

· 论 著 ·

2型糖尿病患者体感运动联合神经肌肉穴位电刺激干预效果评价

汤洋, 李琳, 廖兴, 林坚

浙江医院康复治疗中心, 浙江 杭州 310013

摘要: **目的** 评价高强度间歇体感运动联合神经肌肉穴位电刺激对2型糖尿病(T2DM)患者血糖水平和运动能力的干预效果,为预防T2DM患者日常生活失能提供参考。**方法** 选择2019年1月—2021年10月在浙江医院治疗的T2DM患者为研究对象,随机分配入4组:K组实施Kinect体感交互技术辅助的高强度间歇运动;N组实施神经肌肉穴位电刺激;KN组实施高强度间歇体感运动联合神经肌肉穴位电刺激;C组不施加任何干预。分别在干预前、干预后4周和12周测定患者餐后2 h血糖(2 h PG),糖化血红蛋白(HbA1c),以及2.4 m起身绕行试验、2 min踏步试验等7项体适能测试;采用广义估计方程比较4组患者干预前后的血糖和运动能力,评价干预效果。**结果** 纳入T2DM患者199例,KN组51例,K组49例,N组52例,C组47例。干预前4组患者的性别、年龄、病程、平时运动时间、腰臀比、肺活量和最大摄氧量比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。干预后,4组患者血糖和运动指标均存在时间与组别交互作用($P<0.05$),KN组变化幅度最大,干预12周后HbA1c、2 h PG、2.4 m起身绕行试验和抓背试验结果分别下降了17.06%、27.01%、36.52%和20.94%,2 min踏步试验、30 s坐站试验、30 s负重屈肘试验、6 min步行试验和座椅体前屈试验分别上升18.85%、34.69%、15.41%、7.22%和112.37%。**结论** 高强度间歇性体感运动联合神经肌肉穴位电刺激可改善T2DM患者血糖水平和运动能力。

关键词: 2型糖尿病;高强度间歇性运动;体感技术;神经肌肉电刺激;血糖;体适能

中图分类号: R589 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087(2022)08-0794-05

Effect of somatosensory motor combined with neuromuscular acupoint electrical stimulation on motor function and blood glucose among patients with type 2 diabetes mellitus

TANG Yang, LI Lin, LIAO Xing, LIN Jian

Center of Physical Therapy and Rehabilitation, Zhejiang Hospital, Hangzhou, Zhejiang 310013, China

Abstract: Objective To evaluate the effect of high-intensity interval somatosensory training combined with neuromuscular acupoint electrical stimulation on blood glucose and motor function among patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM), so as to provide insights into prevention of daily life disability among T2DM patients. **Methods** T2DM patients treated in Zhejiang Hospital during the period from January 2019 to October 2021 were enrolled and randomly assigned into four groups. Patients in the K group received Kinect somatosensory interaction technology-assisted high-intensity interval training, patients in the N group received neuromuscular acupoint electrical stimulation, and patients in the KN group received high-intensity interval somatosensory training combined with neuromuscular acupoint electrical stimulation, while patients in the C group were given no interventions. The 2 h postprandial plasma glucose and glycated haemoglobin (HbA1c) levels were measured prior to interventions and 4 and 12 weeks post-interventions, and seven physical fitness tests were performed. The blood glucose levels and motor activity were compared among four groups using generalized estimating equations to evaluate the effectiveness of interventions. **Results** Totally 199 T2DM patients were

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2022.08.008

基金项目: 浙江中医药科研基金项目(2019ZB002)

作者简介: 汤洋, 本科, 主管治疗师, 主要从事康复治疗临床工作

通信作者: 汤洋, E-mail: 13675839640@163.com

enrolled, including 51 patients in the KN group, 49 patients in the K group, 52 patients in the N group and 47 patients in the C group. There were no significant differences in gender, age, course of disease, duration of daily exercises, waist-to-hip ratio, vital capacity or maximal oxygen uptake among the four groups prior to interventions (all $P > 0.05$). There were time-group interaction effects in blood glucose and exercise parameters among the four groups post-interventions (all $P > 0.05$), with the largest changes seen in the KN group. The HbA1c, 2 h postprandial plasma glucose, 2.4 m standing and detour test and back scratch test results reduced by 17.06%, 27.01%, 36.52% and 20.94% 12 weeks post-interventions as compared to those prior to interventions, while 2 min stepping test, 30 s sit-ups, 30 s loading and elbow flexion test, 6 min walking test and sit and reach test results increased by 18.85%, 34.69%, 15.41%, 7.22% and 112.37%, respectively. **Conclusion** High-intensity interval somatosensory training combined with neuromuscular acupoint electrical stimulation may improve the blood glucose and motor activity among patients with T2DM.

Keywords: type 2 diabetes mellitus; high-intensity interval training; somatosensory technique; neuromuscular electrical stimulation; blood glucose; physical fitness

高强度间歇运动 (high-intensity interval training, HIIT) 是一种以超过无氧阈强度或接近于 (或大于) 最大摄氧量强度进行重复多次的时间相对较短 (10 s ~ 5 min) 的运动。研究表明, HIIT 与其他中等强度运动相比, 不但可以降低 45% 的训练量, 而且对体能、体成分和血糖的改善效果更好^[1-2]; 神经肌肉电刺激 (neuromuscular electrical stimulation, NMES) 被证明可以调节 T2DM 患者的血糖水平, 与运动产生的生理效应有相似之处; 但 NMES 的作用短暂, 无法保证治疗的稳定性和持续性^[3-4]。NMES 联合 HIIT 或可实现肌肉收缩和胰岛素协同调节, 增加胰岛素敏感性, 减轻胰岛素抵抗^[5-6]。本研究尝试 NMES 联合 HIIT 对 T2DM 患者进行干预, 并利用 Kinect 体感交互技术^[7] 辅助 HIIT 以提高患者训练依从性, 为预防 T2DM 患者日常生活失能提供参考。

1 资料与方法

1.1 对象 选择 2019 年 1 月—2021 年 10 月在浙江医院治疗的 35~70 岁 T2DM 患者为研究对象。T2DM 诊断标准参照《中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)》^[8]。排除标准: (1) 合并阿尔茨海默病、严重抑郁或精神分裂症; (2) 认知功能低下, 无法配合检查治疗; (3) 1 型糖尿病或继发性糖尿病; (4) 有运动限制, 或合并影响肌肉功能疾病, 如原发性甲状旁腺功能亢进症、恶性肿瘤、严重营养不良等; (5) 合并影响平衡能力疾病, 如脑血管疾病、严重骨关节炎、梅尼埃病等; (6) 合并严重糖尿病并发症, 如糖尿病足坏疽、糖尿病视网膜病变 ≥ 4 期、糖尿病肾脏病 ≥ 4 期; (7) 有心脏疾病史, 正在服用影响心功能的药物; (8) 已在定期做中等强度或高强度运动。研究对象采用随机数表法分配至 NMES 干预组 (N 组)、Kinect 体感交互 HIIT 干预组 (K 组)、联合

干预组 (KN 组) 和对照组 (C 组)。按国务院《医院管理条例》第 33 条规定如实告知研究对象治疗方案及风险, 经浙江医院医学伦理委员会审查, 审批号: 2020 临审第 (42k) 号。研究对象均签署知情同意书。

1.2 干预方法 N 组由康复治疗师实施 NMES。患者取坐位或卧位, 使用神经肌肉刺激器 (Enraf-Nonius BV 公司, 型号 EN-Stim4), 电极片分别放置于两侧足阳明胃经足三里穴和足太阴脾经三阴交穴^[9], 电刺激参数为对称双相方波, 输出电流频率为 50 Hz, 波宽 300 μ s, 通断比 2 s : 6 s, 电流 10~20 mA, 电流加至受试者能耐受、看到肌肉有收缩并无不适为止, 每次持续时间为 20 min, 每周 5 次。

K 组由康复治疗师使用康复情景互动评估与训练系统 (波兰 Luna, 型号 Vast) 实施 HIIT。先采集患者个人信息, 测试最大运动强度和最大摄氧量, 根据测试结果进行 1 周适应性训练。Kinect 体感交互 HIIT 训练包括: (1) 8 min 热身运动, 患者跟随屏幕中的虚拟治疗师做拉伸活动 3 min, 然后在迷宫逃跑游戏画面引导下慢速骑功率自行车 5 min, 控制 0~50% 的最大心率 (即达到最大摄氧量时的心率); (2) 20 min 主体训练, 患者加速骑功率自行车达到 85%~95% 的最大心率, 维持 1 min, 再减速以 50%~60% 的最大心率骑 1 min, 重复 10 个循环。通过监测心率、血压和氧饱和等数据不断提升运动的强度和节奏; (3) 5 min 整理运动, 无负重深蹲提膝。每天做 1 次, 每周做 5 天, 4 周为 1 个疗程。

KN 组在进行 Kinect 体感交互 HIIT 训练期间同时给予 NMES, 运动方案与 K 组一致, NMES 所用仪器、刺激穴位、刺激强度及时间与 N 组一致。C 组不进行任何康复干预。4 组患者均接受常规药物治疗, 观察病情和药物不良反应。干预时间为 12 周。患者全程佩戴心率监测仪, 由 1 名康复治疗师进行

监督并观测记录。若患者在干预期间出院,可携带运动手环及指导视频回家训练,由康复治疗师通过视频连接模式进行远程指导和监督。

收集4组患者的性别、年龄、病程、干预前运动情况、腰臀比和肺活量等资料,分别在干预前、干预4周后和干预12周后检测血糖和运动能力指标,评价干预效果。采用全自动生化分析仪(己糖激酶法)检测餐后2h血糖(2h PG);采用糖化血红蛋白蛋白仪(高效液相色谱法)检测糖化血红蛋白(HbA1c)。通过测试2.4 m起身绕行试验、2 min踏步试验、30 s坐站试验、30 s负重屈肘试验、座椅体前屈试验、抓背试验和6 min步行试验等体适能项目^[10],评价患者日常生活运动能力。

1.4 统计分析 采用SPSS 25.0软件统计分析。定量资料服从正态分布的采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述,定性资料采用相对数描述。组间比较采用单因素方差分析或 χ^2 检验,干预前后血糖和体适能指标比较采用广义估计方程。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 4组T2DM患者一般情况比较 纳入214例T2DM患者,因失访或依从性差剔除15例,获得有效资料199例,其中KN组51例,K组49例,N组52例,C组47例。4组患者干预前性别、年龄、病程、平时运动时间、腰臀比、肺活量和最大摄氧量比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

表1 4组T2DM患者干预前一般情况比较

Table 1 Comparison of general conditions in four groups of T2DM patients before intervention

项目 Item	KN组 (n=51)	K组 (n=49)	N组 (n=52)	C组 (n=47)	F/ χ^2 值	P值
年龄/岁 Age/Year	54.64±7.42	52.66±5.47	52.43±7.35	52.70±6.08	1.206	0.309
性别 Gender (男 Male/女 Female) *	29/22	23/26	22/30	24/23	0.777	0.508
平时运动时间 Daily exercise duration/ (min/d)	29.75±6.35	28.64±7.25	31.69±9.91	28.90±9.53	1.365	0.255
病程/月 Course/Month	85.83±9.05	87.60±7.68	88.27±10.41	86.43±9.31	0.968	0.382
腰臀比 WHR	0.94±0.12	0.92±0.14	0.91±0.17	0.91±0.17	0.916	0.434
肺活量 Vital capacity/mL	2 333.02±529.39	2 441.62±433.36	2 405.44±405.32	2 549.71±394.43	2.008	0.114
最大摄氧量 VO _{2max} / [mL/ (min · kg)]	35.20±8.54	34.81±6.43	35.63±7.57	34.58±7.65	0.186	0.906

注: a表示采用n描述,组间比较采用 χ^2 检验;其他项采用 $\bar{x} \pm s$ 描述,组间比较采用单因素方差分析。Note: a, described with n, and compared using chi-square test; the other items, described with $\bar{x} \pm s$, and compared using one-way ANOVA.

2.2 4组T2DM患者血糖水平比较 干预后,4组患者HbA1c和2h PG存在组别和时间交互作用($P < 0.05$),4组间HbA1c和2h PG变化趋势存在差异,4组HbA1c和2h PG均显著下降($P < 0.05$),KN组

干预4周和12周HbA1c分别下降2.21%和17.06%,2h PG分别下降15.43%和27.01%,为4组中降幅最大。见表2。

表2 4组T2DM患者干预前后HbA1c和2h PG比较

Table 2 Comparison of HbA1c and 2 h PG in four groups of T2DM patients before and after intervention

项目 Item	KN组 (n=51)	K组 (n=49)	N组 (n=52)	C组 (n=47)	Wald χ^2 值	P值
HbA1c						
干预前 Before	7.10±1.00	7.21±1.18	7.31±1.11	7.25±1.03	2.529 ^a	0.470 ^a
干预4周 After 4 weeks	6.94±1.01	7.10±0.98	7.18±1.01	7.18±0.98	42.010 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	5.89±1.08	6.32±1.02	6.87±0.98	7.03±1.27	12.923 ^c	0.005 ^c
2 h PG						
干预前 Before	11.14±1.15	10.98±1.57	11.21±1.65	11.06±1.55	4.040 ^a	0.257 ^a
干预4周 After 4 weeks	9.42±1.78	10.07±1.84	10.65±1.78	10.79±1.24	139.722 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	8.13±1.81	8.75±1.67	9.78±1.78	10.13±1.20	23.855 ^c	<0.001 ^c

注: a、b、c依次表示组别、时间、组别与时间交互作用的统计检验结果。Note: a, b, c represent the statistical test results for group, time, and interaction between group and time, respectively.

2.3 4组患者运动能力比较 干预后,4组患者7项体适能指标均存在组别和时间交互作用 ($P < 0.05$),4组间7项体适能指标结果变化趋势存在差异。KN组干预4周和12周2.4 m起身绕行试验结果分别下降17.62%和36.52%,抓背试验结果分别下降6.12%和20.94%,2 min踏步试验结

果分别上升7.94%和18.85%,30 s坐站试验结果分别上升13.04%和34.69%,6 min步行试验结果分别上升3.13%和7.22%,30 s负重屈肘试验结果分别上升5.36%和15.41%,座椅体前屈试验结果分别上升61.35%和112.37%,幅度均为4组中最大。见表3。

表3 4组T2DM患者干预前后体适能测试结果比较

Table 3 Comparison of physical fitness indexes in four groups of T2DM patients before and after intervention

项目Item	KN组 (n=51)	K组 (n=49)	N组 (n=52)	C组 (n=47)	Wald χ^2 值	P值
2.4 m起身绕行试验/2.4 m standing and detour test/s						
干预前 Before	7.68±1.00	7.66±1.13	7.44±0.96	7.61±0.98	28.120 ^a	<0.001 ^a
干预4周 After 4 weeks	6.33±0.86	6.91±0.85	7.02±0.95	7.87±0.92	255.555 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	4.87±0.69	5.83±0.72	6.16±0.78	7.63±1.05	121.441 ^c	<0.001 ^c
2 min踏步试验/2 min stepping test/Times						
干预前 Before	161.45±22.86	160.75±22.69	161.99±22.28	163.19±19.45	6.197 ^a	0.102 ^a
干预4周 After 4 weeks	174.27±21.81	171.25±25.84	167.17±20.75	160.61±19.18	54.961 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	191.87±24.46	182.49±22.43	175.68±25.08	163.94±21.15	23.206 ^c	<0.001 ^c
30 s坐站试验/30 s sit-up test/Times						
干预前 Before	16.08±3.12	15.68±3.76	15.65±2.98	15.84±2.74	9.671 ^a	0.022 ^a
干预4周 After 4 weeks	18.18±3.65	17.80±3.39	17.44±3.33	16.02±2.95	83.677 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	21.66±2.68	19.12±2.79	18.50±2.97	15.61±3.54	41.771 ^c	<0.001 ^c
30 s负重屈肘试验/30 s loading and elbow flexion test/Times						
干预前 Before	17.07±3.67	16.96±3.21	17.39±3.42	17.26±3.02	3.592 ^a	0.309 ^a
干预4周 After 4 weeks	17.99±3.35	17.42±3.28	17.53±3.35	17.07±3.66	14.711 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	19.70±3.15	18.77±3.16	18.13±2.82	17.20±4.06	9.285 ^c	<0.001 ^c
6 min步行试验/6 min walking test/m						
干预前 Before	561.95±25.69	570.23±29.32	565.60±27.08	559.06±27.78	7.884 ^a	0.048 ^a
干预4周 After 4 weeks	579.53±22.62	576.20±26.25	565.67±21.71	560.93±26.52	49.477 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	602.51±26.41	588.64±24.64	577.78±26.41	561.02±26.68	29.648 ^c	<0.001 ^c
座椅体前屈试验/次 Sit and reach test/Times						
干预前 Before	3.69±2.46	3.90±2.57	3.70±2.91	3.76±2.23	7.265 ^a	0.064 ^a
干预4周 After 4 weeks	5.96±3.36	4.70±2.30	4.38±2.21	3.61±2.19	53.692 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	7.85±2.70	5.91±2.90	5.51±3.15	3.52±2.24	34.325 ^c	<0.001 ^c
抓背试验/Back scratch test/cm						
干预前 Before	-10.85±3.34	-11.00±2.30	-10.82±3.36	-10.90±3.21	2.380 ^a	0.497 ^a
干预4周 After 4 weeks	-10.19±3.07	-10.41±2.31	-10.52±2.28	-10.91±2.95	15.051 ^b	<0.001 ^b
干预12周 After 12 weeks	-8.58±2.02	-9.80±2.12	-10.09±2.14	-10.85±3.22	8.676 ^c	0.034 ^c

注: a、b、c依次表示组别、时间、组别与时间交互作用的统计检验结果。Note: a, b and c represent the statistical test results for group, time, and interaction between group and time, respectively.

3 讨论

Kinect 体感交互 HIIT 联合 NMES 干预是比较完

整的闭链刺激模式。沉浸交互式的运动体验能最大程度发挥患者的主观能动性,更高效地执行运动目标^[11],在运动的同时通过足三里和三阴交穴位的反

复电刺激,帮助患者强化胰岛素敏感性,降低血糖。12周后,实施体感运动干预、NMES干预和联合干预的T2DM患者血糖和体适能评估指标较干预前均有不同程度改善,联合干预的改善幅度为4组中最大。提示单独采用体感运动或NMES干预都是有效的,而体感运动联合NMES干预能更好地促进骨骼肌细胞转运和利用葡萄糖,改善胰岛素抵抗,比单纯有氧训练或穴位电刺激对T2DM患者血糖升高和运动能力下降的预防效果更有效,同时也能预防骨折、慢性阻塞性肺疾病、代谢综合征和老年患者吞咽功能障碍的发生^[12-13]。

有研究表明,实施运动干预后的T2DM患者血糖降幅与体适能评估指标变化相关^[14-15]。2.4 m起身绕行试验测试患者的平衡与灵敏性,2 min踏步试验和6 min步行试验测试患者的心肺适能,30 s坐站试验和30 s负重屈肘试验测试患者的肌肉适能,座椅体前屈试验和抓背试验测试患者的柔韧适能。有研究发现干预后这4项能力进步越快,血糖升高风险越小,因此体适能测试结果也可作为预测T2DM患者肌少症发病风险的指标之一^[16]。

本研究纳入的研究对象较少,干预时间较短,为进一步明确体感运动联合NMES干预的效果,可增加病例数或开展随机对照研究,同时考虑加入关于肌少症运动干预评价指标,如身体姿态、炎症因子、基因表达和毛细血管结构等,为预防T2DM患者失能提供更具有针对性的干预方案。

参考文献

- [1] WORMGOOR S G, DALLECK L C, ZINN C, et al. Effects of high-intensity interval training on people living with type 2 diabetes: a narrative review [J]. *Can J Diabetes*, 2017, 41 (5): 536-547.
- [2] LIU J X, ZHU L, LI P J, et al. Effectiveness of high-intensity interval training on glycemic control and cardiorespiratory fitness in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2019, 31 (5): 575-593.
- [3] JOUBERT M, METAYER L, PREVOST G, et al. Neuromuscular electrostimulation and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: the ELECTRODIAB pilot study [J]. *Acta Diabetol*, 2015, 52 (2): 285-291.
- [4] 杨铭, 吴志远, 贾杰, 等. 经皮穴位电刺激疗法对2型糖尿病患者血糖和糖化血红蛋白及体质指标的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36 (2): 132-135.
YANG M, WU Z Y, JIA J, et al. The influence of acupoint transcutaneous electrical stimulation on blood glucose, glycosylated hemoglobin and the physical fitness of patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Chin J Phys Med Rehabil*, 2014, 36 (2): 132-135.
- [5] JABBOUR G, BELLIVEAU L, PROBIZANSKI D, et al. Effect of low frequency neuromuscular electrical stimulation on glucose profile of persons with type 2 diabetes: a pilot study [J]. *Diabetes Metab J*, 2015, 39 (3): 264-267.
- [6] CHILIBECK P D, BELL G, JEON J, et al. Functional electrical stimulation exercise increases GLUT-1 and GLUT-4 in paralyzed skeletal muscle [J]. *Metabolism*, 1999, 48 (11): 1409-1413.
- [7] 韩志峰, 曹磊, 杨文璐, 等. 基于体感技术四肢康复游戏系统的评价模块 [J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23 (11): 1341-1345.
HAN Z F, CAO L, YANG W L, et al. Upper limb rehabilitation game system based on somatosensory technique: assessment module [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2017, 23 (11): 1341-1345.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版) [J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13 (4): 315-409.
Chinese Diabetes Society. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition) [J]. *Chin J Diabetes Mellit*, 2021, 13 (4): 315-409.
- [9] 尹真祯, 杜琳, 周宏, 等. 近十年针灸治疗2型糖尿病相关文献的经脉、穴位筛选 [J]. *首都医药*, 2012, 2 (4): 19-22.
YIN Z Z, DU L, ZHOU H, et al. Screening of meridians and acupuncture points in the literature on acupuncture treatment of type 2 diabetes in recent ten years [J]. *Cap Med*, 2012, 2 (4): 19-22.
- [10] 李裕全, 程艳. 老年人身体形态与功能性体适能健康状况 [J]. *中国老年学杂志*, 2013, 33 (18): 4437-4439.
LI Y Q, CHEN Y. Body shape and functional physical fitness of the elderly [J]. *Chin J Geriatr*, 2013, 33 (18): 4437-4439.
- [11] 代艾波, 瞿畅, 朱小龙, 等. 体感交互技术在运动康复领域的应用 [J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20 (1): 41-45.
DAI A B, QU C, ZHU X L, et al. Somatic sense interactive technology and its application in motor rehabilitation [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2014, 20 (1): 41-45.
- [12] QUÍLEZ LLOPIZ P, REIG GARCÍA-GALBIS M. Glycemic control through physical exercise in type 2 diabetes: systematic review [J]. *Nutr Hosp*, 2015, 31 (4): 1465-1472.
- [13] SHARMA D, SHENOY S, SINGH J. Effect of electrical stimulation on blood glucose level and lipid profile of sedentary type 2 diabetic patients [J]. *Int J Diabetes Dev Ctries*, 2010, 30 (4): 194-200.
- [14] SURYANEGARA J, CASSIDY S, NINKOVIC V, et al. High intensity interval training protects the heart during increased metabolic demand in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial [J]. *Acta Diabetol*, 2019, 56 (3): 321-329.
- [15] 黄葵, 陈曦, 涂玲, 等. 督导下间歇性高强度运动训练对老年2型糖尿病患者体适能的作用 [J]. *中国老年学杂志*, 2021, 40 (9): 1112-1116.
HUANG K, CHEN X, TU L, et al. The effect of supervised high-intensity interval training on physical fitness of elderly patients with type 2 diabetes mellitus [J]. *Chin J Geriatr*, 2021, 40 (9): 1112-1116.
- [16] BAUMGARTNER R N, WAYNE S J, WATERS D L, et al. Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly [J]. *Obes Res*, 2012, 12 (12): 1995-2000.

收稿日期: 2022-04-07 修回日期: 2022-05-21 本文编辑: 徐文璐