



## 基于通气无氧阈模型与最大心率百分比法建立 甲基苯丙胺戒断者的运动强度处方 ——一项随机对照试验

### Establishment of Exercise Intensity Prescriptions for Methamphetamine Withdrawal Patients Based on the Ventilatory Anaerobic Threshold Model and the Maximum Heart Rate Percentage Method —A Randomized Controlled Trial

王静松<sup>1,2</sup>, 郑 澜<sup>1,2\*</sup>, 谷文志<sup>1,2</sup>, 曹雨柔<sup>1,2</sup>, 苏通明<sup>1,2</sup>, 张文怡<sup>1,2</sup>,  
晏官官<sup>1,2</sup>, 连金佩<sup>1,2</sup>, 潘建强<sup>3</sup>, 周 剑<sup>3</sup>, 张 军<sup>4</sup>

WANG Jingsong<sup>1,2</sup>, ZHENG Lan<sup>1,2\*</sup>, GU Wenzhi<sup>1,2</sup>, CAO Yurou<sup>1,2</sup>,  
SU Tongming<sup>1,2</sup>, ZHANG Wenyi<sup>1,2</sup>, YAN Guanguan<sup>1,2</sup>, LIAN Jinpei<sup>1,2</sup>,  
PAN Jianqiang<sup>3</sup>, ZHOU Jian<sup>3</sup>, ZHANG Jun<sup>4</sup>

#### 基金项目:

“十三五”国家重点研发计划项目  
(2016YFC0800908); 湖南师范大学  
体育学院研究生科研创新项目  
(TYCX2019B007)。

#### 第一作者简介:

王静松(1994-), 男, 硕士, 主要研究  
方向为运动戒毒与康复, E-mail:  
912079965@qq.com。

#### \*通信作者简介:

郑 澜(1967-), 女, 教授, 博士,  
博士研究生导师, 主要研究方向  
为运动戒毒与康复、心血管低氧  
与运动, E-mail: lanzheng@hunnu.  
edu.cn。

#### 作者单位:

1. 湖南师范大学, 湖南长沙410012;
  2. 体适能与运动康复湖南省重点实验室, 湖南长沙410012;
  3. 湖南省白泥湖强制隔离戒毒所, 湖南长沙414699;
  4. 湖南司法警官职业学院, 湖南长沙410131
1. Hunan Normal University, Changsha 410012, China;  
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Physical Fitness and Sports Rehabilitation, Changsha 410012, China;  
3. Bainihu Compulsory Isolation and Detoxification Center, Hunan Province, Changsha 414699, China;  
4. Hunan Judicial Police Vocational College, Changsha 410131, China.

**摘要:**目的: 探讨两种运动强度处方对甲基苯丙胺(methamphetamine, MA)戒断者心肺适能的改善效果, 并比较两者的优良性。方法: 75名男性MA戒断者被随机分为3组: 不运动对照组、最大心率百分比(percentage of maximum heart rate, %HR<sub>max</sub>)组、通气无氧阈(ventilatory anaerobic threshold, VAT)组。运动组执行每天50 min, 每周5天, 共12周, 但运动强度不同的有氧训练方案: 1) 采用%HR<sub>max</sub>法设定运动强度(64%~76% HR<sub>max</sub>); 2) 采用VAT心率值设定运动强度。结果: 与运动前相比, 运动后%HR<sub>max</sub>组的 $\dot{V}O_{2max}$ 显著升高( $P < 0.05$ ), 总胆固醇、甘油三酯和血糖显著降低( $P < 0.05$ ); VAT组的 $\dot{V}O_{2max}$ 、最大心率显著升高( $P < 0.05, P < 0.01$ ), 体质量、腰围、体脂率、甘油三酯和血糖显著降低( $P < 0.05$ )。与%HR<sub>max</sub>组相比, VAT组在12周时体脂率显著降低( $P < 0.05$ ), 最大心率和 $\dot{V}O_{2max}$ 显著升高( $P < 0.05$ ), 且VAT组所有受试者均产生了个体 $\dot{V}O_{2max}$ 训练反应。结论: 基于VAT和%HR<sub>max</sub>法建立的运动强度处方均能降低MA戒断者血糖和血脂, 但基于VAT的运动强度处方能够显著提高 $\dot{V}O_{2max}$ 并引起更多的个体 $\dot{V}O_{2max}$ 训练反应。

**关键词:** 通气无氧阈; 最大心率百分比; 有氧运动;  $\dot{V}O_{2max}$

**Abstract:** Objective: To explore the effects of two exercise intensity prescriptions on the cardio-pulmonary fitness of methamphetamine (MA) withdrawal patients and compare the superiority of the two. Methods: 75 male MA withdrawal subjects were randomly divided into 3 groups: non-exercise control group, percentage of maximum heart rate (%HR<sub>max</sub>) group, and ventilatory anaerobic threshold (VAT) group. The exercise group performed 50 minutes a day, 5 days a week, a total of 12 weeks but different exercise intensity aerobic training program: 1) Using %HR<sub>max</sub> method to set the exercise intensity (64%-76%HR<sub>max</sub>); 2) Using VAT heart rate value set exercise intensity. Results: Compared with before exercise, after exercise, the  $\dot{V}O_{2max}$  of the %HR<sub>max</sub> group was significantly increased ( $P < 0.05$ ), and total cholesterol, triglycerides and blood sugar were significantly reduced ( $P < 0.05$ ); the  $\dot{V}O_{2max}$  and maximum heart rate of the VAT group were significantly higher increased ( $P < 0.05, P < 0.01$ ), weight, waist circumference, body fat percentage, triglycerides and blood sugar were significantly reduced ( $P < 0.05$ ). Compared with the %HR<sub>max</sub> group, the body fat rate of the VAT group was significantly lower at 12 weeks ( $P < 0.05$ ), the maximum heart rate and  $\dot{V}O_{2max}$  were significantly increased ( $P < 0.05$ ), and all sub-

jects of the VAT group generated individual  $\dot{V}O_{2max}$  training response. Conclusions: Exercise intensity prescriptions based on the VAT and  $\%HR_{max}$  methods can reduce blood sugar and blood lipids in MA withdrawals, but exercise intensity prescriptions based on VAT can significantly increase  $\dot{V}O_{2max}$  and cause more individual  $\dot{V}O_{2max}$  training responses.

**Keywords:** ventilatory anaerobic threshold; percentage of maximum heart rate; aerobic exercise;  $\dot{V}O_{2max}$

**中图分类号:**G804.49 **文献标识码:**A

有氧运动被认为是适合药物成瘾者在戒断期间开展的运动类型(周成林等,2014)。研究显示,中等强度的有氧运动对戒毒人员的最大摄氧量( $\dot{V}O_{2max}$ )、肌肉能力(鲁春霞等,2018;王东石等,2017)、心率变异性(Dolezal et al., 2013, 2014)及情绪问题(赵非一等,2018; Rawson et al., 2015)具有良好的改善效果。在国内运动戒毒领域,学者们大多采用以最大心率百分比(percentage of maximum heart rate,  $\%HR_{max}$ )设定的中等强度有氧运动来研究其对药物成瘾者的改善效果(李夏雯,2020;龚丹等,2019;王东石等,2017)。美国运动医学学会(ACSM)则建议中等强度有氧运动能够改善和维持普通成年人的心肺健康(Garber et al., 2011)。虽然有较多的证据支持ACSM推荐的使用 $\%HR_{max}$ 法制定普通成年人运动强度,但对于药物成瘾者这一慢病高发人群来说是否适用,则是一个值得探讨的问题。

有研究报道,建立运动强度的“基于阈值的模型”可以更有效地识别最低训练刺激,并在不同个体中引起相对代谢反应(Katch et al., 1978; Meyer et al., 1999; Scharhag-Rosenberger et al., 2012)。在一项关于久坐不动人群的研究中发现,基于通气无氧阈(ventilatory anaerobic threshold, VAT)模型的训练方案能够比心率百分比法引起更明显的个体训练反应(Wolpern et al., 2015)。虽然有研究显示基于VAT模型建立的运动强度方案较优,但并无充分的证据证明在药物成瘾这一人群中同样具有显著效果。

甲基苯丙胺(methamphetamine, MA)作为国内流行的精神兴奋剂,能够损害心血管功能,诱导心血管毒性,引发代谢性综合征(metabolic syndrome, Mets),如何有效地预防MA戒断者的心血管风险意义重大。心肺适能通常由最大摄氧量( $\dot{V}O_{2max}$ )评定,是心肺功能测评的主要指标。研究显示, $\dot{V}O_{2max}$ 值与心血管疾病的风险和突发性死亡之间存在明显的负相关关系(Blair et al., 1996; Williams, 2001)。因此,本研究目的是探讨基于VAT模型和 $\%HR_{max}$ 法建立运动强度处方对MA戒断者心肺适能改善的有效性,并采用随机对照的试验设计比较两种运动强度方案的优良性。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以湖南省白泥湖强制隔离戒毒所1260名男性强制隔离戒毒人员为筛选对象,筛选标准为:1)所有参与者依

据《精神疾病诊断与统计手册-第5版》(the diagnostic and statistical manual of mental disorders-5th edition, DSM-V)进行结构化诊断访谈,均符合MA依赖标准;2)年龄20~40岁;3)无精神疾病;4)无骨骼与肌肉疾病、心脑血管疾病、免疫疾病;5)无重大创伤和手术史;6)心肺功能测评前6h内未服用乙醇、尼古丁、咖啡因、 $\beta$ -受体阻滞剂等物质。

本研究通过湖南师范大学伦理机构评审委员会批准。被纳入的75名受试者均自愿参与本试验,并签署知情同意书。基线测试完成后,75名受试者被随机分为不运动对照组、 $\%HR_{max}$ 组和VAT组。不运动对照组中途退出2人,退出率8%; $\%HR_{max}$ 组和VAT组中途均退出3人,退出率为12%。最终人员分布情况为:不运动对照组23人, $\%HR_{max}$ 组22人,VAT组22人,受试者基本情况如表1所示。研究采用双盲设计,受试者对于被分配到的组别并不知情。由两名具有专业资质的训练师负责监督练习课程,训练师对于受试者的分组以及个体的运动强度差异也不知情。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 运动干预方案

运动组进行结构化、渐进式的运动干预(Garber et al., 2011; Wolpern et al., 2015),对照组进行安全健康教育。运动前测定受试者的 $HR_{max}$ ( $HR_{max}=206.9-0.67\times$ 年龄)。 $\%HR_{max}$ 组根据ACSM的推荐使用64%~76%  $HR_{max}$ 规定运动强度(Garber et al., 2011)。VAT组采用基于VAT心率值规定运动强度。运动组进行相同频率和持续时间的运动训练,所有锻炼课程都在跑步机上进行。采用团体心率监控设备(Polar Team Pro)对心率强度进行监控,在每次锻炼过程中相应地调整跑步机的工作量,以确保VAT组实际的HR反应与目标HR一致,且在目标HR范围之下10 bpm (bpm beats per minute)范围内波动, $\%HR_{max}$ 组的HR反应则允许在目标HR范围内波动。运动干预方案为:每次锻炼时间50 min,每周5次,共12周。锻炼课程包括10 min的热身运动,30 min的跑步机有氧运动训练,最后为10 min的拉伸、放松训练。训练期间的测试流程、运动处方具体如图1所示。

#### 1.2.2 实验测试项目及程序

在运动干预前、后以及中间对受试者的 $\dot{V}O_{2max}$ 、静息心率、血压、基本形态指标(包括身高、体质量、腰围等),以及空腹血糖和血脂(总胆固醇、甘油三酯)进行了测量。

##### 1.2.2.1 静息心率和血压的测量

表 1 研究对象基本情况

Table 1 The Basic Situation of Research Objects

| 变量       | 不运动对照组(n=23) | %HR <sub>max</sub> 组(n=22) | VAT组(n=22)  |
|----------|--------------|----------------------------|-------------|
| 年龄/岁     | 29.83±5.96   | 33.95±3.42                 | 32.86±5.56  |
| 身高/cm    | 165.60±31.12 | 163.25±25.67               | 171.34±5.79 |
| 文化程度     |              |                            |             |
| 小学或更低    | 7            | 8                          | 7           |
| 初中       | 6            | 3                          | 8           |
| 高中       | 9            | 7                          | 5           |
| 大学及以上    | 1            | 4                          | 2           |
| 职业       |              |                            |             |
| 无业       | 8            | 8                          | 5           |
| 自营       | 3            | 8                          | 5           |
| 服务业      | 1            | 0                          | 4           |
| 工厂员工     | 3            | 1                          | 1           |
| 公司员工     | 2            | 0                          | 1           |
| 其他职业     | 5            | 5                          | 2           |
| 婚姻状况     |              |                            |             |
| 已婚       | 7            | 4                          | 5           |
| 单身       | 6            | 11                         | 10          |
| 丧偶       | 1            | 0                          | 5           |
| 离异       | 8            | 7                          | 2           |
| 居住地      |              |                            |             |
| 城镇       | 10           | 9                          | 10          |
| 农村       | 13           | 13                         | 2           |
| 吸食毒品情况   |              |                            |             |
| 吸食一次用量/g | 0.56±0.40    | 0.41±0.24                  | 0.51±0.42   |
| 每周吸食次数   | 12.36±9.42   | 10.68±7.58                 | 13.98±9.64  |
| 吸毒时长/月   | 87.45±65.33  | 88.42±45.01                | 96.41±34.20 |

静息心率和血压的测量被安排在清晨起床(6:00)后的第1个项目。受试者在清醒、不活动的安静状态下进行测量。医生使用血压计(欧姆龙T10)测量受试者的静息心率和血压。

#### 1.2.2.2 人体形态学测量

使用精确到0.1 kg的医用体重秤,进行体质量的测定。使用人体脂肪测量仪(百利达BC-401)测量体脂率,最小精度为100 g。腰围采用肋最低点与髂嵴上缘两水平线间中点线的围长,在呼气之末、吸气未开始时进行测量。

#### 1.2.2.3 空腹血糖和血脂测量

在清晨(7:00—8:00)未进食早餐的情况下抽取受试者的静脉血。所有空腹血糖和血脂的分析一式两份,室温下进行。抽取两管3 ml静脉血,取平均值作为最终结果。测定内容有:总胆固醇、甘油三酯、血糖。

#### 1.2.2.4 极量运动测试

受试者在跑台(Cosmos Pulsar 4.0)上进行改良的Bruce

方案——递增负荷运动,按照方案对速度和坡度进行调整(第7级之后依次递增),直到意志疲劳。每一级负荷的最后1 min测评主观感觉疲劳程度。递增负荷运动终止标准为:出现心电图异常、血压异常、主观疲劳程度大于17、呼吸商大于1.15等。受试者的HR通过12导联心电图、胸带、Cortex气体代谢分析仪和无线电遥测接收设备连续记录。受试者佩戴呼吸面罩,配合心肺功能测试设备(MetaLyzer II-R2)和训练设备(HP Cosmos Pulsar)完成 $\dot{V}O_{2max}$ 的测试,并记录实际最大心率。

#### 1.2.2.5 VAT测试

VAT测试在跑台上进行。使用普康软件对递增负荷运动中的通气量、摄氧量、 $CO_2$ 排出量、呼吸商等数据进行收集,通过无氧阈-气体斜率分析法(V-slope法)分析数据,并测定VAT心率值。运动开始之前,采用Cortex气体代谢分析仪和气压瓶对实验室周围的气体和气压进行校准,调整周围环境温度为20.0℃,气压为1 003 mbar。

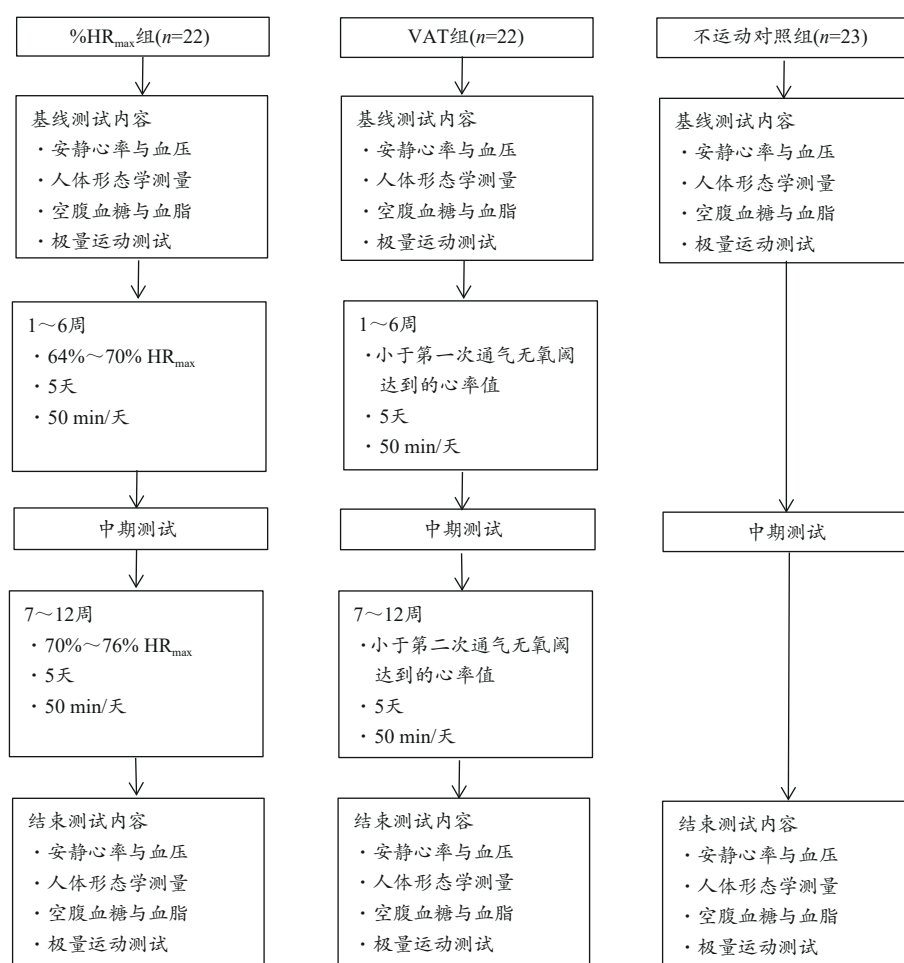


图1 实验程序和运动处方流程图

Figure 1. Experimental Procedure and Exercise Prescription Flow Chart

### 1.2.3 统计学方法

采用均数±标准差( $M\pm SD$ )和频数的方式对人口学资料进行统计分析。通过检验方差分析模型中残差的正常图来检验正态性。多组间比较采用混合方差分析,若 $P<0.05$ ,则采用 Bonferroni 法进行组间两两比较。采用重复测量方差分析对 0 周、6 周和 12 周的数据进行分析。采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,使用 GraphPad Prism 5 软件作图。

## 2 结果

### 2.1 对照组、%HR<sub>max</sub>组和 VAT 组在运动前后的生理特征

与运动前相比,运动后 %HR<sub>max</sub> 组的  $\dot{V}O_{2max}$  显著上升 ( $P<0.05$ ),总胆固醇、甘油三酯、血糖均显著下降 ( $P<0.01$ ); VAT 组的最大心率、 $\dot{V}O_{2max}$  显著上升 ( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ),体质量、腰围、体脂率、甘油三酯、血糖均显著下降 ( $P<0.01$ )。与对照组相比, %HR<sub>max</sub> 组的甘油三酯和血糖在运动后显著降低 ( $P<0.01$ ),  $\dot{V}O_{2max}$  显著上升 ( $P<0.01$ ); VAT 组的体脂率、甘油三酯、血糖在运动后显著降低 ( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ),  $\dot{V}O_{2max}$  显著上升 ( $P<0.01$ )。与 %HR<sub>max</sub> 组相比, VAT 组在运动后最大心率和  $\dot{V}O_{2max}$  显著上升 ( $P<$

$0.05$ ,  $P<0.01$ ), 体脂率显著降低 ( $P<0.01$ )。结果显示,采用 VAT 和 %HR<sub>max</sub> 法定义运动强度均能够提高 MA 戒断者的  $\dot{V}O_{2max}$ , 并降低甘油三酯和血糖,但 VAT 组引起了体脂率下降和  $\dot{V}O_{2max}$  更显著的上升(表 2)。

### 2.2 %HR<sub>max</sub>组和 VAT 组受试者的运动依从性

1~6 周, VAT 组平均心率 [ $(128.13\pm 13.92)\text{bmp}$ ] 高于 %HR<sub>max</sub> 组平均心率 [ $(124.83\pm 3.79)\text{bmp}$ ]。7~12 周, VAT 组平均心率 [ $(146.65\pm 11.51)\text{bmp}$ ] 也高于 %HR<sub>max</sub> 组平均心率 [ $(134.43\pm 3.94)\text{bmp}$ ] (表 3)。通过结果可知,两个运动组均能较好地遵守规定的运动强度。

### 2.3 %HR<sub>max</sub>组和 VAT 组的个体 $\dot{V}O_{2max}$ 变化

在 %HR<sub>max</sub> 组中, 63.6% (14/22) 的受试者在运动后出现个体  $\dot{V}O_{2max}$  提高; VAT 组中, 100% (22/22) 的受试者在运动后出现个体  $\dot{V}O_{2max}$  提高(图 2)。通过结果可知, VAT 设定运动强度引起了个体更显著的  $\dot{V}O_{2max}$  变化。

## 3 讨论

本研究是一项前瞻性的、随机对照实验研究,以用来比较采用通气无氧阈与 %HR<sub>max</sub> 法来建立运动强度的相关训练后甲基苯丙胺戒断者  $\dot{V}O_{2max}$  的训练反应。我们发现,

1)与最大心率百分比法相比,通气无氧阈的运动强度处方能引起更大的 $\dot{V}O_{2max}$ 的改善;2)基于通气无氧阈的运动训练(100%)比最大心率百分比法(63.6%)引起了更多

的个体 $\dot{V}O_{2max}$ 升高。这些研究结果支持我们的假设,同时我们发现,基于通气无氧阈运动强度能够引起更为显著的身体成分的改善。

表2 对照组、%HR<sub>max</sub>组和VAT组在0周、6周、12周的生理特征  
Table 2 Physiological Characteristics of Control Group, %HR<sub>max</sub> Group and VAT Group at 0, 6 and 12 Weeks

| 参数   | 对照组(n=23)   |              |              | %HR <sub>max</sub> 组(n=22) |                 |                   | VAT组(n=22)  |                  |                    |
|--|-------------|--------------|--------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-------------|------------------|--------------------|
|  | 0周          | 6周           | 12周          | 0周                         | 6周              | 12周               | 0周          | 6周               | 12周                |
| 体质量/kg   | 67.23±7.65  | 67.13±8.42   | 67.82±7.86   | 67.84±8.29                 | 67.92±8.54      | 67.16±8.86*       | 69.84±8.22  | 69.18±8.25       | 67.74±8.16**△△     |
| 腰围/cm  | 83.52±9.27  | 84.39±8.64   | 84.61±8.17   | 80.82±4.53                 | 80.50±4.72      | 80.95±4.36        | 81.82±3.51  | 81.09±3.32**     | 79.91±4.00         |
| 体脂率/%  | 20.47±2.87  | 21.70±2.46** | 22.26±2.23*△ | 18.37±3.22                 | 19.23±3.09*     | 20.05±3.29**△△■   | 20.61±4.15  | 19.45±3.22**     | 18.84±2.88**△△■■■▲ |
| 安静心率/bmp   | 72.48±8.87  | 73.09±8.78   | 72.57±8.57   | 74.09±7.73                 | 73.59±6.65      | 73.45±7.22        | 74.09±10.45 | 73.82±10.61      | 73.27±10.32        |
| 最大心率/bmp   | 180.35±6.80 | 180.52±6.40  | 180.35±4.40  | 180.41±7.60                | 181.23±6.80     | 181.95±6.60       | 178.23±8.20 | 179.55±7.70      | 180.05±7.70*       |
| 收缩压/mmHg   | 117.10±5.70 | 116.80±5.50  | 117.20±5.70  | 118.60±4.90                | 118.10±5.90     | 117.20±5.70       | 119.60±7.50 | 118.70±7.20      | 118.60±7.00        |
| 舒张压/mmHg   | 73.83±7.36  | 75.04±8.79   | 75±8.40      | 74.10±7.48                 | 74.50±8.69      | 75.36±7.33        | 73.50±5.86  | 73.53±6.06       | 72.10±5.33         |
| $\dot{V}O_{2max}$ /(ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) | 35.41±5.36  | 34.92±5.42   | 33.65±8.45   | 35.33±4.77                 | 35.87±3.91      | 36.54±3.55*△■■■   | 35.77±5.50  | 36.57±5.39**     | 38.62±4.93**△△■■■▲ |
| 总胆固醇/(mmol·L <sup>-1</sup> )                                 | 4.93±0.68   | 4.53±0.65*   | 4.63±0.56    | 4.88±0.70                  | 4.39±0.57*      | 3.86±0.53**△△▲    | 4.71±0.66   | 4.31±0.47**△△■■■ | 4.31±0.47          |
| 甘油三酯/(mg·dL <sup>-1</sup> )                                  | 75.58±6.69  | 74.28±6.10   | 72.31±5.53   | 74.03±4.85                 | 67.11±7.29**■■■ | 62.55±6.31**△△■■■ | 74.81±6.23  | 68.57±7.40**■    | 62.55±6.66**△■■■   |
| 血糖/(mmol/L)  | 7.03±0.65   | 6.87±0.73    | 6.62±0.87    | 7.03±0.72                  | 6.28±0.79**■■■  | 5.56±0.72**△△■■■  | 7.37±0.65   | 6.40±0.80**      | 5.74±0.62**△△■■■   |

注:与0周相比,\*表示P<0.05,\*\*表示P<0.01;与6周相比,△表示P<0.05,△△表示P<0.01;与对照组相比,■表示P<0.05,■■表示P<0.01;与%HR<sub>max</sub>组相比,▲表示P<0.05,▲▲表示P<0.01。

表3 %HR<sub>max</sub>组和VAT组12周运动干预目标强度和实际运动强度  
Table 3 12-week Exercise Intervention Target Intensity and Actual Exercise Intensity of %HR<sub>max</sub> Group and VAT Group

| 周    | %HR <sub>max</sub> 组     |                         |             | VAT组     |                           |              |
|------|--------------------------|-------------------------|-------------|----------|---------------------------|--------------|
|      | 目标强度                     | 目标心率区间                  | 实际心率        | 运动强度     | 目标心率区间                    | 实际心率         |
| 1~6  | 65%~70%HR <sub>max</sub> | 118.56±2.04~129.65±2.27 | 124.83±3.79 | 第一次VAT心率 | 122.22±13.19~132.22±13.19 | 128.13±13.92 |
| 7~12 | 70%~76%HR <sub>max</sub> | 129.65±2.27~140.61±2.61 | 134.43±3.94 | 第二次VAT心率 | 142.61±11.43~152.61±11.43 | 146.65±11.51 |

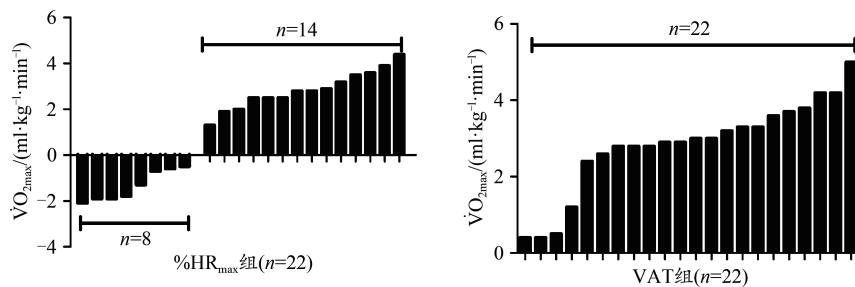


图2 %HR<sub>max</sub>组和VAT组12周个体 $\dot{V}O_{2max}$ 的变化幅值  
Figure 2. The Change Amplitude of Individual  $\dot{V}O_{2max}$  at 12 Weeks in %HR<sub>max</sub> Group and VAT Group

### 3.1 甲基苯丙胺滥用对心血管系统的损害

研究证实,滥用甲基苯丙胺能够引起严重的心血管系统损伤,并有致命的风险(Kaye et al., 2007)。近年来,低心肺适能作为心血管疾病风险和过早死亡率的独立和有利的预测指标,引起了人们的关注。一项Meta分析显示,心血管疾病的相对风险与心肺适能呈明显的线性相关关系(Williams, 2001)。Blair等(2009)预测,与传统心血管疾病危险因素(如肥胖、吸烟、高血压、高胆固醇和糖尿病)相比,低心肺适能导致的死亡人数将更多。尤其是中国强制隔离戒毒环境下,戒毒人员平时在车间要进行>6 h的静坐的手工劳动,业余时间活动量较少且活动强度较小,属于久坐不动人群,这可能加剧心血管疾病的风险。有研究显示,12周中等强度有氧运动能够改善甲基苯丙胺戒断者的体适能( $\dot{V}O_{2max}$ 等)水平(王东石等, 2017),但个体间 $\dot{V}O_{2max}$ 的相对变化情况不得而知。我们的研究发现,VAT组的运动训练使得个体的 $\dot{V}O_{2max}$ 得到积极改善,这些改善可能具有创新、长期的预防意义。

### 3.2 运动训练对 $\dot{V}O_2$ 反应的异质性

虽然人们普遍认为,规律运动对心肺健康有积极影响,并能够明显降低心血管发病率和死亡率(Garber et al., 2011),但也有研究指出,运动训练对个体 $\dot{V}O_{2max}$ 的影响存在相当大的异质性(Astorino et al., 2014)。实际上,在运动训练对 $\dot{V}O_{2max}$ 的作用中,成年人的异质性反应(-33.2%~58%)已经在文献(Astorino et al., 2014; Dalleck et al., 2009; Kohrt et al., 1991)中有所描述。据报道,年龄、性别、种族和初始 $\dot{V}O_{2max}$ 不影响运动训练对个体 $\dot{V}O_{2max}$ 反应的异质性(Bouchard et al., 2001; Kohrt et al., 1991)。本研究结果证实了这些早期发现,即年龄、基线 $\dot{V}O_{2max}$ 、运动依从性和性别的潜在影响因素在 $\dot{V}O_{2max}$ 应答者和非应答者之间没有显著差异。虽然遗传学因素是 $\dot{V}O_{2max}$ 变化的重要原因(Bouchard et al., 1999),但实际上,运动训练是引起 $\dot{V}O_{2max}$ 反应的最主要的自变量(Sisson et al., 2009)。

运动强度是运动训练引起个体 $\dot{V}O_{2max}$ 反应异质性的基础条件(Mann et al., 2014)。虽然各种规定运动强度的方法(%HR<sub>max</sub>、%HRR或% $\dot{V}O_{2max}$ 等)能够引起 $\dot{V}O_{2max}$ 的反应,但各种运动强度设定后效果的比较研究较少,尤其针对特殊人群制定的个性化的运动强度处方变得尤为重要。我们的结果发现,采用基于VAT的运动强度处方对MA戒断者引起了更多的个体 $\dot{V}O_{2max}$ 反应(100%),原因可能是由于个体VAT强度的设定能更充分的考虑个体差异,使个体心肺功能训练经常处于VAT的临界值,并产生良好的适应性反应,而%HR<sub>max</sub>法则在一定程度上忽略了个体之间的差异,造成训练效果的不一致。

### 3.3 运动对个体的代谢刺激

精神类疾病能够增加Mets的风险(Penninx et al., 2018)。Mets是一类具有潜在危险的代谢性疾病,至少包括以下因素之一:1)血压升高;2)血浆脂质水平升高(甘

油三酯升高和高密度脂蛋白胆固醇降低);3)空腹血糖升高和体内脂肪过多(尤其是在腹部区域)(Alberti et al., 2009; Kaur et al., 2014; Wilson et al., 2005)。有研究证明,基于阈值的方法来建立运动强度,可以对不同健康水平的个体产生不同的代谢刺激(Bryant et al., 2010)。虽然长期有规律的运动对于体适能和生理生化指标能够产生良好的改善效果,但在随机对照的前提下,研究不同运动强度设定对甲基苯丙胺戒断者身体成分、血糖和血脂的影响时,我们仍发现了积极的结果。通过对运动前后血脂、血糖、身体成分等指标的分析发现,%HR<sub>max</sub>组和VAT组的体质量、体脂率、总胆固醇、甘油三酯、血糖均显著降低。但不运动对照组的总胆固醇在6周时也显著降低( $P < 0.05$ ),不排除是强制隔离戒毒所环境下规律的作息和饮食造成的。这与Wolpern等(2015)研究中基于通气无氧阈模型与储备心率百分比方法能够引起久坐不动人群个别代谢指标的变化不同,这可能是由于甲基苯丙胺戒断者身体健康基础薄弱而对运动强度反应不敏感造成的。

## 4 结论

基于VAT和%HR<sub>max</sub>法建立的运动强度处方均能降低MA戒断者的血糖、血脂和体脂率,但基于VAT的运动强度处方能够显著MA戒断者 $\dot{V}O_{2max}$ 水平,并引起更多的个体 $\dot{V}O_{2max}$ 训练反应。

## 参考文献:

- 龚丹,覃丽平,朱婷,等,2019.短时有氧运动对甲基苯丙胺依赖者渴求度、情绪状态及神经递质的影响[J].中国体育科技,55(5):56-64.
- 柯钰婷,周文华,2015.运动干预药物依赖的神经生物学机制研究进展[J].中国药理学与毒理学杂志,29(4):599-606.
- 李夏雯,2020.有氧运动对甲基苯丙胺戒断者情绪记忆的影响及机制研究[D].上海:上海体育学院.
- 鲁春霞,郑澜,潘建强,等,2018.苯丙胺类兴奋剂成瘾者人体成分及等速肌力特征研究[J].中国药物依赖性杂志,27(4):296-302,311.
- 王东石,朱婷,2017.有氧运动对甲基苯丙胺类依赖者体适能、渴求度及情绪状态的作用[J].体育科学,37(7):50-59.
- 赵非一,周成林,刘天择,2018.运动锻炼抑制药物成瘾者心理渴求及复吸行为的神经生物学机制:基于运动对神经递质、激素和肽类物质的调节作用[J].体育科学,38(7):33-41.
- 周成林,施大庆,李彬,等,2014.有氧运动在药物滥用康复治疗中的应用[J].中国药物依赖性杂志,23(6):407-411.
- ALBERTI K G, ECKEL R H, GRUNDY S M, et al., 2009. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity[J]. Circulation, 120(16):1640-1645.
- ASTORINO T A, SCHUBERT M M, 2014. Individual responses to completion of short-term and chronic interval training: A retrospec-

- tive study[J]. PLoS One, 9(5): e97638.
- BLAIR S N, KAMPERT J B, KOHL H W, et al., 1996. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women[J]. JAMA, 276(3): 205-210.
- BLAIR S N, 2009. Physical inactivity: The biggest public health problem of the 21st century[J]. Br J Sports Med, 43(1):1-2.
- BOUCHARD C, AN P, RICE T, et al., 1999. Familial aggregation of  $\dot{V}O_{2max}$  response to exercise training: Results from the heritage family study[J]. J Appl Physiol, 87(3): 1003-1008.
- BOUCHARD C, RANKINEN T, 2001. Individual differences in response to regular physical activity[J]. Med Sci Sports Exer, 33(6 Suppl): S446-S453.
- DALLECK L C, ALLEN B A, HANSON B A, et al., 2009. Dose-response relationship between moderate-intensity exercise duration and coronary heart disease risk factors in postmenopausal women [J]. J Womens Health (Larchmt), 18(1): 105-113.
- DOLEZAL B A, CHUDZYNSKI J, STORER T W, et al., 2013. Eight weeks of exercise training improves fitness measures in methamphetamine-dependent individuals in residential treatment [J]. J Addict Med, 7(2): 122-128.
- DOLEZAL B A, CHUDZYNSKI J, DICKERSON D, et al., 2014. Exercise training improves heart rate variability after methamphetamine dependency[J]. Med Sci Sports Exer, 46(6): 1057-1066.
- FISHER B E, PETZINGER G M, NIXON K, et al., 2004. Exercise-induced behavioral recovery and neuroplasticity in the 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine-lesioned mouse basal ganglia[J]. J Neurosci Res, 77(3): 378-390.
- GARBER C E, BLISSMER B, DESCHENES M R, et al., 2011. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise[J]. Med Sci Sports Exer, 43(7): 1334-1359.
- KATCH V, WELTMAN A, SADY S, et al., 1978. Validity of the relative percent concept for equating training intensity[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 39(4): 219-227.
- KAYE S, MCKETIN R, DUFLOU J, et al., 2007. Methamphetamine and cardiovascular pathology: A review of the evidence[J]. Addiction, 102(8): 1204-1211.
- KOHR T W M, MALLEY M T, COGGAN A R, et al., 1991. Effects of gender, age, and fitness level on response of  $\dot{V}O_{2max}$  to training in 60-71 yr olds[J]. J Appl Physiol, 71(5): 2004-2011.
- MANN T N, LAMBERTS R P, LAMBERT M I, 2014. High responders and low responders: Factors associated with individual variation in response to standardized training [J]. Sports Med, 44(8): 1113-1124.
- MEYER T, GABRIEL H H, KINDERMANN W, 1999. Is determination of exercise intensities as percentages of  $\dot{V}O_{2max}$  or HRmax adequate?[J]. Med Sci Sports Exer, 31(9): 1342-1345.
- PENNINX B H, LANGE S M, 2018. Metabolic syndrome in psychiatric patients: Overview, mechanisms, and implications[J]. Dialogues Clin Neurosci, 20(1):63-73.
- RAWSON R A, CHUDZYNSKI J, GONZALES R, et al., 2015. The impact of exercise on depression and anxiety symptoms among abstinent methamphetamine-dependent individuals in a residential treatment setting[J]. J Subst Abuse Treat, 57: 36-40.
- SCHARHAG-ROSENBERGER F, WALITZEK S, et al., 2012. Differences in adaptations to 1 year of aerobic endurance training: Individual patterns of nonresponse[J]. Scand J Med Sci Sports, 22(1): 113-118.
- SISSON S B, KATZMARZYK P T, EARNEST C P, et al., 2009. Volume of exercise and fitness nonresponse in sedentary, postmenopausal women[J]. Med Sci Sports Exer, 41(3): 539-545.
- WARBURTON D E, CHARLESWORTH S, IVEY A, et al., 2010. A systematic review of the evidence for Canada's Physical Activity Guidelines for Adults[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, doi: 10.1186/1479-5868-7-39.
- WILLIAMS P T, 2001. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: A meta-analysis[J]. Med Sci Sports Exer, 33(5): 754-761.
- WILSON P W, D'AGOSTINO R B, PARISE H, et al., 2005. Metabolic syndrome as a precursor of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus[J]. Circulation, 112(20):3066-3072.
- WOLPERN A E, BURGOS D J, JANOT J M, et al., 2015. Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? A randomized controlled trial [J]. BMC Sports Sci Med Rehabil, doi: 10.1186/s13102-015-0011-z.

(收稿日期:2020-12-08; 修订日期:2022-05-31; 编辑:马婧)

