

等热卡不同运动方式糖尿病患者代谢因素和心血管反应的研究*

刘莉莉¹ 江钟立¹ 李 骏² 贺丹军³ 张 勤¹

摘要 **目的:**探讨等热卡消耗的情况下不同运动方式对糖尿病患者代谢因素和心血管反应的影响,以利于糖尿病患者个体化运动处方的制订。**方法:**13 例 2 型糖尿病患者采用活动平板和功率车两种运动方式,使用气体代谢分析仪器进行等热卡消耗运动方案,监测运动中血糖、心率、血压及气体代谢等指标。**结果:**在热卡消耗相等的情况下,两种方式运动前后患者血糖均显著降低,血糖下降差值无显著性变化; VE/VO_2 、 VE/VCO_2 和运动中靶心率存在显著性差异。**结论:**等热卡不同方式的运动降糖效应和心血管效应相似,运动方式并不是糖尿病患者血糖控制的决定因素。

关键词 2 型糖尿病;运动方式;热卡消耗;血糖;心血管反应

中图分类号:R587,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2006)-05-0419-03

Effects of different exercises with isocaloric consumes on metabolic factors and cardiovascular responses in type 2 diabetic patients/LIU Lili,JIANG Zhongli,LI Jun,et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2006,21(5): 419—421

Abstract Objective:To explore the effects of different exercises with isocaloric consumes on metabolic factors and cardiovascular responses in order to provide individually exercise prescriptions for type 2 diabetic patients.**Method:**Thirteen patients with type 2 diabetes were included for this exercise programs of isocaloric consumes with motorized treadmill and cycle ergometer respectively by gas exchange analyzers($k4b^2$).The blood glucose,heart rate,blood pressure and gas exchange parameters were monitored during exercises.**Result:**The levers of blood glucose after exercise decreased significantly compared with that pre-exercise. There were not significantly differences in the reductions of blood glucose between treadmill and ergometer with isocaloric consumes,but there were significantly differences in VE/VO_2 , VE/VCO_2 and target heart rate between different exercises.**Conclusion:**The effects of different exercises with isocaloric consumes on metabolic factors and cardiovascular responses are homologous,which suggests that the exercise form be not a crucial factor to adjust the levels of blood glucose in type 2 diabetic patients,and provide a new idea for quantity of exercise prescription by use of isocaloric consumes in type 2 diabetic patients.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine,First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University,210029

Key words type 2 diabetes mellitus; exercise form; isocaloric consumes; blood glucose; cardiovascular responses

运动不足是 2 型糖尿病发病的独立危险因素^[1],运动可以显著降低 2 型糖尿病患者的餐后高血糖^[2]。但是许多患者对选择运动方式和掌握运动强度常有困惑,导致运动疗法实施困难。热量摄入和消耗的平衡是糖尿病治疗的基本原则,根据能量代谢的原理,不管采用什么运动方式,只要消耗的热卡相同,对血糖的控制不应有太大的差异,因此,从热卡消耗的角度考虑运动处方的制订可能为糖尿病患者的实施个性化运动方案提供新的思路,但有关这方面的研究尚少。本研究旨在探讨等热卡消耗不同运动方式对糖尿病患者代谢及心血管反应的影响,为临床普及糖尿病患者个体化运动处方提供理论依据。

1 对象及方法

1.1 研究对象

2005 年 4 月—10 月江苏省人民医院集团门诊就诊的糖尿病患者 13 例。平均年龄 66.54 ± 4.52 岁,其中有 4 例合并高血脂,2 例合并冠心病,8 例患轻度高血压,2 例有脑卒中史。入组标准:参照 1997 年美国糖尿病协会标准^[3],除外各种急性感染、空腹血糖 $>16.8 \text{ mmol/L}$ 、酮症酸中毒、增殖性视网膜病、血肌酐 $>2 \text{ mg/dl}$,以及严重心脑血管系统疾病等。研究期间糖尿病饮食固定,口服降糖药及胰岛素注射按原医嘱不变。

* 基金项目:本课题为省卫生厅基金资助项目(Z200502)

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科,南京,210029

2 江苏省省级机关医院内分泌科

3 南京医科大学第一附属医院临床心理科

作者简介:刘莉莉,女,硕士研究生

收稿日期:2006-01-24

1.2 方法

1.2.1 运动能力评定:运用 GE maquettes cadio 运动平板和气体代谢仪器(k4b²)进行心肺运动试验。首先对受试者进行体格检查,排除严重心肺系统疾病,详细解释心肺运动试验的注意事项;次日早餐后 1h,按照操作规范预热校正仪器,测量安静状态下的血压、脉搏,正确佩戴气体代谢仪,连接运动心电图导联,选择改良布鲁斯(ModBruce)运动方案进行运动测试。

次最大耗氧量(VO_2 submax)的判定标准:①心率稳定在接近理论最大心率;②运动负荷增加,而耗氧量 VO_2 稳定;③呼吸气体交换率 >1.10 ;④不能跟上运动平板速率。至少具备以上 3 项即可确定 VO_2 submax^[4]。

1.2.2 运动程序:实施 5 日热卡递增消耗运动方案。第 1—4 天为平板运动热卡消耗调整日,采用气体代谢仪测量运动热卡,体验运动强度,检测运动代谢和心血管反应指标如血糖、心率、血压及气体代谢指标。根据运动前后血糖的差值、主观劳累程度(rating of perceived exertion,RPE),以及心血管反应确定个体最适目标热卡值,于第 5 天实施功率车运动,观察该目标热卡值在功率车运动时代谢指标和心血管的反应。

1.2.3 运动热卡消耗测定:使用气体代谢分析仪器测定分析。可自动记录气流、 O_2 、 CO_2 和心率,并可以进行实时连续的测定。通过软件分析获得呼吸商(RQ)、氧当量 (VE/VO_2)、 CO_2 当量 (VE/VCO_2)、氧脉(VO_2/HR)、死腔比(VD/VT)、消耗热卡(EE)等指标^[5]。

1.2.4 血糖和心血管反应指标的测量:使用 CE Surestep 葡萄糖氧化酶-过氧化物酶法测量指血糖;用血压计检测血压,用心率测量器遥测心率,两项乘积(RPP)= $HR \times SBP \times 10^{-2}$;RPE 采用 Borg 评分法。

1.3 统计学分析

数据结果以均值 $\pm$ 标准差表示,采用 SPSS10.0 软件进行配对 t 检验, $P<0.05$ 为差异有显著性。

2 结果

等热卡消耗不同运动方式对气体代谢参数的影响:表 1 显示两种运动方式等热卡消耗时除了氧通气当量(VE/VO_2)和 CO_2 通气当量(VE/VCO_2)指标外,气体代谢参数的其余指标无显著差异。

等热卡消耗不同运动方式对血糖、血压、心率的影响:表 2 显示等热卡消耗两种运动方式时血糖、血压、心率以及主观劳累程度等指标无显著差异。运动中靶心率在两种方式运动中有显著性差异。虽然舒

张压在两种方式运动前有显著差异($P<0.05$),但运动后以及运动前后的差值未见显著差异。

表 1 等热卡消耗不同运动方式时
气体代谢参数的变化

气体代谢参数	平板运动	功率车运动
RF(beat/min)	26.32 $\pm$ 2.25	26.52 $\pm$ 2.98
VT(L)	1.13 $\pm$ 0.34	1.13 $\pm$ 0.36
VE(L/min)	29.10 $\pm$ 7.20	30.21 $\pm$ 11.22
VO_2 (ml/min)	1066.31 $\pm$ 256.65	1029.56 $\pm$ 360.79
VCO_2 (ml/min)	828.10 $\pm$ 230.59	813.70 $\pm$ 294.73
VE/VO_2	25.80 $\pm$ 1.84	27.67 $\pm$ 3.59 ^①
VE/VCO_2	33.51 $\pm$ 4.17	35.15 $\pm$ 3.61 ^①
VO_2/kg (ml/min/Kg)	16.40 $\pm$ 3.34	16.15 $\pm$ 5.00
R	0.78 $\pm$ 0.08	0.79 $\pm$ 0.08
VO_2/HR (ml/bpm)	8.78 $\pm$ 4.40	8.61 $\pm$ 6.65
VD/VT	0.24 $\pm$ 0.05	0.24 $\pm$ 0.06
METs	4.69 $\pm$ 0.95	4.61 $\pm$ 1.43

①与平板运动组比较 $P<0.05$

表 2 等热卡不同运动方式时血糖、血压、
心率以及 RPF 的变化

测试指标	平板运动	功率车
运动热卡(kCal)	147.02 $\pm$ 49.22	152.25 $\pm$ 56.95
运动前血糖(mmol/L)	10.81 $\pm$ 2.80	11.15 $\pm$ 3.52
运动后血糖(mmol/L)	7.38 $\pm$ 2.33	6.38 $\pm$ 2.60
运动前后血糖差(mmol/L)	3.43 $\pm$ 1.80	4.77 $\pm$ 2.01
安静时心率(r/min)	74.00 $\pm$ 12.03	77.15 $\pm$ 11.65
运动中靶心率(r/min)	102.85 $\pm$ 8.18	109.38 $\pm$ 10.69 ^①
安静时收缩压(mmHg)	116.31 $\pm$ 9.59	112.92 $\pm$ 10.97
安静时舒张压(mmHg)	68.69 $\pm$ 5.62	64.00 $\pm$ 6.73 ^①
靶强度运动时收缩压(mmHg)	143.43 $\pm$ 13.76	147.21 $\pm$ 13.72
靶强度运动时舒张压(mmHg)	68.86 $\pm$ 7.03	69.79 $\pm$ 7.31
运动后收缩压(mmHg)	143.69 $\pm$ 14.82	148.54 $\pm$ 13.90
运动后舒张压(mmHg)	68.46 $\pm$ 7.43	69.77 $\pm$ 7.90
运动前后舒张压差(mmHg)	3.77 $\pm$ 7.27	0.77 $\pm$ 11.68
运动靶心率时两项乘积(RPP)	148.11 $\pm$ 21.49	163.30 $\pm$ 26.41
主观劳累程度(RPE)	12.31 $\pm$ 1.32	12.77 $\pm$ 2.13
运动时间(min)	27.69 $\pm$ 4.39	29.23 $\pm$ 4.94

①与平板运动组比较 $P<0.05$

3 讨论

临床糖尿病运动疗法缺乏有效的量化指标。但是在运动指导中,常规参照中等运动强度运动 30min 的心脏病康复处方来指导临床糖尿病患者的运动。心脏病运动处方强度虽然对糖尿病患者的心肺功能提高有一定的益处,但对糖代谢的改善未必是最适宜的^[6]。更重要的是,在患者结束运动测量血糖前,很难判断患者的实际血糖变化,从而无法预计避免糖尿病患者运动过程中可能出现的低血糖或高血糖状态^[7];同时运动强度的掌握也是患者的一个难题,虽然我们一直采用“糖尿病 5 日康复流程”对糖尿病患者实施运动疗法指导,试图努力让患者学习和体验个体适宜的运动强度,但仍有部分患者很难在日常生活中坚持实施^[8-9]。本研究的目的在于试图避开运动强度这一难以掌握的因素,根据能量代谢平衡的原则,观察在等热卡消耗的情况下不同运动方式对糖尿病患者代谢和心血管的反应,探讨代谢性疾病与心血管疾病在运动疗法之间的异同点,为不同脏器疾病的运动处方制订提供理论依据。

气体代谢是运动热卡消耗量化的金指标^[10], 呼吸气分析是检测气体代谢的一种无创性方法。运动中氧耗量、 CO_2 消耗量直接反映了运动中气体代谢的情况, 正如表 1 所示, 平板运动和功率车两种运动前后患者气体代谢多项参数之间均未见显著性差异, 说明尽管运动方式不同, 但是两种不同的运动方式所消耗的运动热卡是相等的, 提示本课题设计的前提条件符合预期要求具有可比性。 VE/VO_2 和 VE/VCO_2 分别代表氧通气当量和 CO_2 通气当量, 反映了机体在运动中的有氧代谢和无氧代谢的状况。观察发现, 未达无氧阈前, 通气量(VE)的增加和氧摄取量(VO_2)、 CO_2 排出量 (VCO_2) 及运动量相关, VCO_2 与 VO_2 呈等比例增加。目前认为当 VE/VO_2 急剧升高时, 而 VE/VCO_2 未见降低的时间点是确定无氧阈的最敏感方法。虽然两种不同运动方式中 VE/VO_2 和 VE/VCO_2 有显著性差异, 但是 VO_2 和 VCO_2 作为衡量热卡的直接指标在两种运动方式中没有见到显著差异, 提示患者在不同方式运动分别处于有氧代谢的不同阶段, 但总热卡消耗没有显著改变。

比较运动方式对糖代谢的影响发现, 在等热卡消耗的情况下, 不同运动方式对患者的运动前后的血糖及血糖差值未见显著性差异, 提示运动方式并不是糖尿病患者血糖控制的决定因素, 不同的运动方式只要热卡消耗相等运动降低血糖的效果是一样的。运动消耗热卡量主要取决于运动的强度和运动时间, 运动时间易于控制, 关键是特定的运动强度较难把握。临床上常用运动中靶心率来作为运动强度的处方指标, 运动中的靶心率 $=[(220-\text{年龄})-\text{安静心率}]+ \text{安静心率} \times (50\%-70\%)$ ^[8]。本研究发现虽然消耗的热卡相同, 血糖下降的幅度也一样, 但运动靶心率在两种不同运动方式中却存在显著性差异, 提示以心率作为糖尿病运动处方的强度未必适宜, 代谢性疾病与心血管疾病在运动疗法上各有其特点。

从等热卡消耗运动对心血管功能的反应来看, 比较两种不同运动方式对收缩压和两项乘积(RPP)等指标未见显著差异, 虽然舒张压在两种不同方式运动前有显著性差异, 但不同方式运动后以及运动前后的差值均未见显著差异, 提示运动前舒张压差异的存在并不影响本研究的结果。RPP 是反映心肌氧耗量的一个常用指标^[11], 本研究结果显示, 不同方式的靶强度运动时 RPP 未见显著差异, 说明这两种运动方式在靶强度运动时心肌氧耗量相似, 且患者在这两种不同运动时主观劳累程度的积分也相近, 提示在等热卡消耗的两种不同方式的运动对患者心血管功能的效应是一致的, 保证了运动的安全性。本

研究结果还提示有糖尿病心血管合并症的患者同样也能进行合理的运动治疗, 即患者可以自由选择自己喜爱的运动方式, 选择自己能够适应的运动强度, 调整好运动时间, 完成预期的目标热卡消耗, 同样能够获得良好运动疗法效果。

平板运动和功率车运动虽然都属于有氧运动的范畴, 但是因为这两种运动方式相比较于散步、健身操、太极拳等其他运动方式, 更易于在实验室对其相关运动参数进行测量和控制。其次, 步行和骑车也是绝大数中国民众最常见的日常生活活动方式, 平板运动和功率车就是模拟了这两种运动方式。本研究结果显示不同运动方式只要运动消耗热卡相等就可以得到同样的运动降血糖效果, 这对于临床根据实际情况结合患者的日常生活活动开展多样化的运动治疗具有重要意义, 为临床上利用运动消耗热卡来量化糖尿病运动治疗提供了新思路。

4 结论

本研究探讨了等热卡消耗的情况下不同运动方式对糖尿病患者代谢因素和心血管反应的影响, 发现运动的降糖效应和心血管效应相似, 运动方式并不是糖尿病患者血糖控制的决定因素。

参考文献

- [1] Albright A, Franz M, Hornsby G, et al. American college of sports medicine position stand exercise and type 2 diabetes[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2000, 32(7):1345—1360.
- [2] Boule NG, Haddad E, Kenny GP, et al. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials [J]. JAMA, 2001, 286(9):1218—1227.
- [3] American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise [J]. Diabetes Care, 1997, 20(12):1908—1912.
- [4] Guazzi M, Opasich C. Functional evaluation of patients with chronic pulmonary hypertension [J]. Ital Heart J, 2005, 6(10):789—794.
- [5] Mc Naughton LR, Sherman R, Roberts S, et al. Portable gas analyzer cosmed K4b² compared to a laboratory based mass spectrometer system [J]. J Sports Med Phys Fitness, 2005, 45(3):315—323.
- [6] Kriska A. Physical activity and the prevention of type 2 diabetes mellitus: how much for how long[J]? Sports Med, 2000, 29(3):147—151.
- [7] Jiang ZL, Harada T, Yokokawa M, et al. Muscle damage induced by experimental hypoglycemia [J]. Metabolism, 1998, 47:1472—1476.
- [8] 江钟立. 运动疗法与糖尿病及肥胖症[J]. 中国临床康复, 2004, 8(6):1105—1107.
- [9] 张勤, 金豫, 江钟立, 等. 不同运动方式对糖尿病患者血糖的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(4):253—254.
- [10] Schmitz KH, Treuth M, Hannan P. Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls [J]. Med Sci Sports Exerc, 2005, 37(1):155—161.
- [11] 江钟立, 周士枋, 励建安, 等. 等张运动和抗阻运动对心血管的反应及相关激素的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2002, 17:26—28.