与精确。本研究通过等速测试评价不同时长功法锻炼对膝关节屈伸肌群肌力的影响, 研究其

作用机理, 并探寻有效方案以指导动作改进, 为此套传统功法锻炼操的推广奠定现代生物力学理论基础。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄为 18~25 岁, 男女不限; (2) $18.5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 30 \text{ kg/m}^2$; (3) 半年内未进行高强度健身锻炼; (4) 对本课题研究知情, 且自愿签署知情同意书。

排除标准: (1) 有严重膝关节功能障碍不能耐受锻炼者; (2) 锻炼过程中发生意外事件而不能坚持锻炼者; (3) 锻炼过程中不按要求或不愿继续参加试验者。

1.2 研究对象

福建卫生职业技术学院在校大学生 54 人符合上述标准, 纳入本研究。采用随机数字法, 将研究对象分为, 10 s 组 11 人、15 s 组 11 人、20 s 组 11 人、25 s 组 10 人、30 s 组 11 人。五组受测试对象一般资料见表 1, 五组测试对象在年龄、身高、体重、体重指数 (BMI) 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究经福建卫生职业技术学院医学伦理委员会审核批准 (批号: RT2024-07), 所有研究对象均知情同意参与本项研究。

表 1. 五组研究对象试验前一般资料比较

Table 1. Comparison of general data among the five groups of subjects before the trial

指标	10 s 组 (n=11)	15 s 组 (n=11)	20 s 组 (n=11)	25 s 组 (n=10)	30 s 组 (n=11)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	19.0 \pm 0.6	19.8 \pm 1.1	19.6 \pm 0.7	19.4 \pm 1.2	19.7 \pm 0.6	0.214
性别 (例, 男/女)	2/9	4/7	2/9	4/6	3/8	0.706
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	20.9 \pm 4.1	21.7 \pm 3.0	21.9 \pm 4.1	19.8 \pm 1.3	19.8 \pm 2.9	0.411
身高 (cm, $\bar{x} \pm s$)	162.7 \pm 3.6	168.0 \pm 7.8	161.6 \pm 11.3	165.7 \pm 8.1	164.8 \pm 7.4	0.375

1.3 锻炼方法

各组均按照尖足提踵 (图 1a)、跟足背伸 (图 1b)、压腿伸筋 (图 1c)、抱膝拉筋 (图 1d)、弓步调膝 (图 1e) 和虚步调膝 (图 1f) 的顺序进行锻炼, 其中, 压腿伸筋各组均维持 30 s, 抱膝拉筋各组维持 5 min, 其余每式分别按照时长 10、15、20、25、30 s 进行锻炼。观察期为 12 周, 每周练习 5 次, 要求出勤 70%

以上。操练前先进行 3 min 准备、热身活动。

1.4 测试方法与指标

采用 Biodex S4 等速测试系统, 于锻炼前和锻炼后 12 周测试右侧膝关节等速肌力。测试前受试者先进行简单热身活动, 按膝关节测试体位固定, 选择的测试动作为向心——向心模式的屈、伸运动, 设置膝关节屈伸活动安全且最大范围。对受试者右膝关节等

速向心收缩测试参数的设置为慢等速 60°/s 和 快等速 180°/s, 每一种运动速度下先做适应练习 3 次, 再重复测试 10 次, 组间休息 30 s。测试指标为 60°/s 和 180°/s 角速度下, 峰值力矩 (peak torque, PT)、相对峰值力矩 (peak torque / body weight, PT/BW)、平均功率 (average power, AP) 及屈伸肌比值 (hamstring / quadriceps, H/Q)。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 组间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法; 组内比较采用配对 *T* 检验。资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。



图 1. 膝关节功法锻炼及右膝关节等速测试。1a: 尖足提踵; 1b: 跟足背伸; 1c: 压腿伸筋; 1d: 抱膝拉筋; 1e: 弓步调膝; 1f: 虚步调膝; 1g: 右侧膝关节伸肌群等速测试; 1h: 右侧膝关节屈肌群等速测试。

Figure 1. Knee exercises and right knee isokinetic test. 1a: Tiptoe training; 1b: Heelhook training; 1c: Knee press training; 1d: Knee clenching training; 1e: Bow stance training; 1f: Empty stance training; 1g: Right knee extensor isokinetic test; 1h: Right knee flexor isokinetic test.

2 结果

2.1 伸肌群

五组研究对象伸肌测试结果见表 2。与锻炼前相比, 锻炼 12 周后在 60°/s 角速度下, 各组右膝关节伸肌群 PT、PT/BW 均显著提高 ($P < 0.05$), 10 s 组、15 s 组、20 s 组、30 s 组 AP 显著提高 ($P < 0.05$); 在 180°/s 角速度下, 10、20、30 s 组的 PT、PT/BW、AP 显著提升 ($P < 0.05$), 其中 20 s 组, 和 30 s 组的变化最为显著。锻炼前和锻炼后 12 周, 五组间上述指标整体比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 屈肌群

五组研究对象屈肌测试结果见表 3。与锻炼前相比, 锻炼 12 周后在 60°/s 角速度下, 10 s 组、15 s 组、20 s 组、30 s 组右膝关节屈肌群的 PT、PT/BW 均显著提高 ($P < 0.05$), 15 s 组、20 s 组、30 s 组的 AP 显著提高 ($P < 0.05$)。在 180°/s 角速度下, 10 s 组、20 s 组、30 s 组 PT、PT/BW、AP 显著提高 ($P < 0.05$)。五组间比较, 仅锻炼前 180°/s 角速度下五组间 AP 的差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 锻炼前和锻炼后 12 周, 五组间 PT、PT/BW 见表 3。

2.3 屈伸肌比值

结果显示, 各组锻炼前后 H/Q 无显著性差异 ($P > 0.05$), 组间比较无显著性差异 ($P > 0.05$), 见表 4。

表 2. 五组研究对象伸肌测试结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2. Comparison of extensor test results among the five groups of subjects ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	10 s 组 (n=11)	15 s 组 (n=11)	20 s 组 (n=11)	25 s 组 (n=10)	30 s 组 (n=11)	P 值
60°/s							
PT (N · m)	锻炼前	125.4±12.5	147.9±34.8	136.3±45.1	141.7±51.0	126.0±44.1	0.615
	锻炼后	145.6±23.8	168.4±38.9	152.9±43.6	157.6±61.5	144.1±39.3	0.672
	P 值	0.003	0.010	<0.001	0.022	<0.001	
PT/BW (N · m/kg)	锻炼前	232.5±38.0	241.7±37.6	235.6±39.5	255.5±60.5	230.0±44.7	0.706
	锻炼后	268.8±52.0	276.1±47.4	266.0±33.0	283.8±78.6	265.3±32.0	0.908
	P 值	0.003	0.008	0.002	0.025	<0.001	
AP (W)	锻炼前	74.6±9.1	86.4±20.9	79.3±30.8	84.4±33.9	71.2±25.4	0.598
	锻炼后	87.0±14.2	97.4±24.1	91.4±29.6	92.6±36.2	84.4±23.0	0.802
	P 值	0.023	0.034	<0.001	0.052	<0.001	
180°/s							
PT (N · m)	锻炼前	71.1±6.3	92.0±25.4	83.4±33.8	83.2±30.4	76.3±28.2	0.427
	锻炼后	82.9±12.6	96.8±29.1	90.5±35.6	85.6±30.4	83.1±30.6	0.762
	P 值	0.009	0.370	0.006	0.485	0.004	
PT/BW (N · m/kg)	锻炼前	132.3±22.7	150.8±32.3	141.6±26.2	149.9±36.5	138.7±29.0	0.571
	锻炼后	153.7±30.5	158.1±39.2	154.6±29.4	154.8±38.4	150.8±29.6	0.991
	P 值	0.008	0.372	0.004	0.465	0.004	
AP (W)	锻炼前	83.0±15.4	122.7±37.6	100.5±54.5	102.4±41.3	86.3±30.8	0.128
	锻炼后	110.3±19.3	131.9±40.5	117.2±53.8	109.9±43.8	106.0±45.1	0.630
	P 值	<0.001	0.169	<0.001	0.267	0.004	

表 3. 五组研究对象屈肌测试结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3. Comparison of flexor test results among the five groups of subjects ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	10 s 组 (n=11)	15 s 组 (n=11)	20 s 组 (n=11)	25 s 组 (n=10)	30 s 组 (n=11)	P 值
60°/s							
PT (N · m)	锻炼前	61.1±10.0	68.9±14.1	63.6±23.6	69.1±22.8	55.0±18.2	0.361
	锻炼后	71.6±17.0	81.9±15.2	73.2±30.4	75.6±23.5	66.9±21.4	0.605
	P 值	0.005	<0.001	0.004	0.060	0.003	
PT/BW (N · m/kg)	锻炼前	112.5±19.9	112.9±15.8	109.0±20.5	125.5±28.5	101.1±21.5	0.153
	锻炼后	130.6±28.0	135.0±20.6	124.7±28.8	136.7±26.9	122.7±22.5	0.646
	P 值	0.003	<0.001	<0.001	0.077	<0.001	
AP (W)	锻炼前	38.9±7.9	44.6±9.0	38.2±12.9	43.8±15.9	33.2±12.9	0.185
	锻炼后	46.3±12.2	52.1±12.2	47.3±19.9	48.4±15.6	41.8±13.8	0.612
	P 值	0.052	0.008	0.004	0.076	0.002	
180°/s							
PT (N · m)	锻炼前	40.8±7.3	49.1±10.0	42.7±16.0	42.9±13.6	36.5±13.0	0.218
	锻炼后	47.1±9.4	53.9±15.3	48.6±20.4	45.7±12.0	43.5±17.8	0.602
	P 值	0.017	0.061	0.012	0.153	0.019	
PT/BW (N · m/kg)	锻炼前	75.0±13.0	81.5±17.7	73.6±16.3	77.7±16.4	67.1±17.6	0.334
	锻炼后	85.6±12.0	89.0±23.6	83.3±21.7	83.3±14.0	78.7±19.2	0.774
	P 值	0.007	0.058	0.009	0.116	0.013	
AP (W)	锻炼前	45.1±12.2	66.5±14.0	47.3±22.3	53.4±21.0	39.0±14.9	0.007
	锻炼后	58.6±14.1	71.0±21.4	55.4±25.3	54.3±21.0	54.6±22.7	0.325
	P 值	0.009	0.206	0.022	0.857	<0.001	

表 4. 五组研究对象 H/Q 测试结果比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 4. Comparison of H/Q ratio among the five groups of subjects ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间点	10 s 组 (n=11)	15 s 组 (n=11)	20 s 组 (n=11)	25 s 组 (n=10)	30 s 组 (n=11)	P 值
60°/s	锻炼前	48.6±5.6	47.1±5.3	46.3±5.1	49.6±8.1	44.1±4.7	0.252
	锻炼后	48.8±5.7	49.4±7.5	46.6±6.7	48.4±7.1	46.3±7.1	0.702
	P 值	0.892	0.332	0.903	0.948	0.388	
180°/s	锻炼前	57.5±11.0	55.0±10.1	52.1±7.4	52.8±9.0	48.6±7.1	0.217
	锻炼后	56.9±9.8	56.9±12.5	53.6±7.7	55.4±8.7	52.2±7.2	0.712
	P 值	0.820	0.546	0.340	0.391	0.223	

3 讨论

膝关节屈伸肌群的功能与 KOA 的发生与进展密切相关, 提高肌肉力量, 对预防和治疗 KOA 有着重要作用^[10]。等速肌力测试被认为是评估肌肉功能的金标准, 其中, 慢等速肌力测试下可以对肌肉最大力量、爆发力进行评价, 而快速肌力测试主要是针对肌肉功率和耐力进行的。本研究分别测试了 60°/s 慢等速与 180°/s 快等速下膝关节屈伸肌群的 PT、PT/BW、AP 及 H/Q, 以全面反映肌肉最大力量、爆发力、耐力以及关节稳定性等多方面的情况。

与 Lu^[11] 和 Cvjetkovic 等^[12] 研究一致, 膝关节伸肌群 PT、PT/BW 大于屈肌群, 膝关节屈伸肌群 PT、PT/BW 随着角速度的增加而减少。原因可能是在慢等速测试下, 激活肌肉中的快肌纤维及慢肌纤维, 产生较大肌力; 在较快等速测试下, 仅激活快肌纤维, 产生相对较小的肌力^[13]。另外, 肌肉在收缩过程中, 横桥不断地快速结合与分离时都会损失肌力, 而速度的增加造成结缔组织中的粘滞阻力增加, 从而影响屈伸肌的 PT 以及 PT/BW^[14]。本研究结果显示, 经过 12 周的锻炼, 右膝关节屈伸肌群 PT、PT/BW、AP 均有不同程度改善, 说明此套膝关节功法锻炼操能够有效提高股四头肌最大肌力、爆发力、肌耐力。对比各组锻炼前后 PT、PT/BW、AP 指标发现, 20 s 组、30 s 组各指标均有显著差异, 说明动作时长维持 20 s 及 30 s 对于改善膝关节功能优于 10 s、15 s 及 25 s, 但组间比较差异不明显。

H/Q 代表了腘绳肌与股四头肌力量的比率, 反映了膝关节运动协调性, 对预防损伤、保持关节稳定性有重要的意义^[15]。张学慧等^[16] 对脑卒中患者采用下肢闭链等速肌力训练发现, H/Q 从 39% 提高到了 54%。观察本试验 60°/s 角速度测试结果, 大部分人的 H/Q 低于 50%, 说明腘绳肌的力量滞后于股四头肌, 而正常膝关节最适宜的 H/Q 应为 50%~

80%^[17, 18]。此套功法锻炼操对于提高 H/Q 方面效果不明显, 可能是腘绳肌肌力提高不如股四头肌显著, 具体机制有待进一步研究确定。

“古为今用, 推陈出新”是对编创功法提出的操作理念^[19]。根据膝关节康复功法锻炼在临床的实际应用情况, 结合以上等速测试结果, 可对此套功法锻炼操进行有针对性、目的性的改进和优化。人体静态与动态平衡能力随着膝关节 H/Q 增大而增强, 所以需加强腘绳肌肌力训练。站姿腿弯举这个动作对腘绳肌的刺激良好、简单易行^[20], 适合在社区及老年人中开展。锻炼时面墙站立, 两手轻扶于墙壁, 左脚支撑, 右小腿向上弯举, 左右交替锻炼。此外, Kobayashi 等^[21] 研究认为在前交叉韧带术后更应当注重股四头肌锻炼, 因为股四头肌肌力恢复时间远远长于腘绳肌。KOA 患者患侧屈伸肌群肌力下降不同步, 伸膝肌群肌力变化较屈膝肌群更显著^[22]。所以, 对于膝关节运动损伤以及 KOA 患者, 在指导康复功法锻炼时, 应该强调伸膝肌群力量训练。在原有动作的基础上, 可通过增加负重进行股四头肌渐进性抗阻训练^[23]。有研究显示, 弓步动作膝关节保持在屈曲 31°~60° 范围内, 股四头肌训练效果最佳^[24]。传统功法与现代体育运动不同, 现代运动注重形体的锻炼, 传统功法则更注重调心, 在意识的主导下对机体内部脏腑进行调整和锻炼, 达到强身健体的目的^[25]。在练习过程中, 锻炼者要做到“松”“静”“自然”。

综上所述, 传统功法锻炼有助于改善膝关节屈伸肌群最大肌力、爆发力及肌耐力。其中, 时长为 20 s 及 30 s 的锻炼, 对于膝关节屈伸肌力改善效果最显著, 值得大力推广。

参考文献

- [1] 陈长松, 刘彧, 尹华东. 镜下清理富血小板血浆治疗轻中度膝骨关节炎 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (4): 314-319. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.04.05.
Chen CS, Liu Y, Yi HD. Arthroscopic debridement combined with

- plateletrich plasma for treatment of mild and moderate knee osteoarthritis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2024, 32 (4) : 314–319. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.04.05.
- [2] 中国老年保健协会骨关节分会. 早期膝骨关节炎诊断与非手术治疗指南 (2024 版) [J]. *中华医学杂志*, 2024, 104 (31) : 2895–2909. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20240503-01035. Osteoarthritis Committee of Chinese Aging Well Association. Guideline for diagnosis and non surgical treatment of early stage knee osteoarthritis (2024 edition) [J]. *National Medical Journal of China*, 2024, 104 (31) : 2895–2909. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20240503-01035.
- [3] 浦路桥, 邢丹, 叶涛, 等. 中国膝骨关节炎基层诊疗与康复指南计划书 [J]. *中华关节外科杂志 (电子版)*, 2022, 16 (6) : 659–663. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2022.06.002. Pu LQ, Xing D, Ye T, et al. Protocol of Chinese guideline for diagnosis, treatment and rehabilitation of knee osteoarthritis in primary clinics [J]. *Chinese Journal of Joint Surgery (Electronic Edition)*, 2022, 16 (6) : 659–663. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2022.06.002.
- [4] 滕方舟, 朱亚菊, 蔡唐彦, 等. 电针联合中药熏洗、功法锻炼对膝骨关节炎的康复疗效 [J]. *康复学报*, 2018, 28 (3) : 42–46. DOI: 10.3724/SP.J.1329.2018.03042. Teng FZ, Zhu YJ, Cai TY, et al. Effect of electroacupuncture combined with traditional Chinese medicine fumigation and traditional exercises in treating knee osteoarthritis rehabilitation [J]. *Rehabilitation Medicine*, 2018, 28 (3) : 42–46. DOI: 10.3724/SP.J.1329.2018.03042.
- [5] 苏友新, 李楠. 骨伤康复功法学 [M]. 北京: 科学出版社, 2024. Su YX, Li N. *Law of Orthopedic Rehabilitation* [M]. Beijing: Science Press, 2024.
- [6] Gibson J, Sampford J, Myers-Ingram R, et al. Embedding the rehabilitation treatment specification system (RTSS) into clinical practice: an evaluation of a pilot teaching programme [J]. *BMC Med Educ*, 2023, 23 (1) : 85. DOI: 10.1186/s12909-022-03861-2.
- [7] Rivera-Brown AM, Frontera WR, Fontónez R, et al. Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery [J]. *PMR*, 2022, 14 (5) : 678–690. DOI: 10.1002/pmrj.12815.
- [8] Asimakidis ND, Mukandi IN, Beato M, et al. Assessment of strength and power capacities in elite male soccer: a systematic review of test protocols used in practice and research [J/OL]. *Sports Med*, 2024. Online ahead of print. DOI: 10.1007/s40279-024-02071-8.
- [9] 辛运强, 滕学仁, 邹阿鹏, 等. 等速肌力锻炼对麻醉下手法松解冻结肩的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (14) : 1265–1269. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.04. Xin YQ, Teng XR, Zou AP, et al. Effect of isokinetic exercise on manual release of frozen shoulder under anesthesia [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (14) : 1265–1269. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.04.
- [10] Mohajer B, Dolatshahi M, Moradi K, et al. Role of thigh muscle changes in knee osteoarthritis outcomes: osteoarthritis initiative data [J]. *Radiology*, 2022, 305 (1) : 169–178. DOI: 10.1148/radiol.212771.
- [11] Lu CC, Yao HI, Fan TY, et al. Twelve weeks of a staged balance and strength training program improves muscle strength, proprioception, and clinical function in patients with isolated posterior cruciate ligament injuries [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18 (23) : 335–341. DOI: 10.3390/ijerph182312849.
- [12] Cvjetkovic DD, Bijeljic S, Palija S, et al. Isokinetic testing in evaluation rehabilitation outcome after ACL reconstruction [J]. *Med Arch*, 2015, 69 (1) : 21–23. DOI: 10.5455/medarh.2015.69.21-23.
- [13] Guruhan S, Kafa N, Ecemis ZB, et al. Muscle activation differences during eccentric hamstring exercises [J]. *Sports Health*, 2021, 13 (2) : 181–186. DOI: 10.1177/1941738120938649.
- [14] Almosnino S, Stevenson JM, Bardana DD, et al. Reproducibility of isokinetic knee eccentric and concentric strength indices in asymptomatic young adults [J]. *Phys Ther Sport*, 2012, 13 (3) : 156–162. DOI: 10.1016/j.ptsp.2011.09.002.
- [15] 苏转平, 于芳, 曹电康, 等. 不同速度下优秀男子举重运动员膝关节屈伸肌群等速肌力特征研究 [J]. *沈阳体育学院学报*, 2018, 37 (6) : 98–103. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0560.2018.06.016. Su ZP, Yu F, Cao DK, et al. Characteristics of knee flexor and extensor isokinetic muscle strength of elite male weightlifters under different angular velocities [J]. *Journal of Shenyang Sport University*, 2018, 37 (6) : 98–103. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0560.2018.06.016.
- [16] 张学慧, 邵静雯, 孙丹, 等. 下肢闭链等速肌力训练对脑卒中患者下肢肌肉功能及步行能力的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33 (6) : 693–697. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.06.014. Zhang XH, Shao JW, Sun D, et al. The influence of lower limb closed kinetic chain isokinetic exercises in stroke patients [J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, 2018, 33 (6) : 693–697. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.06.014.
- [17] Baroni BM, Ruas CV, Ribeiro-Alvares JB, et al. Hamstring-to-quadriceps torque ratios of professional male soccer players: a systematic review [J]. *J Strength Cond Res*, 2020, 34 (1) : 281–293. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002609.
- [18] 钟珊, 陶莉, 裴倩, 等. 膝骨关节炎患者居家康复训练后膝关节屈伸肌力的变化 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2024, 17 (2) : 137–142. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2024.02.07. Zhong S, Tao L, Pei Q, et al. Changes in knee flexion and extension muscle strength before and after home-based rehabilitation training in patients with knee osteoarthritis [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Surgery*, 2024, 17 (2) : 137–142. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2024.02.07.
- [19] 范铜钢, 虞定海. 传统体育养生功法技术活化的历史、现状与未来 [J]. *上海体育学院学报*, 2019, 43 (6) : 96–103. DOI: 10.16099/j.sus.2019.06.013. Fan TG, Yu DH. History, present and future of the activation of tra-

- ditional sports health-cultivation techniques [J]. Journal of Shanghai University of Sport, 2019, 43 (6) : 96-103. DOI: 10.16099/j.sus.2019.06.013.
- [20] 张丽. 股后肌群训练对提高排球专项学生下肢爆发力影响的实验研究 [D]. 北京体育大学, 2021. DOI: 10.26961/d.cnki.gbjtu.2021.000475.
Zhang L. Experimental research on the effect of hind-thigh muscles training on improving volleyball special students' lower limbs' explosive power [D]. Beijing Sport University, 2021. DOI: 10.26961/d.cnki.gbjtu.2021.000475.
- [21] Kobayashi A, Higuchi H, Terauchi M, et al. Muscle performance after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. Int Orthop, 2004, 28 (1) : 48-51. DOI: 10.1007/s00264-003-0502-5.
- [22] 中华医学会物理医学与康复学分会, 四川大学华西医院. 中国膝关节炎康复治疗指南 (2023 版) [J]. 中国循证医学杂志, 2024, 24 (1) : 1-14. DOI: 10.7507/1672-2531.202306145.
Chinese Society of Physical Medicine and Rehabilitation, West China Hospital of Sichuan University. Chinese guideline for the rehabilitation treatment of knee osteoarthritis (2023 edition) [J]. Chinese Journal of Evidence-Based Medicine, 2024, 24 (1) : 1-14. DOI: 10.7507/1672-2531.202306145.
- [23] 钱琨, 于晨曦, 李毅, 等. 运动处方在膝骨性关节炎应用的进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (19) : 1773-1777. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.08.
- Qian K, Yu CX, Li Y, et al. Progression in application of exercise prescription for knee osteoarthritis [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (19) : 1773-1777. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.08.
- [24] 刘文辉, 李瑾, 李楠, 等. 不同角度股四头肌等速肌力训练对骨科术后康复治疗疗效的影响研究 [J]. 中国医学装备, 2018, 15 (2) : 78-81. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2018.02.021.
Liu WH, Li J, Li N, et al. A research on the influence of isokinetic muscle strength training for quadriceps of different angles on the curative effect of post-operative rehabilitation treatment of orthopedic surgery [J]. China Medical Equipment, 2018, 15 (2) : 78-81. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2018.02.021.
- [25] 马健文, 岳虹好, 谢超群, 等. 传统功法干预膝骨关节炎的临床应用及效应机制研究进展 [J]. 上海中医药杂志, 2023, 57 (12) : 96-100. DOI: 10.16305/j.1007-1334.2023.2302043.
Ma JW, Yue HY, Xie CQ, et al. Research progress on clinical application and effector mechanism of traditional Chinese exercises in knee osteoarthritis [J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 57 (12) : 96-100. DOI: 10.16305/j.1007-1334.2023.2302043.

(收稿:2024-08-16 修回:2024-09-14)

(同行评议专家: 张永光, 王华华, 杨浣)

(本文编辑: 宁桦)

(上接 1979 页)

- [31] Romanazzo S, Vedicherla S, Moran C, et al. Meniscus ECM-functionalised hydrogels containing infrapatellar fat pad-derived stem cells for bioprinting of regionally defined meniscal tissue [J]. J Tissue Eng Regen Med, 2018, 12 (3) : e1826-e1835. DOI: 10.1002/term.2602.
- [32] Stocco TD, Moreira SM, Corat M, et al. Towards bioinspired meniscus-regenerative scaffolds: engineering a novel 3D bioprinted patient-specific construct reinforced by biomimetically aligned nanofibers [J]. Int J Nanomedicine, 2022, 17: 1111-1124. DOI: 10.2147/IJN.S353937.
- [33] Gunes OC, Kara A, Baysan G, et al. Fabrication of 3D Printed poly (lactic acid) strut and wet-electrospun cellulose nano fiber reinforced chitosan-collagen hydrogel composite scaffolds for meniscus tissue engineering [J]. J Biomater Appl, 2022, 37 (4) : 683-697. DOI: 10.1177/08853282221109339.
- [34] Li H, Liao Z, Yang Z, et al. 3D printed poly (epsilon-Caprolactone)/meniscus extracellular matrix composite scaffold functionalized with kartogenin-releasing PLGA microspheres for meniscus tissue engineering [J]. Front Bioeng Biotechnol, 2021, 9: 662381. DOI: 10.3389/fbioe.2021.662381.
- [35] Tan GK, Cooper-White JJ. Interactions of meniscal cells with extracellular matrix molecules: towards the generation of tissue engineered menisci [J]. Cell Adh Migr, 2011, 5 (3) : 220-226. DOI: 10.4161/cam.5.3.14463.

(收稿:2023-09-04 修回:2024-06-11)

(同行评议专家: 江水华, 张新涛, 白露)

(本文编辑: 宁桦)