

·临床研究·

## 等热卡不同强度运动处方对2型糖尿病的治疗效果\*

章 稳<sup>1</sup> 郭 琪<sup>1,2</sup> 沈素兴<sup>1</sup> 王秀阳<sup>1</sup> 李 晶<sup>1</sup> 于德民<sup>1</sup> 王家仲<sup>1</sup>

### 摘要

**目的:**确定在相同能量消耗下,不同运动强度的运动处方对2型糖尿病(T2DM)患者的血糖水平、胰岛素敏感性及心肺适应能力的不同影响效果。

**方法:**55例没有运动习惯的T2DM患者,年龄(51.2±1.3)岁,被平均分到低强度组(50%VO<sub>2peak</sub>, n=27)和高强度组(75%VO<sub>2peak</sub>, n=28),进行每周5次,每次消耗热量为240kCal,为期12周的运动训练。在训练前及最后1次训练结束后16—24h和15d分别进行口服葡萄糖耐量试验评价空腹血糖水平及胰岛素敏感性(ISI)等指标,并测定心肺适应能力。

**结果:**通过训练,两组在最后1次训练结束后16—24h所测得的ISI和心肺适应能力比较训练前均有明显改善,但两组的改善效果之间差异无显著性(低强度组24.3±0.9 vs.26.4±1.2;高强度组25.2±0.8 vs.27.5±1.1, P<0.05)。整体训练结束后15d较运动开始前,低强度组ISI(24.3±0.9 vs.26.2±1.1, P<0.05)和心肺适应能力(VO<sub>2peak</sub> 3.4±0.4 vs.4.8±0.5 vs.4.4±0.5, P<0.05)的改善效果比较差异有显著性,高强度组心肺适应能力的改善效果有显著性的延续(VO<sub>2peak</sub> 3.6±0.4 vs.3.5±0.4, P<0.05)。

**结论:**对于T2DM患者来说,在相同能量消耗下,无论是中等强度还是高强度的运动训练都起到改善胰岛素敏感性和心肺适应能力的作用,但总运动时间较长的中等强度运动训练对于改善胰岛素敏感性治疗效果的持续性要优于短时高强度的运动训练。

**关键词** 2型糖尿病;运动强度;运动时间;胰岛素敏感性;峰值耗氧量

中图分类号:R587.1,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2014)-03-0228-06

Effects of various exercise intensity with the same energy expenditure on glucose homeostasis and insulin sensitivity in type 2 diabetes mellitus/ZHANG Wen, GUO Qi, SHEN Suxing, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2014, 29(3):228—233

### Abstract

**Objective:** To determine whether exercise prescriptions differing in glucose level, insulin sensitivity and cardiorespiratory fitness in volume or intensity with the same energy expenditure in type 2 diabetes mellitus (T2DM).

**Method:** Sedentary T2DM patients [age (51.2±1.3) years] were assigned to either low-intensity exercise group (50% VO<sub>2peak</sub>, n=27) or high-intensity exercise group (75% VO<sub>2peak</sub>, n=28), and followed a 12-week exercise program of 5 sessions/week and 240 kCal/session. Insulin sensitivity (ISI) was measured by oral glucose tolerance test, when subjects were sedentary before training and at 16—24 h and 15 days after the final training bout. The cardiorespiratory fitness was examined.

**Result:** ISI and cardiorespiratory fitness improved after training compared with baseline at 16—24 h with 2 exercise prescriptions (low-intensity 24.3±0.9 vs.26.4±1.2; high-intensity 25.2±0.8 vs.27.5±1.1, P<0.05). At 15 days after training cessation, ISI (24.3±0.9 vs.26.2±1.1, P<0.05) and cardiorespiratory fitness (VO<sub>2peak</sub> 3.4±0.4 vs. 4.8±0.5 vs.4.4±0.5, P<0.05) were still significantly elevated compared with baseline in low-intensity group, but the improvement in cardiorespiratory fitness (VO<sub>2peak</sub> 3.6±0.4 vs. 3.5±0.4, P<0.05) was statistical significant in high-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.03.007

\*基金项目:天津市高等学校科技发展基金计划项目(20120130)

1 天津医科大学,天津市和平区气象台路22号,300070;2 通讯作者

作者简介:章稳,女,硕士研究生;收稿日期:2013-05-17

intensity group only.

**Conclusion:** T2DM patients may have training-induced improvement in insulin sensitivity and cardiorespiratory fitness in both moderate-intensity and high intensities of cardiorespiratory exercise with the same energy expenditure, but the persistence of improvement in insulin sensitivity may be more dependent on exercise duration than exercise intensity in regimen with the same level of energy expenditure.

**Author's address** Dept. of Rehabilitation and Sports Medicine, Tianjin Medical University, Tianjin, 300070

**Key word** type 2 diabetes mellitus; exercise intensity; exercise duration; insulin sensitivity; peak oxygen consumption

以执行运动处方为主的运动疗法,连同药物疗法和饮食疗法已经成为2型糖尿病(T2DM)公认的3大治疗方法。但是,关于T2DM人群运动处方的关键内容(运动强度和运动时间的配比问题)现在还没有定论。目前普遍认为长时间中等强度(40%—60%  $VO_{2peak}$ )的有氧运动对于T2DM患者降低血糖、提高胰岛素敏感性、改善心肺功能有良好的作用<sup>[1-2]</sup>。但是,由于其需要相对长时间的坚持才能达到相应效果,患者往往不能坚持完成预定运动计划,无法得到理想的效果。与此对应的,高强度(65%—85%  $VO_{2peak}$ )的运动处方,可以直接利用葡萄糖无氧酵解供能,可能对T2DM患者血糖的控制及运动能力的改善更为直接有效。近年来,很多科研机构开展了对高强度运动效果的相关研究,尽管尚无统一结论,但有研究表明,更高强度的运动可能会对改变糖化血红蛋白(HbA1c)和心肺适应能力等指标产生更好的效果<sup>[3]</sup>。临床上我们试图找到更合理的运动强度和运动时间的配比,制定出更高效率的运动处方。但是,出于安全性等方面的考虑,高强度运动处方在临床上往往被过分的避免了。然而,糖尿病患者(尤其是没有合并严重并发症的)在接受运动处方训练后,特别是在疾病维持期的长期康复治疗过程中,为了得到更好的效果,患者往往要求增加运动强度和(或)延长运动时间,此时就要求临床医务人员在制定和改变运动处方的时候必须要充分考虑到运动强度、时间、运动量等变量的优化配比及其效果,制定出患者易于接受并可以长期坚持的高效个性化运动处方,这也是制定运动处方的原则和关键问题。因此,本实验的目的在于确定在相同能量消耗下,不同运动强度的运动处方,对T2DM患者的血糖水平、胰岛素敏感性及心肺适应能力的不同影响效果,力求为临床的个性化运动处方的制定提供一定

的理论依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究在天津医科大学代谢病医院门诊成立内科疾病康复治疗服务中心,共募集自愿参加者156例。我们对全员进行每周1—2次、为期3周的关于糖尿病康复相关知识的宣教,让全员对康复内容可以有较全面的认识,对各自的日常生活习惯重新定位并自愿做可行性调整。对接受3周以上的自愿参加者,我们通过国际体力活动调查问卷(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ)和步行器(Walking Style HJ-301, Omron Healthcare Co., Ltd, Kyoto, Japan)观察所有参加者2周,采集第2周连续7d的数据计算平均1d步行数。初步排除配合度低的,以及满足本实验排除条件的人员。对符合条件的自愿者讲解本项研究内容,在愿意参加本实验的人员中随机选取了60例没有运动习惯并符合以下条件的T2DM患者,年龄40—60岁,男42例,女18例,作为志愿者参加本实验研究,签署知情同意书。在本研究中,我们参考以前的研究将没有运动习惯定义为平均1d步行数 $<7500$ 步/d<sup>[5]</sup>。排除条件包括:正在使用胰岛素治疗的;近半年内每周运动次数 $>2$ 次,每次运动时间 $>20$ min,近期参加过其他力量训练的;入组前2个月内口服降糖药、降压药、降脂药,存在显著变化的;体重变化 $\geq 5\%$ ;血压水平 $>160/95$ mmHg;血清肌酐水平 $>200$  $\mu$ mol/L;尿蛋白水平 $>1$ g/d的;已经诊断患有糖尿病并发症(如严重心血管疾病、糖尿病肾病、神经系统疾病、糖尿病性坏疽、骨质疏松症等)或其他内外科疾病而不适合运动的患者。

由于失去实验积极性、服药状况或日常生活改

变等原因,有5位受试者(低强度组 n = 3,高强度组 n = 2)退出了实验。本实验中受试者基本情况见表1。两实验组间受试者基本情况差异无显著性。

表1 两组研究对象一般临床资料

特征	低强度组(n=27)	高强度组(n=28)
性别(男/女)	15/12	15/13
年龄(年)	52.0±1.3	50.3±1.2
糖尿病史(年)	5.1±0.9	4.2±0.6
运动时间(min/次)	59.1±3.0	43.3±2.4 <sup>①</sup>
运动训练的目标靶心率(次/min)	108±10	126±12 <sup>①</sup>

①与低强度组对比 P<0.05

## 1.2 实验设计

**1.2.1 运动处方的设置:**整个运动训练在天津医科大学康复与运动医学系运动疗法实验室里完成。对受试者进行每周5次,共计12周的,平板跑台(SportsArt 6300, Sports Art Fitness, 中国深圳)运动干预,每次消耗以240kCal为标准(此运动消耗量是根据美国卫生部报告推荐的每周消耗1200kCal运动量计算)。运动强度分为低强度运动组(50% VO<sub>2peak</sub>)和高强度运动组(75% VO<sub>2peak</sub>)。运动处方在具体实施过程中采取循序渐进的方式:第1周两组都以45%VO<sub>2peak</sub>作为运动强度进行15min的运动训练;第2周两组运动时间增加至30min(2×15min);第3—4周低强度组运动时间增加至40min(2×20min),而高强度组运动强度增加至65%VO<sub>2peak</sub>;第5—12周两组运动强度达到预定指标,且运动时间以每次消耗240kCal(2×120kCal)为基准。

**1.2.2 监测指标:**在运动介入前、12周运动干预结束后16—24h及第15天对所有受试者进行指标测定。①口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT):根据Matsuda和DeFronzo<sup>[6]</sup>的描述,胰岛素敏感性用胰岛素敏感性指数(insulin sensitivity index, ISI)表示,即

$$10000 / \left[ \frac{(\text{空腹血清葡萄糖} \times \text{空腹血清胰岛素}) \times (\text{血清葡萄糖均值} \times \text{血清胰岛素均值})}{\text{血清葡萄糖均值} \times \text{血清胰岛素均值}} \right]$$

其中血清葡萄糖和胰岛素的均值即为用OGTT所测得的第30、60、90、120min的血清葡萄糖和胰岛素的均值。胰岛素耐受性内稳态模型评估(homeostasis model assessment of insulin resistance, HOMA-IR)用空腹胰岛素(μU/ml)×葡萄糖(mmol/l)/22.5求得。②血压和脉搏波传导速度(pulse

wave velocity, PWV):通过自动血压测定计(Omron HEM-70801c; Omron Healthcare, Japan)提供的动脉僵硬度的指标得到颈-股动脉的PWV,每次测量3次,取均值进行分析。③峰值耗氧量(VO<sub>2peak</sub>):测定采用改良布鲁斯跑步机训练测试<sup>[7]</sup>的心肺适应分析系统(Metalyzer 3B, Cortex, Germany)。初始测试目的为判断受试者有无心肺疾病及其运动的适应性,第二次测试则用以确定训练前的VO<sub>2peak</sub>。④人体测量学:包括身体质量指数(body mass index, BMI)和体脂含量。BMI用体重(kg)/身高(m<sup>2</sup>)表示。体脂含量用双能X线吸收扫描器(lunar prodigy, GE Medical systems, USA)测得。

**1.2.3 影响因素控制:**在整个实验周期内要求受试者佩戴计步器(除运动训练时间),每周记录连续7d的每日平均步行数,如果受试者1周内平均每日步行数比运动前>2000步,将提醒受试者规范其日常活动量,若仍不能遵循规定,则此受试者数据将被剔除,不纳入结果进行统计学分析(最终排除了3例)。运动训练结束后每周至少1次我们也会和受试者见面或电话采访,以便我们采集信息数据,并了解患者情况。此外,对于按照要求顺利完成本项目的受试者,我们奖励了他们在实验结束后可以免费接受为期2个月以上的康复治疗服务,而且在本大学代谢病医院进行的本科项目的免费体检可以替代医保规定的定期检查。以上内容在知情同意书中都有明确表述,每一位受试者在入组训练前都签署了知情同意书。

## 1.3 统计学分析

采用SPSS11.5软件进行分析,运用重复测量资料ANOVA纵向观察受试者运动前后各项指标的变化,运用配对t检验横向对比两组间所测指标有无差异。P<0.05差异有显著性意义。

## 2 结果

### 2.1 运动时间

对比低强度组,高强度组的每次训练所用的时间和运动训练的目标靶心率差异有显著性意义(P<0.05),见表1。

### 2.2 胰岛素敏感性

低强度组和高强度组在最后一次训练结束后16—24h所测得的ISI较训练前有明显增加。在最

后一次训练结束后15d,低强度组整体运动训练结束后15d所测得的值较训练前有明显提高( $P < 0.05$ ),而高强度组恢复到训练前水平(表2)。

### 2.3 心肺适应能力( $VO_{2peak}$ )

通过12周的运动训练,两组的 $VO_{2peak}$ 有明显升高,并且直至训练结束后15d, $VO_{2peak}$ 与训练前相比仍能保持在一个相对较高的水平,这个现象在低强度组中更为明显(表2)。

### 2.4 BMI和体脂含量

见表2,两组的BMI和体脂含量在最后一次训练结束后16—24h较训练前都有明显下降,而15d后

下降更多;在最后一次训练后16—24h测得的血压较训练前都有所下降,而这种变化在15d消失。

### 2.5 血糖、血脂及PWV

无论是在低强度组还是高强度组中,运动训练12周后,其HbA1c、空腹血糖、胆固醇、HDL-C、LDL-C、甘油三酯,以及PWV都无明显变化(表2)。

### 2.6 平均每日步行数

见表3,在这12周的运动训练中,无论是低强度组还是高强度组,受试者平均每日步行数均无明显变化(表2)。

表2 两组间在训练前、停止训练后16—24h和15天胰岛素敏感性和心肺适应能力指标 ( $\bar{x} \pm s$ )

	低强度组(n=27)			高强度组(n=28)		
	训练前	16—24h	15d	训练前	16—24h	15d
ISI	24.3±0.9	26.4±1.2 <sup>①</sup>	25.6±1.0 <sup>①</sup>	25.2±0.8	27.5±1.1 <sup>①</sup>	26.2±1.1 <sup>①</sup>
$VO_{2peak}$	3.4±0.4	5.4±0.6 <sup>①</sup>	4.4±0.5 <sup>①</sup>	3.6±0.4	4.8±0.5 <sup>①</sup>	3.5±0.4 <sup>①</sup>
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25.9±0.6	25.4±0.6 <sup>①</sup>	25.3±0.7 <sup>①</sup>	26.1±0.7	25.6±0.7 <sup>①</sup>	25.6±0.6 <sup>①</sup>
体脂含量(%)	28.0±1.4	27.1±1.3 <sup>①</sup>	27.0±1.3 <sup>①</sup>	30.1±1.4	29.0±1.3 <sup>①</sup>	29.1±1.4 <sup>①</sup>
HbA1c(%)	6.7±0.2	6.7±0.2	6.7±0.2	6.6±0.2	6.5±0.2	6.5±0.2
空腹血糖(mmol/l)	7.5±0.4	7.3±0.3	7.4±0.3	7.1±0.4	7.0±0.3	7.2±0.4
空腹胰岛素( $\mu$ U/ml)	14.3±1.1	11.0±0.9 <sup>①</sup>	13.5±1.0	13.7±1.0	10.5±0.9 <sup>①</sup>	13.1±1.1
HOMA-IR	4.8±0.3	3.6±0.2 <sup>①</sup>	4.5±0.2	4.3±0.2	3.3±0.2 <sup>①</sup>	4.2±0.2
胆固醇(mmol/l)	5.2±0.2	5.0±0.2	4.9±0.2	5.5±0.3	5.3±0.3	5.3±0.3
HDL-C(mmol/l)	1.4±0.1	1.5±0.1	1.4±0.1	1.5±0.1	1.5±0.1	1.5±0.1
LDL-C(mmol/l)	3.1±0.2	3.2±0.2	3.0±0.3	3.3±0.2	3.2±0.2	3.3±0.2
甘油三酯(mmol/l)	1.8±0.2	1.9±0.3	1.8±0.2	1.9±0.3	1.9±0.3	1.9±0.2
DBP	74±3	73±2	75±3	76±2	73±2	74±3
SBP	125±3	120±3a	125±3	127±3	121±3 <sup>①</sup>	126±4
PWV(m/s)	13.7±0.4	13.6±0.5	13.8±0.5	13.8±0.4	13.5±0.5	13.9±0.5
平均每日步行数(步/d)	5391±289	5613±307	5480±321	5247±325	5530±314	5416±297

ISI:胰岛素敏感性指数; $VO_{2peak}$ :耗氧量峰值;BMI:身体质量指数;HbA1c:糖化血红蛋白;HDL-C:高密度脂蛋白;LDL-C:低密度脂蛋白;DBP:心脏舒张压;SBP:心脏收缩压;PWV:脉搏波传导速度。①同组间与训练前相比 $P < 0.05$

## 3 讨论

### 3.1 不同运动强度和时间的空腹血糖水平和胰岛素敏感性的影响

运动训练可以促进人体内的葡萄糖直接被肌肉摄取,提高胰岛素的敏感性,促进葡萄糖转运到细胞内进行利用,因此运动疗法已经渐渐成为糖尿病治疗中一个重要环节。但是什么样的时间与强度的配比是最高效的目前尚没有定论。在本实验中,我们设计了2个不同运动强度(50% $VO_{2peak}$ ;75% $VO_{2peak}$ ),相同运动量(240kCal/次)的运动处方,用以观察不同强度与时间的配比对T2DM的影响。结果发现通过12周等热卡消耗下的中等强度或高强度运动训练后,两组受试者的胰岛素敏感性(ISI和HOMA-IR数据)在运动训练后16—24h较训练前都有所提高,

但两组之间差异并没有显著性意义。因此可以证明无论是中等强度(50% $VO_{2peak}$ ),还是高强度(75% $VO_{2peak}$ )的运动训练都有提高T2DM患者胰岛素敏感性的可能。若在相同能量消耗的情况下,不同时间和强度配比的运动处方对胰岛素敏感性的改善没有差异,那么每次训练的运动量以及运动处方总的能量消耗量就可能是影响胰岛素敏感性的关键性因素。因此,在今后的工作中,我们可以用运动量(热卡)作为制定运动处方时的量化指标,实行多元化的组合方式(比如太极拳、登山等),增加运动趣味性,提高患者的参与度。

此外,我们的实验结果显示,12周的运动训练(无论中等强度还是高强度)都不能影响受试者的空腹血糖和HbA1c。与我们的结果相似,在Wing等<sup>[8]</sup>

的试验中,他们将125例肥胖的T2DM患者随机分为运动组和对照组,所有受试者每周都要进行两次的集体运动训练和一次的自主运动训练,其中运动组每次要进行3英里的步行训练,而对照组只是做一些简单的伸展运动,经过了10周的训练,结果并没有发现两组受试者的血糖控制能力有明显差异。但是,有的研究结果显示了运动训练可以改善血糖和HbA1c水平,Khan等<sup>[9]</sup>选取服用口服降糖药的T2DM患者39例,随机挑选出21例进行为期15周的运动训练,结果发现只有训练组的受试者其HbA1c水平有所下降,但是由于影响HbA1c的因素有很多,因此不能直接证明运动训练结合药物治疗可以直接起到调节HbA1c的作用。我们的研究结果与以前部分研究的比较提示,运动训练对于T2DM患者血糖水平产生的不同影响效果,可能与不同运动处方中运动周期和/或单次运动时间的长短有关。此外,本研究的受试者的基线HbA1c在6.6%左右一个相对较低的水平,说明患者血糖控制已经处于比较理想的状态,因此本研究采用的运动处方可能对其不能产生更进一步的改善效果,更长期的运动疗法可能会更加有效,在今后的研究中我们将增加对运动期间等条件的检讨。

### 3.2 运动训练对于胰岛素敏感性的持续效果

运动训练对胰岛素敏感性改善的持续性效果也备受关注,但是这种功能的改善及其效果的持续性是否会随运动强度和时间的不同而改变,尚不清楚。近期Mourier等人进行的一项研究显示<sup>[10]</sup>低运动量/中等运动强度组和高运动量/高运动强度组的受试者,其最后一次训练结束后15d的胰岛素敏感性与参加运动前相比平均增加30%,这就证明了低运动量/中等运动强度或者高运动量/高运动强度的运动处方有持续改善胰岛素敏感性的可能。在本研究中我们发现,尽管停止训练15d后低强度组的ISI增长幅度不如训练后24—48h那样明显,但是ISI水平仍较未参加训练前有明显增加,而高强度组则没有此效果,这就可以证明胰岛素敏感性的改善可以通过中低强度的运动训练得以保持。另一方面,由于两组的运动消耗量一致,因此低强度组( $59.1 \pm 3.0$ min/次)较高强度组( $43.3 \pm 2.4$ min/次,  $P < 0.05$ )拥有更长的运动时间。运动时间作为此项研究中所设

置的一个重要的变量,我们有理由相信运动时间可能是在设计运动处方时必须考虑的重要因素。

目前尚没有足够的证据可以解释长时间的运动可以带来胰岛素敏感性改善持续性的细胞机制。少数的研究表明骨骼肌的线粒体含量可能是调节胰岛素敏感性的一个主要因素<sup>[11-12]</sup>。事实上,调节胰岛素敏感性的机制是多重的,复杂的,希望在之后的研究中我们可以解释为什么运动处方可以提供胰岛素敏感性改善的持续性。

### 3.3 运动训练对T2DM心肺适应能力的影响

$VO_{2peak}$ 作为评价体育锻炼效果、特殊群体或患者的有氧工作能力的重要指标<sup>[13]</sup>,其对增进健康、减少疾病的作用也是近年来研究的主要方向。在Laukkanen等13年跟踪调查发现, $VO_{2peak}$ 每增加1MET,非致命性心脏病的发病率就下降17%—29%,致命性心脏病的发病率下降28%—51%<sup>[4]</sup>。因此, $VO_{2peak}$ 水平的提高对于高血压、糖尿病等慢性病患者的治疗具有重要意义。本研究中,我们发现无论是中等强度还是高强度的运动训练都可以有效提高 $VO_{2peak}$ 水平,降低T2DM患者诱发心脏病的风险,改善其心肺适应能力,并且在运动训练停止15天后仍然可以观察到持续的改善效果。

### 3.4 运动训练对T2DM心血管并发症的影响

运动训练对T2DM心血管并发症的影响也具有重要意义。冠心病(coronary heart disease, CHD)是糖尿病的主要大血管并发症,筛查CHD的首要之举就是发现早期的动脉粥样硬化如内皮功能障碍(功能性动脉粥样硬化),启动生活方式和药物干预以逆转早期的形态学变化,而运动训练就是其中不可或缺的一项。运动训练对心血管危险因素有良好的控制作用,尤其是对高血压、高血脂、肥胖、改善血脂剖面等方面有很好的效果<sup>[1]</sup>。

此外,在本实验中两组运动处方在运动训练后16—24h所测得的SBP较训练前都有明显下降,这也表明运动训练有防止高血压发展的可能性。Ciolas等的报告指出高血压患者的PWV在有氧运动后会随SBP的减少而减少,用以表明运动训练有减少T2DM人群动脉硬化的作用,但在本实验中PWV并没有因为运动训练而产生变化<sup>[14]</sup>。这种结果的不同可能与训练模式或受试者状况有关。

本研究结果并没有表现出对胆固醇、HDL-C、LDL-C和甘油三酯等的积极影响。而在Kraus等<sup>[15]</sup>的研究中,有氧运动并没有对脂肪和脂蛋白的临床测定带来太多的改善,但通过血液运送胆固醇,蛋白质的物理结构会有所改变。

### 3.5 本实验的局限性

本试验局限性在于参加本试验的人数较少,且受试者均为有意愿改变生活状态的人,而这些因素可能会影响结果的统计学结果。其次,为了数据的客观性和准确性,我们和受试者在实验开始前已经有了一定时间的接触,并对他们提供了相应的教育与服务,使受试者对我们有了相对较好的依存性,同时受试者对计步器的使用和佩戴已经相对熟悉和习惯,因此参照以前的实验方法在整个实验过程中我们使用计步器来评价日常活动量<sup>[5]</sup>。即使这样也不能完全排除受试者额外增加运动量的可能,但是有了前期的干预和后期的监控,再加之我们设立的一些奖励制度和数据排除标准,相信我们的结果是有一定可信度的。另外,临床上大多数糖尿病患者都合并不同程度的心脑血管并发症,高强度运动虽然对一些方面有更好的效果,但这种方法在临床和社区推广应用时还是应该慎重。本方案目前仅适用于有良好运动疗法实验室和严格的医疗监控的单位,无条件单位不要盲目照搬,以免损害患者利益。

## 4 结论

本实验结果提示了对于T2DM患者来说,在相同能量消耗下,无论是中等强度还是高强度的运动训练都起到改善胰岛素敏感性的作用,但运动周期较长的中等强度运动训练其治疗效果的持续性要优于短时高强度的运动;此外,运动训练还可以有效提高 $VO_{2peak}$ 水平,改善其心肺适应能力,降低T2DM患者诱发心脏病的风险。此外,在临床上对于低风险的T2DM患者制定个性化运动处方时,可以用运动消耗量(热卡)作为量化指标(不必过于拘泥于运动强度和时长),可使得运动处方更具多样性,更易于患者接受和长期坚持。

## 参考文献

[1] Marwick TH, Hordern MD, Miller T, et al. Council on Clinical Cardiology AHA/ACC, Prevention C et al: Exercise train-

ing for type 2 diabetes mellitus: impact on cardiovascular risk: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2009, 119(25):3244—3262.

[2] Tessier D, Menard J, Fulop T, et al. Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus [J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2000, 31(2):121—132.

[3] Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E, et al. Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements [J]. *Diabetes care*, 1997, 22:1462—1470.

[4] Laukkanen JA, Kurl S, Salonen R, et al. The predictive value of cardiorespiratory fitness for cardiovascular events in men with various risk profiles: a prospective population-based cohort study [J]. *European Heart Journal*, 2004, 25(16):1428—1437.

[5] Tudor-Locke C, Bassett DR, Jr. How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health [J]. *Sports Med*, 2004, 34(1):1—8.

[6] Matsuda M, DeFronzo RA. Insulin sensitivity indices obtained from oral glucose tolerance testing: comparison with the euglycemic insulin clamp [J]. *Diabetes Care*, 1999, 22(9):1462—1470.

[7] Rogers MA, King DS, Hagberg JM, et al. Effect of 10 days of physical inactivity on glucose tolerance in master athletes [J]. *Journal of Applied Physiology*, 1990, 68(5):1833—1837.

[8] Wing RR, Epstein LH, Paternostro-Bayles M, et al. Exercise in a behavioural weight control programme for obese patients with Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes [J]. *Diabetologia*, 1988, 31(12):902—909.

[9] Khan S, Rupp J. The effect of exercise conditioning, diet, and drug therapy on glycosylated hemoglobin levels in type 2 (NIDDM) diabetics [J]. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1995, 35(4):281—288.

[10] Mourier A, Gautier JF, De Kerviler E, et al. Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM. Effects of branched-chain amino acid supplements [J]. *Diabetes Care*, 1997, 20(3):385—391.

[11] Kriketos AD, Pan DA, Lillioja S, et al. Interrelationships between muscle morphology, insulin action, and adiposity [J]. *The American Journal of Physiology*, 1996, 270(6 Pt 2):R1332—1339.

[12] Bruce CR, Anderson MJ, Carey AL, et al. Muscle oxidative capacity is a better predictor of insulin sensitivity than lipid status [J]. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2003, 88(11):5444—5451.

[13] 张建国, 施启蓉, 张雪琴.  $VO_{2peak}$ : 释义与应用 [J]. *中国体育科技*, 2007, 27(7):80—83.

[14] Bajpeyi S, Tanner CJ, Slentz CA, et al. Effect of exercise intensity and volume on persistence of insulin sensitivity during training cessation [J]. *Journal of Applied Physiology*, 2009, 106(4):1079—1085.

[15] Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD, et al. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins [J]. *The New England Journal of Medicine*, 2002, 347(19):1483—1492.