

# 基于健康体征信息的有氧耐力训练方法

王敬志<sup>1,2</sup> 马祖长<sup>2,3,4</sup> 孙怡宁<sup>2</sup> 曹庆庆<sup>2</sup>

**摘要** 目的 建立基于健康体征信息的有氧耐力训练指导方案,以提高训练效率、减少运动损伤、控制运动心血管风险,提升军校体能训练的科学性与系统性。方法 随机择109位男性学员,观测3个月。行心血管风险评估、心血管功能、肺功能、骨强度和有氧耐力测试,收集健康体征信息,并按照训练前有氧耐力测试结果分组:最差组(最大摄氧量最小的30%)、较差组(最大摄氧量中间的30%)和正常组(最大摄氧量最大的40%)。对最差组和较差组进行干预指导训练,正常组按传统方案指导训练。结果 训练后3个组心肺有氧耐力水平均显著提高( $P < 0.01$ ),而干预指导训练的两组,有氧耐力提高的幅度约是正常组的2~4倍,3次心血管功能和肺功能测试指标变化显著( $P < 0.05$ ),其中部分指标训练前后有显著性差异( $P < 0.05$ ),运动中骨折发生率比正常组低。结论 基于健康体征信息的有氧耐力训练指导方案能显著提高学员的有氧耐力水平,并能减少运动损伤。训练期间可考虑以心血管和肺功能的测量,间接评估心肺功能的改善程度。

**关键词** 体能训练;心肺功能;有氧耐力;运动负荷试验;干预

DOI:10.3969/j.issn.1002-3208.2014.02.10.

中图分类号 R318.04 文献标志码 A 文章编号 1002-3208(2014)02-0160-07

## Method for aerobic endurance training based on healthy information

WANG Jingzhi<sup>1,2</sup>, MA Zuchang<sup>2,3,4</sup>, SUN Yining<sup>2</sup>, CAO Qingqing<sup>2</sup>

1 Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230026;

2 Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031;

3 Jiangsu Research Institute of Sports Science, Nanjing 210033;

4 Beijing Sports University, Beijing 100084

**【Abstract】 Objective** We conduct aerobic endurance training guidelines based on healthy information in order to improve training efficiency, reduce sport injuries, control the cardiovascular risk of movement, and promote the scientificity and systematicness of fitness training. **Methods** We selected 109 male students randomly to observe for 3 months. Firstly they went with cardiovascular risk assessment, heart, lung function, bone strength and aerobic endurance test to collect healthy information. According to aerobic endurance level before training, we divided the subjects into aerobic endurance worst group (the minimum 30% of the  $V_{O_{2max}}$ ), poor group (the middle 30% of the  $V_{O_{2max}}$ ) and the normal group (the maximum 40% of the  $V_{O_{2max}}$ ). Then we gave intervention to guide training in the first two groups and the normal group was guided training in accordance with the traditional scheme. We evaluated the scientificity and efficiency of intervention guidelines through cardiopulmonary function monitoring. **Results** All the participants improved greatly after training ( $P <$

$0.05$ ). The intervention effect on the students of aerobic endurance worst group and poor group was good, and the improvement was 1 to 3 times more than that of the normal group. The difference of the index in the three cardiovascular function and pulmonary function tests changed significantly ( $P < 0.05$ ). And fracture incidence

基金项目:国家科技支撑计划(2013BAH14F01)资助

作者单位:1 中国科学技术大学自动化系(合肥 230026)

2 中国科学院合肥物质研究院(合肥 230031)

3 江苏省体育科学研究所(南京 210033)

4 北京体育大学(北京 100084)

通信作者:曹庆庆. E-mail: caoqingqingcdc@126.com

was lower than the normal group. **Conclusions** The aerobic endurance training guidance scheme based on healthy information can significantly improve the students' aerobic stamina level, with cardiovascular and pulmonary ventilation function improved, and can reduce sports injury. We suggest cardiovascular function and pulmonary function tests in the training in order to indirectly assess the improvement of cardiopulmonary endurance.

**[Key words]** physical fitness training; cardiorespiratory function; aerobic endurance; exercise test; intervention

## 0 引言

基础体能素质是军事智能、技能高水平发挥的基础与前提<sup>[1]</sup>,新兵是刚从地方进入部队的特殊群体,由于周围环境和生活方式发生变化,再加上严格而艰苦的体能训练,这些变化直接影响了其心理和生理健康。新训时间紧、要求高、强度大,新训期间的健康相关信息是科学施训的基础,是健康的保证<sup>[2]</sup>。

心肺耐力是健康体适能评价指标体系中最重要和最有效的指标<sup>[3]</sup>,所以心肺耐力的提升对于新学员来说是首要任务。运动可影响机体的心血管功能和肺功能,系统、科学的运动训练可使心肺功能发生良好的变化,反之,则会对心肺功能产生不良的影响<sup>[4]</sup>。因此,科学的运动处方是关键。科学的运动处方需要以个体的健康相关信息为基础,本研究拟采用心肺功能监测来追踪新学员在体能训练过程中的健康状况。目前国内外运动心肺功能监测主要用于运动员运动强度及耐力的评价,国内仅见高原部队训练中部分简单测试指标与训练关系的报道<sup>[5]</sup>,至今未见用于指导新学员体能训练。

本研究基本思路是:通过测试,搜集健康体征信息,对心肺耐力差的给予干预,分类指导训练。其意义在于,通过军校新学员心肺功能监测评估干预指导方案的科学性、有效性,科学分类、干预、指导训练,控制运动心血管风险的发生。同时,军校体能训练中主要关注骨折为代表的运动损伤,本研究用自助式超声骨强度仪对训练前新学员进行测试,找出骨折风险高的人群,训练中预防骨折。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

某军校某系某旅大一新学员中随机抽取 109 位学员(年龄:18.89岁±0.92岁;男性;BMI:23.26 kg/m<sup>2</sup>±3.16 kg/m<sup>2</sup>)。

### 1.2 研究方法

通过问卷调查收集学员的一般人口学特征、疾病史、心血管疾病相关信息,进行运动风险评估。对没有运动禁忌证的学员进行心肺机能测试和“改良 Bruce 方案”的运动负荷试验;对于有运动禁忌证的学员,现场由医务人员进行详细的问卷调查,确定其运动风险后决定其是否进行测试。在测试过程中,有医务人员全程监护。按照训练前有氧耐力测试结果进行分类,对心肺耐力最差组(最大摄氧量最小的 30%)和较差组(最大摄氧量中间的 30%)进行运动和营养(主要针对心肺耐力差中的超重者)干预指导训练;正常组(最大摄氧量最大的 40%)仅测试不干预,按照传统方案指导训练。训练前、中、后进行心血管和肺功能测试,并根据心肺功能监测结果适当地调整运动和营养处方。同时训练前对所有学员进行骨强度测试,找出骨折风险较大的人群,进行运动减负和膳食补钙干预。

研究设计路线如图 1 所示。

### 1.3 仪器设备

#### 1.3.1 心肺耐力测试仪器

商用电动跑步机(BHG6425-F3,西班牙 BH 公司)一台、运动心肺机能检测仪(VO2000,美国麦加菲公司)一台。

通过改变跑步机的速度与坡度来设定不同强度,利用运动肺功能测试仪 VO2000 检测测试者在不同运动强度过程中的呼吸气体情况,采用仪器配置的心率带观测心率变化,得到测试者的相对最大摄氧量、最大心率等各项指标来分析测试者的心肺耐力状况。其中运动负荷实验中达到最大摄氧量的判断标准<sup>[6-7]</sup>:① 心率(HR)≥180 次/min;② 呼吸商(RQ)≥1.1;③ 运动负荷增加,而 V<sub>O<sub>2</sub></sub>不再增加或稍有下降;④ 受试者主观感觉精疲力竭,虽然反复鼓励仍不能坚持。具备上述 4 项中的 3 项即可判定。

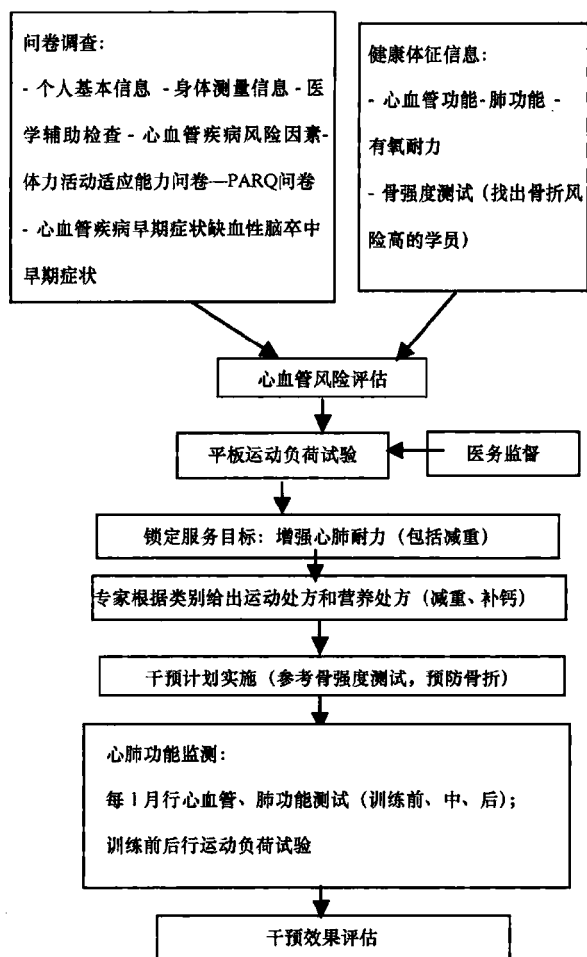


图 1 研究设计路线

Figure 1 The routes of the study

### 1.3.2 体质功能检测仪器

自助式心血管功能检测仪 IIM-2010A 一台、欧姆龙血压计一台、自助式肺功能检测仪 IIM-pvf 2012A 一台、自助式超声骨强度仪 BX-BSI-500A 一台,均由专业人员操作。其中,IIM-2010A 是一种基于脉搏波信号分析的心血管功能检测仪器,实现心率、射血分数、心内膜下心肌活力率等心脏功能,以及左心室负荷、增长指数等动脉功能的客观评定<sup>[8-10]</sup>。IIM-pvf 2012A 是一种基于双向、双流量传感器获取待测者的呼气流速,根据气体流量与气体流速的关系,得出待测者的用力肺活量(forced vital capacity, FVC)和第一秒用力肺活量(FEV1)等指标。BX-BSI-500A 是基于超声换能器从跟骨的一侧向另一侧发射超声波,通过传导速度和振幅衰减定量检测骨矿物含量和骨骼结构及强度,用声速 SOS 和宽频超声衰减 BUA 综合出定量超声指数 QUI 或 STI 来评估 BMD 或骨强度<sup>[11-12]</sup>。

### 1.4 干预方式

首先由运动学专家根据训练前的  $V_{O_{2Max}}$  测试了解学员的心肺耐力水平,给出分类训练指导方案。将学员训练分组方案与教员进行沟通,由教员实施分组训练。

#### 1.4.1 运动干预

以学员日常课程计划为基础,主要目的是增强心肺功能。心肺耐力最差组和较差组的学员均进行心肺耐力干预,其中针对心肺耐力差并且肥胖的学员同时进行减重干预。减重干预是运动与膳食结合干预,以超重人群比例、体重和 BMI 降低为判定标准;心肺耐力干预为运动干预,主要判定标准为心肺耐力和心肺功能的提高情况。在教员的体能训练指导的基础上,将学员按照长跑速度(km/h 或 min/kn)进行训练分组,便于干预方案实施。针对骨折风险高的学员,训练时减少负荷,预防骨折。

减重运动干预如下。运动项目:慢跑;运动强度:中低强度运动;运动时间:4.5~5 km,由此得出运动时间,运动时间平均大于 40 min。

#### 1.4.2 心肺耐力干预

运动项目:变速跑;运动强度:中高强度运动;运动时间:4 km 间歇变速跑,保证每次运动的强度和效果。

#### 1.4.3 膳食干预

仅针对减重和补钙,以食堂日常食谱为基础进行筛选,对心肺耐力差中的超重学员制定一对一的膳食餐包。结合基础代谢率和体力活动水平计算出学员的每日推荐能量摄入,  $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$  的学员餐包每天减掉 300 kcal (1 cal=4.18J) 的能量,  $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$  的学员每天减掉 500 的能量。以控制总油脂(主要为饱和脂肪酸类,如肥猪肉)摄入和高蛋白、高膳食纤维膳食为总原则,制定出能量餐包,并进行运动与营养膳食同步干预,进行减重管理。针对骨强度测试中的骨质少孔和骨质疏松风险高的学员进行膳食补钙(如鱼虾、家禽肉类和禽蛋、奶及奶制品、豆类及豆制品等)。

在训练干预和监控上,处方设计专家根据教员原先的训练方案设计训练干预方案,并与教员沟通,教员结合自己的训练方案实施训练处方;每周教员将训练的困难和学员的主观疲劳度反馈给专家,专家根据实际情况适时改进。

## 1.5 检测指标

主要包括体重、心肺耐力、心血管功能、肺功能和骨强度检测指标。

### 1.5.1 心肺耐力检测指标

最大摄氧量、最大氧脉搏、最大心率;最大氧脉搏是最大摄氧量和最大心率的复合,与心输出量、动静脉氧差密切相关;定量负荷的氧脉搏越高,心脏储备和输出功能就越强。

### 1.5.2 心血管功能指标

包括心脏功能和血管状态相关指标。

### 1.5.3 心脏功能

射血时间(心脏持续射血时间占心动周期的百分比);心肌活力率(subendocardial viability ratio, SEVR;衡量动脉系统满足心脏能量需求能力的一个指标。降低意味着心脏能量储备低,人体承受体力活动的的能力就降低);安静心率。

### 1.5.4 血管状态

收缩压;舒张压;中心压(升主动脉根部收缩压,该值越高心脏负荷越大);增长指数(反映血管僵硬程度,是心血管病发病率和死亡率的重要影响因素)。

### 1.5.5 肺功能指标

FVC(用力肺活量)、FEV<sub>1</sub>(第一秒用力肺活量,指用力肺活量第一秒内呼出的气量)、FEV<sub>1</sub>/FVC(%) (一秒率,医学上将其作为判定是否存在气流受限)、FVC/FVC<sub>0</sub>(%) (FVC的实测值与预期值之比,结合一秒率用于评估肺通气功能)。

### 1.5.6 骨强度指标

骨强度指数和T值(骨强度指数测量值与年轻人相比的偏差程度)两者结合判断骨质状况。

## 1.6 资料的统计处理

数据处理和分析采用SPSS10.0软件。3次心肺功能测试指标之间的差异比较采用配伍设计资料的方差分析,两两比较采用LSD法;两次平板负荷试验测试指标之间的差异比较采用配对t检验,样本差异显著性检验选用0.05水平。

## 2 结果与分析

### 2.1 总体样本两分析

在候选的109位学员中,17人因脚步受伤或项目暂停未完成测试,92人完成两次试验。

按照训练前运动负荷实验的心肺耐力情况分为

心肺耐力最差组(最大摄氧量最小的30%; $n=28$ )、较差组(最大摄氧量中间的30%; $n=28$ )和正常组(最大摄氧量最大的40%; $n=36$ )。其中BMI在正常组和最差组之间( $P<0.01$ )、正常组和较差组之间( $P=0.02$ )存在统计学差异,且正常组的BMI比干预两组小;干预两组之间无差异( $P=0.19$ )。

最后对心肺耐力最差组和较差组给予心肺耐力运动干预,正常组不进行干预,仅测试,按照传统指导方案训练。在干预组中筛选出的超重人群,同时给予减重运动和膳食干预,进行减重。训练后对所有学员和各组的心肺耐力提高水平进行评估,对其中的超重学员的减重效果进行评估。

### 2.2 最大摄氧量

相对摄氧量( $V_{O_{2max}}$ /kg)而言训练前后最大摄氧量的变化更适用于比较个体在心肺功能方面的差异,本研究中的最大摄氧量即为相对摄氧量。

#### 2.2.1 最差组

以训练前心肺耐力排名,最差的30%,干预后 $V_{O_{2max}}$ 比干预前显著提高了8.74(干预前 $V_{O_{2max}}$ : $38.36\pm 2.71$ ,干预后 $V_{O_{2max}}$ : $47.11\pm 5.78$ ;  $P<0.01$ )。

#### 2.2.2 较差组

干预后 $V_{O_{2max}}$ 提高了4.29(干预前 $V_{O_{2max}}$ : $44.14\pm 1.21$ ,干预后 $V_{O_{2max}}$ : $49.43\pm 4.34$ ;  $P<0.01$ )。

#### 2.2.3 正常组

未干预,训练后 $V_{O_{2max}}$ 提高了2.29(干预前 $V_{O_{2max}}$ : $49.59\pm 2.36$ ,干预后 $V_{O_{2max}}$ : $51.88\pm 4.45$ ;  $P=0.004$ )。

#### 2.2.4 比较结果

干预的两组,干预前后 $\Delta V_{O_{2max}}$ 均比未进行干预的正常组的 $\Delta V_{O_{2max}}$ 大。 $\Delta V_{O_{2max}}$ 中:最差组/正常组=3.82;较差组/正常组=1.87。由图2可看出,最差组的斜率最大,其次是较差组,说明干预是有明显效果的。

### 2.3 心肺耐力

#### 2.3.1 总体分析

根据《健康体适能》中不同年龄(本次选年龄组13~19岁)男性的心血管适能( $V_{O_{2max}}$ )分类标准<sup>[13]</sup>,完成训练的92人中,心肺有氧耐力水平在训练后有明显的提高,其中心肺耐力很差率(训练前5.43%;训练后1.09%)、差率(训练前8.70%;训练后2.17%)、一般率(训练前33.70%;训练后

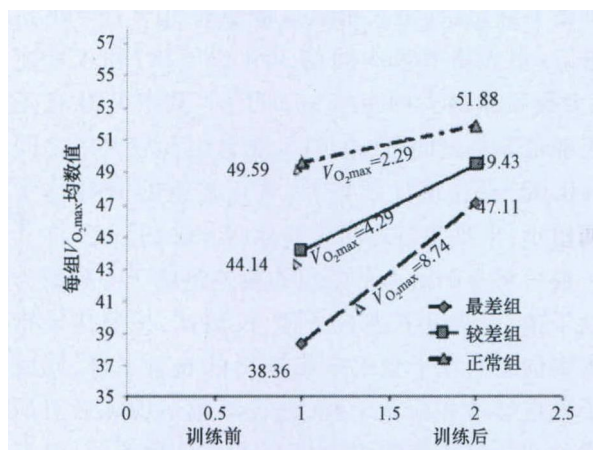


图 2 分类训练各组的最大摄氧量比较

Figure 2 Comparison of each group's maximum oxygen uptake in classification training

17.39%)均显著降低;良好率(训练前 13.04%;训练后 26.09%)、优秀率(训练前 0%;训练后 15.22%)均显著增高。

由表 1 可得,训练后最大摄氧量 ( $V_{O_{2max}}$ /kg)、最大氧脉搏 ( $V_{O_{2max}}$ /HR)、最大心率 (HR<sub>max</sub>) 均比训练前有显著提高,且均有统计学意义。训练前最大心率的平均值仅为 177 次/min,而训练后提高到 188 次/min。

表 1 训练前后运动负荷试验结果的比较

Table 1 Comparison on the results of before and after the movement load test

测试	$V_{O_{2max}}$ /kg /[mL/(min·kg)]	$V_{O_{2max}}$ /HR(次/min)	HR <sub>max</sub> /(次/min)
训练前	44.90±5.21	0.63±0.14	177.41±8.61
训练后	49.86±5.18	0.73±0.14	188.26±8.09
t 值	8.51	5.91	11.10
P 值	<0.01	<0.01	<0.01

2.3.2 肥胖干预对象

2010 年国民体质监测报告表明肥胖学生的心肺耐力、肌肉爆发力和肌肉耐力及柔韧性呈显著下降趋势,故对于超重的 ( $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$ ) 学员通过结合减重干预来提高心肺耐力,运动和营养膳食合并的减重效果明显。训练前超重人群:占总人群 46.5%,  $BMI = 26.05 \pm 1.58$ ;训练中超重人群:占 30.3%,  $BMI = 25.23 \pm 1.08$ ;训练后超重人群:占 18.1%,  $BMI = 24.82 \pm 1.28$ 。训练后较训练前体重

平均降低 3.61 kg ( $P < 0.001$ ), BMI 平均下降 1.23  $\text{kg/m}^2$  ( $P < 0.001$ )。

2.4 心肺功能

2.4.1 心血管功能

所有学员训练前中后 3 次测试之间的方差分析得出,射血时间比(心脏射血持续的时间占心动周期的百分比;  $P < 0.001$ )、安静心率(次/min;  $P = 0.035$ )、心内膜下心肌活力率 (SEVR:是衡量冠状动脉供需平衡的指标,体现了动脉系统满足心脏能量需求的能力<sup>[14-15]</sup>;  $P = 0.01$ )、收缩压 (mmHg;  $P < 0.001$ )、舒张压 (mmHg;  $P = 0.014$ )、中心压 (mmHg;  $P < 0.001$ )、增长指数 ( $P < 0.001$ ) 之间的差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),除心肌活力率有所增加外,其他各项指标值训练后均有不同程度的下降。安静心率(训练前中  $P = 0.045$ ,训练前后  $P = 0.016$ )、舒张压(训练前中  $P = 0.005$ ,训练前后  $P = 0.032$ ) 比较,训练中和训练后均比训练前下降。收缩压 3 次两两比较均有意义,且一直下降。其他主要指标两两比较结果见图 3。

图 3(图中 \* 均表示两两之间比较有统计学意义,  $P < 0.05$ ) 可见心血管功能的主要指标变化误差图:射血时间、中心压、增长指数训练中和训练后均比训练前有显著性的降低,且误差图中均数位置均下移,说明下降程度较显著。而心肌活力率均数增加 0.11,训练后的均数位置上移,说明增长的程度较大。

2.4.2 肺通气功能

肺通气功能测试主要指标用力肺活量 FVC (mL)、第一秒用力肺活量 FEV1 (mL)、第一秒通气比 FEV1/FVC (%)、用力肺活量实测与预期值比 FVC/FVC0 (%) 三次结果方差分析有统计学差异 ( $P < 0.05$ ),且均有不同程度的提高。两两比较结果:FVC(训练前中:  $P = 0.005$ ,变化: +110)、FEV1(训练前中:  $P < 0.001$ ,变化: +147;训练前后  $P = 0.001$ ,变化: +97)、FEV1/FVC (%) (训练前后:  $P = 0.014$ ,变化: +2%)、FVC/FVC0 (%) (训练前中:  $P = 0.036$ ,变化: +1)。因 FEV1 (mL) 比 FVC (mL) 提高幅度大,所以 FEV1/FVC (%) 有提高。

2.5 骨强度

主要参考指标为骨强度指数和 T,其数值与骨质强度成正比。  $-2.5 \leq T \leq -1.0$  有 51 人 (47.2%),表明存在骨质少孔的可能性;  $T \leq -2.5$



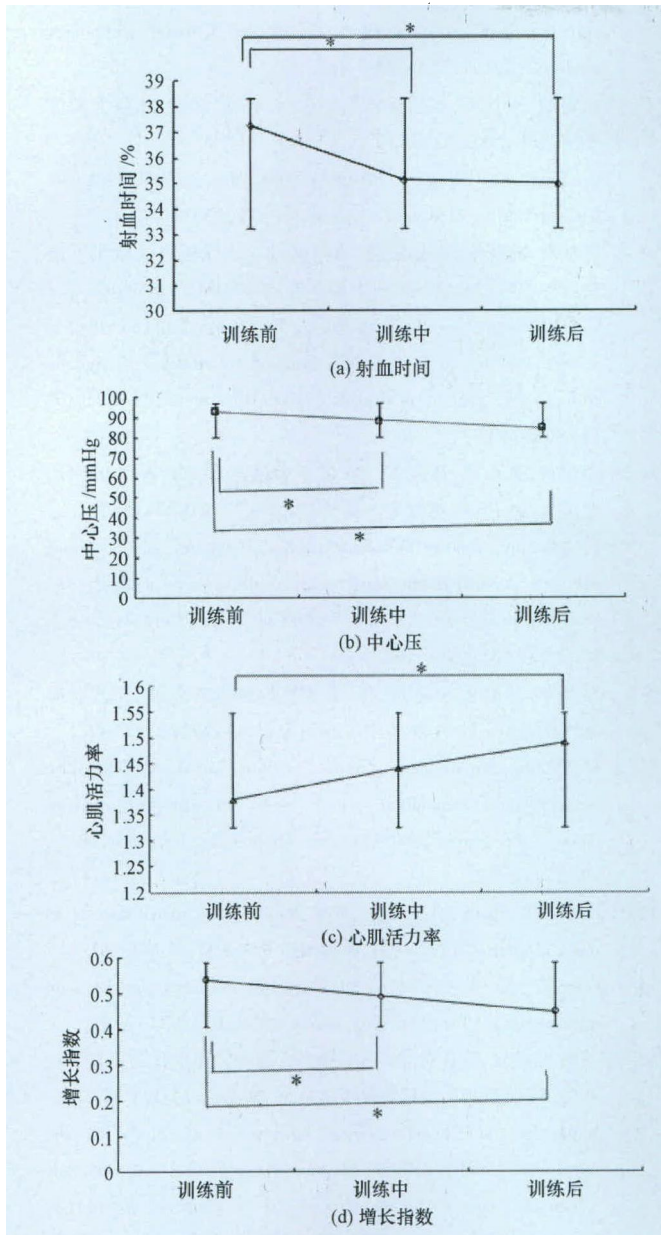


图 3 训练前后射血时间、中心压、心肌活力率、增长指数的误差

Figure 3 The error bar of ejection time, central pressure, SEVR, augment index before and after training

的 6 人 (5.6%), 表明存在骨质疏松的风险。对于这些学员, 在进行训练时要注意预防骨折的发生, 且膳食时要注意多吃补钙的食物 (如鱼虾、家禽肉类和禽蛋、奶及奶制品、豆类及豆制品等)。

### 3 讨论与结论

本研究中, 干预训练后的最大摄氧量显著增加, 说明干预后有氧耐力水平增加。其中, 原本心肺耐力较差的学员中 96.7% 的学员达到了《健康体适

能》中不同年龄男性的心血管适能 ( $V_{O_{2max}}$ ) 分类标准的“一般”水平, 其中 80% 以上的学员达到了“良好”的水平。骨折发生减少了。说明指导系统的设计和试点取得了预期效果。

从最大摄氧量、最大氧脉搏的角度谈, 心肺耐力确实改善了。最大摄氧量 ( $V_{O_{2max}}$ ) 是反映人体在极量运动负荷时心肺功能水平高低的重要指标, 主要反映人体的最大有氧能力, 包括心肺对氧的转运能力和肌肉对氧的吸收、利用能力<sup>[16]</sup>。干预后干预两组 (最差组、较差组) 最大摄氧量提高的幅度约是未干预组 (正常组) 的 2~4 倍。最大氧脉搏是最大摄氧量和最大心率的复合, 与心输出量、动静脉氧差密切相关; 定量负荷的氧脉搏越高, 心脏储备和输出功能就越强。干预后学员的最大氧脉搏和最大心率提高程度最大, 说明心脏储备和输出功能显著提高了, 心血管功能测试的评价结果也说明了这点。

从生理学机制谈改善的原因。最大摄氧量的限制因素主要包括 4 个方面: 呼吸能力、最大心输出量、血液携氧能力、运动系统摄取和利用氧能力<sup>[17]</sup>。Hill 等的研究发现, 最大心输出量对最大摄氧量的限制作用占到了 70%~85%, 后续的许多研究结果也都支持 Hill 等<sup>[18-20]</sup> 这一观点。本研究中最大摄氧量的增加, 伴随着心血管功能的显著提高, 呼吸能力部分提高, 验证了心脏功能对最大摄氧量增加的影响最大。从心血管和肺功能改善方面: 由于训练后学员安静心率较低, 并且心脏的射血时间降低, 说明心脏的休息时间大于工作时间, 使心脏有更大的储备能力。中心压, 即升主动脉根部的收缩压, 训练后降低, 说明心脏的负荷在降低。心内膜下心肌活力率 (SEVR) 是衡量冠状动脉供需平衡的指标, 体现了动脉系统满足心脏能量需求的能力<sup>[21-22]</sup>。由图 2 可得, 心肌活力率明显的增加, 说明动脉系统满足心脏的能力增高。增长指数, 反映血管的僵硬程度, 训练后变小说明血管的弹性变好。说明体能训练可使心肌增强, 心脏容积增大。由于心肌收缩强而有力, 使每搏输出量增强, 从而提高人体有氧工作能力。FEV1/FVC (%) 是判断肺气道阻塞的最常用指标, 训练后 FEV1/FVC (%) 增加, 说明肺部呼吸流量和呼气容积增加, 肺呼吸能力增加。而本研究中未测试血液携氧能力、运动系统摄取和利用氧能力, 所以心血管功能和肺通气功能分别对最大摄氧量的提高占多少比例还有待于进一步的验证。

运动损伤是新学员常见的问题,应尽量试避免。运动猝死是运动医学界最严重问题之一<sup>[23]</sup>,本研究测试之前对心血管风险进行了评估,训练中避免运动猝死。新兵疲劳性骨折发生率为 12.45%<sup>[24]</sup>,通过骨强度测试找出骨折风险高的人群,进行运动减负和膳食营养干预,骨折发生率仅为 6.42%;说明基于健康信息的军校学员心肺耐力训练方法能减少骨折发生,控制运动心血管风险,提高训练效率。

跟踪很重要,能看出是否取得预期效果,是否需要进行方案的修正。基于健康信息的军校学员心肺耐力训练方法中测试心血管和肺功能较容易操作和控制,而直接法测试最大摄氧量较难执行,尤其是对大样本人群。随着心肺耐力的改善,心血管、肺功能确实也改善,证明这一方法是可行的。故可以考虑训练方案实施期间,用这两个参数的测量间接评估心肺耐力的改善程度。

通过本研究建立了一个具有科学性、可操作的新学员体能训练指导系统,主要的思路和方法是,通过对 109 位新学员进行为期 3 个月的试点,取得显著效果。相关成果对于大学生军训,军校、警校等新学员的训练具有普遍参考意义。

#### 参考文献

- [1] 李兴春,李琳,王武. 试论体能在现代战争中的地位和作用[J]. 才智,2011,(33):287.  
Li Xingchun, Li Lin, Wang Wu. Talk about the position and role of fitness in the modern war[J]. Intelligence, 2011, (33):287.
- [2] Kessler RC, Sonnega A, Bromet E, et al. Posttraumatic stress disorder in the national comorbidity survey [J]. Arch Gen Psychiatry, 1995, 52(12):1048-1060.
- [3] 刘森. 简析心肺耐力对大学生群体健康的影响[J]. 体育科技文献通报, 2012, 20(9):126-127.  
Liu Sen. Effect of cardiorespiratory fitness on college student group health [J]. Bulletin of Sport Science and Technology, 2012, 20(9):126-127.
- [4] 朱天虹,张斌. 运动对心肺功能的影响[J]. 现代康复, 2001, 5(10):128.  
Zhu Tianhong, Zhang Bin. Impact of exercise on cardiopulmonary function[J]. Modern Rehabilitation, 2001, 5(10):128.
- [5] 李少莹,刘翱,杨伟康,等. 云南高原的平原新兵入伍士兵与本地同年新兵入伍士兵心肺运动耐力比较[J]. 临床肺科杂志, 2010, 15(4):460-461.  
Li Shaoying, Liu Ao, Yang Weikang, et al. Comparison of exercise tolerance between the recruits from plain to Yunnan sub-plateau and the local recruits [J]. Journal of Clinical Pulmonary Medicine, 2010, 15(4):460-461.
- [6] 曲锦域,于长隆. 实用运动医学[M]. 4版. 北京:北京大学医学出版社,2003:111-119.  
Qu Jinyu, Yu Changlong. Practical Sports Medicine[M]. 4th ed. Beijing: Beijing Medical University Press, 2003:111-119.
- [7] 陈晓霞,陈晓玲,黄志超,等. 有氧运动对医学院校大学生心肺功能的影响[J]. 新疆医科大学学报, 2010, 33(6):651-655.  
Chen Xiaoxia, Chen Xiaoling, Huang Zhichao, et al. The effect of aerobic exercise on heart & lung functions of students in medical college [J]. Journal of Xinjiang Medical University, 2010, 33(6):651-655.
- [8] 李雪情,张永亮,郑莹莹,等. 基于示波法和高斯拟合的血压测量方法[J]. 传感技术学报, 2010, 23(12):1679-1685.  
Li Xueqing, Zhang Yongliang, Zheng Yingying, et al. Blood pressure measurement based on oscillometric method and Gaussian fitting [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2010, 23(12):1679-1685.
- [9] 黎秀龙,马祖长,张永亮,等. 基于波形分析的多种 PWV 获取系统的设计[J]. 生物医学工程研究, 2011, 30(2):72-77.  
Li Xiulong, Ma Zuchang, Zhang Yongliang, et al. A multi-pulse wave velocity acquisition system based on waveform analysis method [J]. Journal of Biomedical Engineering Research, 2011, 30(2):72-77.
- [10] Zhang YL, Zheng YY, Ma ZC, et al. Radial pulse transit time is an index of arterial stiffness [J]. Hypertens Res, 2011, 34:884-887.
- [11] Chen Y, Xu Y, Ma Z, et al. Detection of bone density with ultrasound [J]. Procedia Engineering, 2010, (7):371-376.
- [12] 王杰,倪朝民,陈焱焱,等. 热固耦合式超声骨强度仪的可重复性及相关性研究[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(2):125-129.  
Wang Jie, Ni Chaomin, Chen Yanyan, et al. Study on the repeatability and correlation of warm-air and solid coupled mode ultrasound bone strength device [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2012, 27(2):125-129.
- [13] 王建,何玉秀. 健康体适能[M]. 北京:高等教育出版社, 2008.  
Wang Jian, He Yuxiu. Health Fitness [M]. Beijing: Higher Education Press, 2008.
- [14] Murakami T, Takei K, Ueno M, et al. Aortic reservoir function after arterial switch operation in elementary school-aged children [J]. Circulation Journal, 2008, 72(8):1291-1295.
- [15] Brooks BA, Molyneaux LM, Yue DK. Augmentation of central arterial pressure in Type 2 diabetes [J]. Diabetic Medicine, 2001, 18(5):374-380.
- [16] 陈锐. 最大摄氧量的影响因素及测定方法[J]. 内江科技, 2012, (11):176.  
Chen Rui. The influence factors of  $Vo_2$  Max and measuring method [J]. Neijiang Science and Technology, 2012, (11):176.

(下转第 178 页)

- [ 2 ] Andreas Bulling, Hans Gellersen, Gerhard Troster. Eye movement analysis for activity recognition using electrooculography [ J ]. IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence, 2011, 33 ( 4 ): 741-753.
- [ 3 ] Andreas Bulling, Jamie A. Ward, Hans Gellersen, et al. Robust recognition of reading activity in transit using wearable electrooculography [ J ]. Pervasive Computing Lecture Notes in Computer Science, 2008, 50 ( 13 ): 19-37.
- [ 4 ] Andreas Bulling, Daniel Roggen, Gerhard Tröster. Wearable EOG goggles: seamless sensing and context-awareness in everyday environments [ J ]. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, 2009, 1 ( 2 ): 157-171.
- [ 5 ] 张金桥. 西方关于阅读的眼动研究 [ J ]. 暨南大学华文学院学报, 2003, 4: 73-78.
- [ 6 ] Uttal WR, Smith P. Recognition of alphabetic characters during voluntary eye movements [ J ]. Perception & Psychophysics, 1968, 12 ( 3 ): 257-264.
- [ 7 ] Rayner K, Duffy SA. Online Comprehension Processes and Eye Movements in Reading. Reading Research: Advances in Theory and Practice [ M ]. New York: Academic Press, 1988: 13-66.
- [ 8 ] Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research [ J ]. Psychology Bulletin, 2000, 124 ( 3 ): 372-422.
- [ 9 ] 孟祥芝, 周晓林, 曾飏, 等. 发展性阅读障碍与知觉加工 [ J ]. 心理学报, 2002, 3 ( 4 ): 437-442.  
Meng Xiangzhi, Zhou Xiaolin, Zeng Biao, et al. Developmental dyslexia and perceptual processing [ J ]. Acta Psychologica Sinica, 2002, 3 ( 4 ): 437-442.
- [ 10 ] Pavlidis, George Th. Eye movements in dyslexia: their diagnostic significance [ J ]. Journal of Learning Disabilities, 1985, 18 ( 1 ): 42-50.
- [ 11 ] Pavlidis GT. Do eye movements hold the key to dyslexia [ J ]. Neuropsychologia, 1982, 19: 57-64.
- [ 12 ] Pavlidis GT. Sequencing, eye movements and the early objective diagnosis of dyslexia // Pavlidis GT Miles TR, ( eds. ), Dyslexia Research and Its Applications to Education [ M ]. New York: Wiley, 1982.
- [ 13 ] Olson RK, Kliegl, R, Davidson BJ. Dyslexic and normal readers' eye movements [ J ]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1983, 9 ( 5 ): 816-825.
- [ 14 ] Jones MH, Dayton GO, Bernstein L, et al. Pilot study of reading problems in cerebral palsied adults [ J ]. Developmental Medicine and Child Neurology, 1966, ( 8 ): 417-427.
- [ 15 ] 陈卫东, 李昕, 刘俊, 等. 基于数学形态学的眼电信号识别及其应用 [ J ]. 浙江大学学报: 工学版, 2011, 45 ( 4 ): 644-649.  
Chen Weidong, Li Xin, Liu Jun, et al. Mathematical morphology based electro-oculography recognition algorithm for human-computer interaction [ J ]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2011, 45 ( 4 ): 644-649.
- [ 16 ] Asyali MH, Oguz SH. A morphology based algorithm for baseline wander elimination in ECG records [ C ]. Proceedings of the IEEE International Biomedical Engineering Days. Istanbul Turkey: IEEE, 1992: 160-164.

(2013-01-04 收稿, 2013-03-18 修回)

(上接第 166 页)

- [ 17 ] Hawle JA, Myburgh KH, Noakes TD. Maximal Oxygen Consumption: A Contemporary Perspective [ D ]. Cape Town: University of Cape Town Medical School, 1994: 166-187.
- [ 18 ] Yano T, Horiuchi M, Yunoki T, et al. Relationship between maximal oxygen uptake and oxygenation level in inactive muscle at exhaustion in incremental exercise in humans [ J ]. Physiol Res, 2005, 54: 679-685.
- [ 19 ] Lpretre PM, Koralsztein JP, Billant VL. Effect of exercise intensity on relationship between  $V_{O_{2max}}$  and cardiac output [ J ]. Med Sci Sports Exerc, 2004, 36 ( 8 ): 1357-1363.
- [ 20 ] Decort SC, Innersia, Barstow TJ, et al. Cardiac output, oxygen consumption and arteriovenous oxygen difference following a sudden rise in exercise in humans [ J ]. J Physiol, 1991, 441: 501-512.
- [ 21 ] Murakami T, Takei K, Ueno M, et al. Aortic reservoir function after arterial switch operation in elementary school-aged children [ J ]. Circulation Journal, 2008, 72 ( 8 ): 1291-1295.
- [ 22 ] Brooks BA, Molyneaux LM, Yue DK. Augmentation of central arterial pressure in type 2 diabetes [ J ]. Diabetic Medicine, 2001, 18 ( 5 ): 374-380.
- [ 23 ] 刘青健, 王清生, 刘永祥. 我国大学生运动猝死调查及教学对策研究 [ J ]. 首都体育学院报, 2008, 20 ( 5 ): 38-41.  
Liu Qingjian, Wang Qingsheng, Liu Yongxiang. Investigation on exercise-related sudden death among college students in China and study on countermeasures in teaching [ J ]. Journal of Capital Institute of Physical Education, 2008, 20 ( 5 ): 38-41.
- [ 24 ] 龙泳, 李远贵, 李良寿, 等. 部分新兵基础训练期间应力性骨折的病例对照研究 [ J ]. 解放军预防医学杂志, 2000, 18 ( 5 ): 316-319.  
Long Yong, Li Yuangui, Li liangshou, et al. Case-control study of stress fracture of part new recruits during basic training [ J ]. Journal of Preventive Medicine of Chinese People's Liberation Army, 2000, 18 ( 5 ): 316-319.

(2013-02-25 收稿, 2013-05-15 修回)