

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.04.016

## 8 周头低位强腹式呼吸训练对女大学生心脏功能的干预影响

刘 碰<sup>1</sup>, 孙明运<sup>1</sup>, 包亚玲<sup>2</sup>

(1. 安庆师范大学体育学院, 安徽 安庆 246000; 2. 中国人民解放军海军医院, 安徽 安庆 246000)

**摘要:** [目的] 通过 8 周头低位强腹式呼吸训练的干预影响, 探索女大学生的心脏功能变化特征, 试图为相关测试、实验与训练提供理论与实践依据。 [方法] 选择来自某大学体育学院运动康复班女大学生 23 人参与实验, 将其随机分为实验组与对照组, 其中实验组 12 人, 对照组 11 人, 实验组受试者进行头低位强腹式呼吸训练, 训练时间为 8 周, 每周 3 次, 每次 30 min, 呼吸频率为 35 次/min, 对照组受试者只进行正常的生活与学习。 实验前后期分别选取受试者在直立位、仰卧位和倒立位上的射血分数(EF)、射血距离(ED)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、每搏输出量(SV)、升主动脉流速(AAV) 指标进行检测, 通过文献法、实验法与数理统计法开展相关分析与研究。 [结果] (1) 经 8 周训练以后, 实验组心脏功能提升效果非常明显, 各指标的提升效果明显优于对照组。 实验组之间前后测 EF 在直立位差异有统计学意义( $P=0.013$ ), 在仰卧位差异有高度统计学意义( $P=0.000$ ), 在倒立位差异有高度统计学意义( $P=0.000$ ); 实验组之间前后测 SV 在直立位差异有统计学意义( $P=0.012$ ), 在仰卧位差异有高度统计学意义( $P=0.006$ ), 在倒立位差异有高度统计学意义( $P=0.001$ ); 实验组之间前后测 AAV 在直立位差异有统计学意义( $P=0.045$ )。 (2) 前测实验组女大学生与后测实验组女大学生的 ED 在倒立位最大, 仰卧位次之, 直立位最小; 前测实验组女大学生与后测实验组女大学生的 SBP 与 DBP 在直立位最大, 仰卧位次之, 倒立位最小; 前测实验组女大学生与后测实验组女大学生的 SV 与 AAV 在仰卧位最大, 倒立位次之, 直立位最小。 [结论] 8 周头低位强腹式呼吸训练对女大学生心功能提升效果非常明显, 头低位强腹式呼吸训练可作为一种有效锻炼方式来提高女大学生心脏功能。

**关键词:** 头低位强腹式呼吸训练; 女大学生; 心脏功能

**中图分类号:** G808.17 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1891(2021)04-0087-06

## Effects of Eight Weeks of Head Down Tilt Strong Abdominal Breathing Training on Cardiac Function of Female College Students

LIU Peng<sup>1</sup>, SUN Mingyun<sup>1</sup>, BAO Yaling<sup>2</sup>

(1. School of Physical Education, Anqing Normal University, Anqing, Anhui 246000, China;

2. The PLA Navy Anqing Hospital, Anqing, Anhui 246000, China)

**Abstract:** [Objective] To explore the characteristics of cardiac function of female college students through the intervention of eight weeks of head down tilt strong abdominal breathing training, and to provide theoretical and practical basis for related tests, experiments and training. [Methods] A total of 23 female college students from the sports rehabilitation classes in the school of physical education were randomly divided into the Experimental Group and the Control Group, of which 12 were in the experimental group and 11 in the control group. The subjects in the experimental group were trained with head down tilt abdominal breathing for 30 minutes, 3 times a week for eight weeks, and the frequency of breathing was 35 times/min. The subjects in the control group were only required to go on with normal living and learning. The Ejection Fraction (EF), Ejection Distance (ED), Systolic Blood Pressure (SBP), Diastolic Blood Pressure (DBP), Stroke Volume (SV) and Ascending Aortic Velocity (AAV) of subjects in upright, supine and handstand positions were measured before and after the experiment through the literature method, experimental method and mathematical statistics to carry out relevant analysis and research. [Results] (1) After 8 weeks of training, the promotion effect of the Experimental Group's cardiac function was very obvious, with all the indexes obviously superior to those of the control group. There were significant differences of EF in the Upright Position ( $P =$

收稿日期: 2021-09-02

基金项目: 安徽省教育厅自然科学研究重点项目(KJ2017A364)。

作者简介: 刘碰(1994—), 男, 安徽宣城人, 硕士, 研究方向: 体育教育训练学与运动人体科学。

0.013), in the Supine position( $P=0.000$ ), and in the handstand position( $P=0.000$ ). There were significant differences in SV in the upright position( $P=0.012$ ), in the Supine position( $P=0.006$ ), and in the handstand position( $P=0.001$ ). There was a significant difference of AAV between the two groups( $P=0.045$ ). (2) ED of female students in pretest Group and post-test Group was the largest in handstand position, followed by supine position and the then in upright position. SBP and DBP of female students in pretest Group and post-test Group were the largest in upright position, the SV and AAV of female college students in pretest Group and post-test group were the largest in supine position, the second in handstand and the smallest in upright position. [ **Conclusion** ] 8 weeks head down tilt strong abdominal breathing training can improve the heart function of female college students, so the head down tilt strong abdominal breathing training can be an effective way to improve the cardiac function of female college students.

**Keywords:** head down tilt strong abdominal breathing training; female college students; cardiac function

## 0 引言

现如今女大学生体质下降已经成为一个全世界重点关注的社会问题,引起了各国政府的高度重视和研究人员的密切关注,而身体活动量减少与不良生活方式是造成大学生体质健康水平下降的主要原因<sup>[1-2]</sup>。随着身体的发育与心智的成熟,女大学生在进入大学以后,在生理及心理上都有着极大改变,运动惰性增强、锻炼意识变弱使得她们更容易对体育锻炼丧失兴趣,忽略了体育健身与体质健康的重要性<sup>[3-4]</sup>。女大学生若在校期间未能加强体育锻炼,增强体质,改善心脏功能,在步入社会、参加工作时将难以取得优势。对于女大学生在校期间课业繁重、闲余时间较少这一现实状况,如何利用好其有限时间去促进身体健康是当前体育工作者与科研人员都密切关注的问题。

心脏是人体血液循环的动力装置,是一切生命活动的生理基础<sup>[5]</sup>。心脏功能是心脏将血液泵入肺循环和体循环的能力,为身体提供氧气和营养物质,带走二氧化碳和其他废物,是人体的主要机能,影响着人们的生命活动、健康水平和生活质量<sup>[6]</sup>,是机能评定、体质评价和运动员科学选材的重要指标<sup>[7]</sup>。心脏功能检测不仅对于识别运动中可能发生心血管意外的高危人群、运动员的选材、运动人群的鉴定起到了科学的评估作用,而且是科学合理安排体育运动的重要方法之一,是体育教学、运动训练和全民健身安全进行的重要保障<sup>[8]</sup>。心脏的主要功能为射血,从而跟泵血、收缩息息相关,当机体新陈代谢加快时,心脏收缩随之加强,心脏泵血更为有力<sup>[9]</sup>。反映心脏泵血与收缩功能的指标有:射血分数(Ejection Fraction, EF)、射血距离(Ejection Distance, ED)、收缩压(Systolic Blood Pressure, SBP)、舒张压(Diastolic Blood Pressure, DBP)、每搏输出量(Stroke Volume, SV)、升主动脉流速

(Ascending Aorta Velocity, AAV)<sup>[10]</sup>。

通过相关研究,王英凤<sup>[11]</sup>、李赢<sup>[12]</sup>、丁佳<sup>[13]</sup>人发现训练中经常处于头低位倾斜体位可增强心功能相关指标,头低位倾斜(HDT)是通过一种或多种持续体位改变来观察机体机能的训练方式,长期坚持对于心功能的促进与提高有着极好的作用;孙明运等<sup>[14]</sup>认为这种使人体头部较躯干离地心的距离近的体位下训练的方式,可以改善人体形态,提高机体各器官系统机能的的活动能力,促进身体机能。张秀阁<sup>[15]</sup>、张力军等<sup>[16]</sup>指出腹式呼吸是中国传统养生学与现代医疗保健领域中常用的训练方法。呼吸肌的训练方法其实还有很多值得探讨的方面,在多年个案锻炼研究中,经研究团队发现,如果有意识地增大腹式呼吸深度和呼吸频率,对人体呼吸肌具有一定的训练作用,特提出强腹式呼吸概念。前期查阅资料至今,由于还未发现强腹式呼吸概念,经团队讨论后,将强腹式呼吸定义为保持适当的呼气深度,快速吸气的腹式呼吸。按照此定义,强腹式呼吸其实是用力呼吸的一种方式。本文中的头低位强腹式呼吸训练结合了 2 种训练方式于一体,以期在训练中更大程度地影响心脏功能相关指标,为头低位强腹式呼吸训练提供理论与实践依据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

选择来自某大学体育学院 2020、2018 级运动康复班女大学生 23 人参与实验,实验前将受试者随机分为 2 组,即实验组(训练干预组)与对照组(无训练干预组),其中实验组 12 人,对照组 11 人,具体情况如表 1 所示。所有受试者均无专业的体育训练经历,均被告知该实验的目的和内容,并且签署符合赫尔辛基宣言的知情同意书表示自愿参加该实验。

表1 各组受试者基本情况

组别	人数	身体质量指数	年龄	身高/cm	体质量/kg
实验组	12	21.33±0.43	18.58±1.38	162.42±4.66	55.89±9.31
对照组	11	19.70±0.54	18.55±1.56	164.95±4.18	53.59±9.47

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 文献法

在中国知网、ScienceDirect 等中英文数据库中搜索相关文献资料,并归纳整理,了解其相关研究现状,借鉴相关研究经验,为制定心脏功能测试指标与运动干预方案提供参考,并为该实验的设计与本文的撰写提供理论基础与方法依据。

### 1.2.2 实验法

实验地点为安庆海军医院超声科与安庆师范大学体育学院实验室,温度为 26 ℃,湿度为 66%。实验仪器:Philips Color Doppler CV850 彩色多普勒超声、欧姆龙 HEM-7126 电子血压计、AB5820 倒立机、节拍器等。测试方法:超声科医生要求每位受试者在倒立机上采用直立位、仰卧位、倒立位 3 种姿势顺序进行前后期的静态心脏功能相关指标测量。训练方案:训练前进行相关指标前期测试,之后实验组进行每周 3 次的头低位强腹式呼吸训练,每次 30 min,呼吸频率为 35 次/min,干预期为 8 周,8 周后进行相关指标后期测试;对照组受试者则只进行正常的生活与学习,并尽量避免大运动量的耐力与力量活动(取消晨跑与夜跑)。

### 1.2.3 数理统计法

在对实验数据进行整理后,将测试所获得数据在 Excel2020 软件上进行统计处理,采用实验数据的平均值和标准差来进行统计和分析,并将数据导入 Origin Pro2018 软件进行绘图分析。样本符合正态分布,应用  $t$  检验双样本异方差假设和双样本等方差假设作为统计方法,差异有统计学意义设为  $P < 0.05$ ,差异有高度统计学意义设为  $P < 0.01$ 。

## 2 结果

### 2.1 EF 前后测结果

8 周以后,如图 1a 所示,前后测中,虽实验组与对照组在 3 种体位的 EF 均有不同程度提升,但实验组女大学生提升效果明显优于对照组。在直立位实验组之间差异有统计学意义( $P = 0.013$ ),在仰卧位实验组之间差异有高度统计学意义( $P = 0.000$ ),对照组之间差异有统计学意义( $P = 0.025$ ),在倒立位实验组之间差异有高度统计学意义( $P =$

0.000),对照组之间差异有统计学意义( $P = 0.026$ )。

如图 1b 所示,前测实验组女大学生、前测对照组女大学生与后测对照组女大学生的 EF 在直立位最大,仰卧位次之,倒立位最小,而后测实验组女大学生的 EF 在仰卧位最大,直立位次之,倒立位最小。

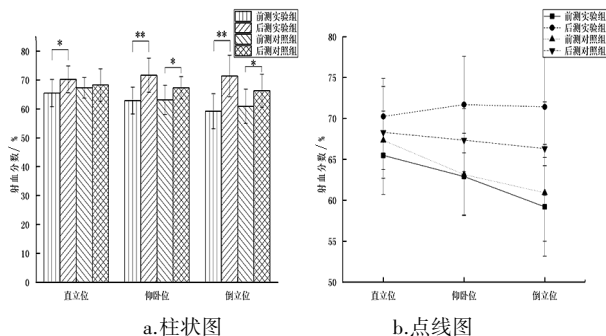
注: \* 代表  $P < 0.05$ , \*\* 代表  $P < 0.01$ 。

图1 女大学生前后测的 EF

### 2.2 ED 前后测结果

8 周以后,如图 2a 所知,前后测中,虽实验组与对照组在 3 种体位的 ED 均有不同程度提升,但实验组女大学生提升效果明显优于对照组。在 3 种体位差异均无统计学意义。

如图 2b 所示,前测实验组女大学生、后测实验组女大学生与前测对照组女大学生的 ED 在倒立位最大,仰卧位次之,直立位最小,而后测对照组女大学生的 ED 在倒立位最大,直立位次之,仰卧位最小。

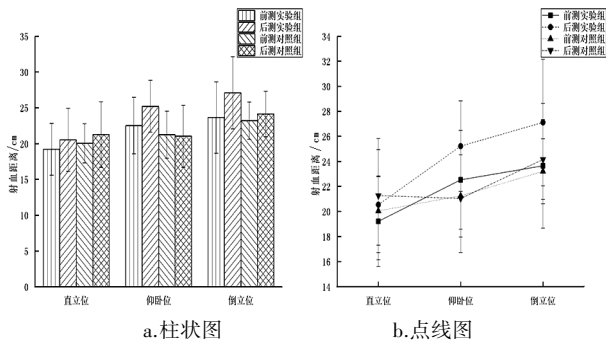


图2 女大学生前后测的 ED

### 2.3 SBP 前后测结果

8 周以后,前后测中,实验组在 3 种体位的 SBP 均呈下降趋势,而对照组在 3 种体位的 SBP 均呈上升趋势,在 3 种体位无显著性差异,如图 3a 所示。前测实验组女大学生、后测实验组女大学生、前测对照组女大学生与后测对照组女大学生的 SBP 均在直立位最大,仰卧位次之,倒立位最小,如图 3b 所示。

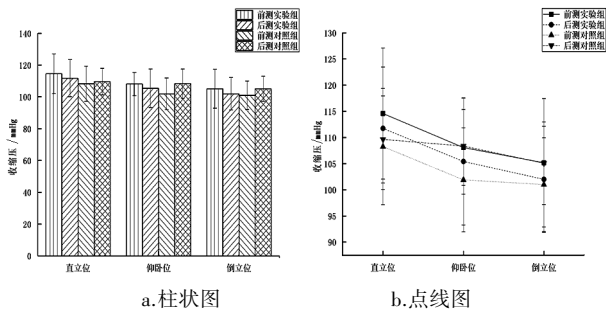


图 3 女大学生前后测的 SBP

### 2.4 DBP 前后测结果

8 周以后,如图 4a 所示,前后测中,实验组在直立位与倒立位的 DBP 呈下降趋势,在仰卧位上基本无变化,而对照组在直立位与仰卧位的 DBP 呈上升趋势,在倒立位呈下降趋势,在 3 种体位无显著性差异。

如图 4b 所示,前测实验组女大学生、后测实验组女大学生、前测对照组女大学生与后测对照组女大学生的 DBP 均在直立位最大,仰卧位次之,倒立位最小。

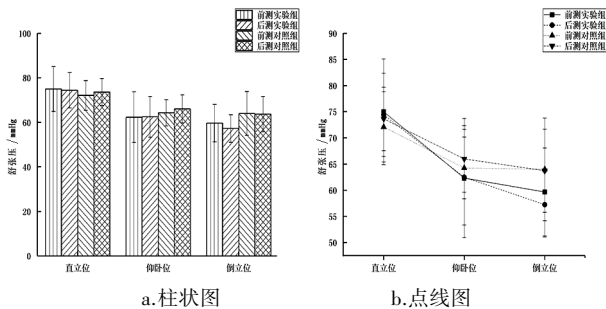


图 4 女大学生前后测的 DBP

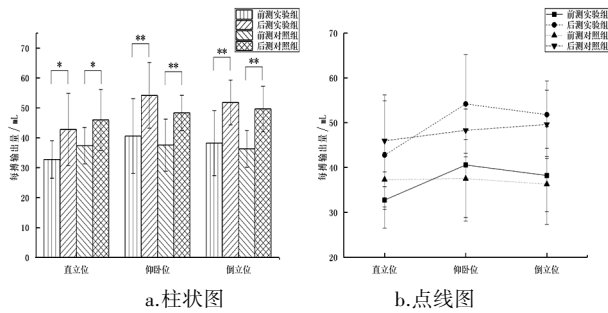
### 2.5 SV 前后测结果

8 周以后,如图 5a 所知,前后测中,虽实验组与对照组在 3 种体位的 SV 均有提升,但实验组女大学生提升效果明显优于对照组。在直立位,实验组之间差异有统计学意义 ( $P=0.012$ ),对照组之间差异有统计学意义 ( $P=0.016$ ),在仰卧位,实验组之间差异有高度统计学意义 ( $P=0.006$ ),对照组之间差异有高度统计学意义 ( $P=0.002$ ),在倒立位,实验组之间差异有高度统计学意义 ( $P=0.001$ ),对照组之间差异有高度统计学意义 ( $P=0.000$ )。

如图 5b 所示,前测实验组女大学生与后测实验组女大学生的 SV 在仰卧位最大,倒立位次之,直立位最小,前测对照组女大学生在仰卧位最大,直立位次之,倒立位最小,后测对照组女大学生的 ED 在倒立位最大,仰卧位次之,直立位最小。

### 2.6 AAV 前后测结果

8 周以后,如图 6a 所知,前后测中,实验组在 3



注: \* 代表  $P<0.05$ , \*\* 代表  $P<0.01$ 。

图 5 女大学生前后测的 SV

种体位的 AAV 均呈上升趋势,对照组在直立位与仰卧位的 AAV 呈上升趋势,但提升效果明显弱于实验组,在倒立位呈下降趋势。在直立位,实验组之间差异有统计学意义 ( $P=0.045$ )。

如图 6b 所示,前测实验组女大学生与后测实验组女大学生的 AAV 在仰卧位最大,倒立位次之,直立位最小,前测对照组女大学生在 3 种体位基本无变化,后测对照组女大学生的 AAV 在直立位最大,仰卧位次之,倒立位最小。

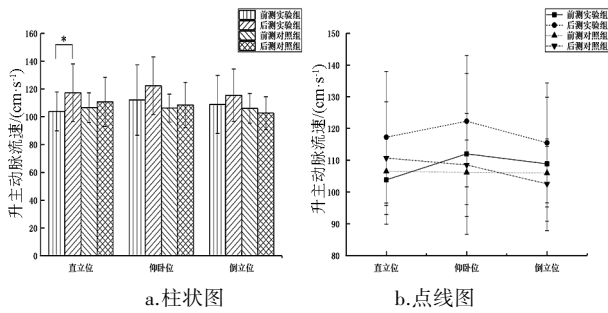


图 6 前后测的 SBP

## 3 分析与讨论

### 3.1 头低位强腹式呼吸训练对不同体位下各指标的影响

8 周头低位强腹式呼吸训练对女大学生的心功能提升效果非常明显,8 周以后,参与头低位强腹式呼吸训练的实验组相较于只进行正常的学习与生活的对照组在 EF, ED, BP, SV 和 AAV 指标方面均有很大程度的改善,表现为心脏的泵血收缩更为有力,血压状况得到改善,血管动脉顺应性得以增加,充分说明了心脏功能的增强。EF 作为观察心肌收缩力与反映心室收缩功能的有效指标<sup>[17-18]</sup>,且作为与未来心血管事件发生风险有显著相关的重要指标<sup>[19-20]</sup>,实验组在训练后相较于对照组表现出 3 种体位上更有力的射血分数,达到了更佳的心脏泵血收缩功效与心脏功能;ED 是心室向主动脉射血的距离,实验组在训练后较于对照组表现出 3 种体位

上更远射血的距离,从而达到了更好的射血效果;BP是反映心血管健康的黄金指标,可反映相应的血流动力学状态<sup>[21]</sup>。收缩压反映心脏每搏输出量的大小,舒张压反映外周阻力的大小,适当降低血压可以减少患相关心血管疾病的可能<sup>[22]</sup>。实验组在训练后相较于对照组表现出3种体位上更低的收缩压与舒张压,也降低了当代女大学生患高血压的风险;SV是心室一次收缩射出的血量,是评价心泵功能强弱的重要生理指标,实验组在训练后相较于对照组表现出3种体位上更强有力的每搏输出量,展示出更好的心泵血功能;AAV能间接地反应心肌收缩的变化情况,亦能反映血流速度,而血流速度是反映血管顺应性和心血管疾病的重要标志<sup>[23-24]</sup>,实验组在训练后相较于对照组表现出3种体位上更大的血液流动,从而表现为更好的血液循环。

当依次测试受试者在直立位、仰卧位、倒立位的心功能指标时,受到体位改变影响,射血分数总体呈下降趋势,因射血分数为每搏输出量与心舒末期容积之比,易受年龄、血压及心脏前后负荷的影响<sup>[25]</sup>,且受试者血压在体位变化测试时呈下降趋势,从而出现射血分数下降的情况;射血距离总体呈上升趋势,当体位改变时,心尖朝向位置与在直立位时发生了很大改变,且因地心引力重力加速度作用效果,增加了射血距离;血压指标中收缩压、舒张压总体均呈下降趋势,血管壁的压力随之变小,所以血压变小。血压的升高很可能会导致高血压的发生,目前高血压是中国成年人中最为流行的心血管疾病之一<sup>[26]</sup>,故在体位变化下的血压降低具有积极意义;每搏输出量在体位变化测试时总体呈上升趋势,这种体位变化引起心脏位置的改变,心室单次收缩射出的血量增加,从而导致每搏输出量的上升。当体位依次改变,心交感神经兴奋、肾上腺素和去甲肾上腺素增加时,心肌纤维收缩性亦会明显增强,通过加强收缩,以此来减少心室收缩末期的余血量从而增加每搏输出量;升主动脉流速在这种体位变化下亦呈上升状态,因泵血总量增加,从而加快了血液循环流动的速度,说明这种体位变化对于动脉的顺应性具有提升作用。

### 3.2 头低位强腹式呼吸训练对心脏功能影响的可能机制

头低位强腹式呼吸训练时,人体在倒立位的状态下,因心尖与主动脉弓的位置相较于直立时发生改变,头与脚的位置实现互换,从而出现相关心脏功能指标的变化。相较于之前人体在直立位与仰卧位的正常体位下的状态,此时因心脏射血方向和

血液重力压力改变可以对心房心室有着更大的刺激,且在训练过程中会促进交感兴奋,静脉血管收缩增加,使平均体循环充盈压升高,从而增加静脉回流的驱动压,增加静脉回流,而静脉回流是通过压力梯度驱动血液由静脉流回右心房<sup>[27]</sup>,当静脉回心血量增加时,心室射血量亦会增加,周而复始,心功能得到锻炼与增强。

头低位强腹式呼吸训练以膈肌活动为主。该训练由于对呼吸的要求,同时可以对腹腔里的脏器起到按摩的作用。这种按摩作用可以增强各脏器的蠕动和腺体的分泌功能,提高各脏器的机能,如加速腹腔静脉血回流心脏,使一些消化器官的功能得到改善,使交感神经与副交感神经系统的功能得以增强。练习中,当膈肌舒张时,静脉血管外周压力下降使静脉血管的容量增加,减轻心脏负担,毛细血管被动扩张,同时容量增加,随血液输送到组织的氧气和营养物质等也随之增加,促进与改善内环境的物质交换,对细胞新陈代谢起促进作用。训练时要求受试者在身心放松的前提下,进行头低位强腹式呼吸训练,可使受试者更好地集中意识加强中枢神经系统对肌肉等运动系统的内在控制。在训练过程中,膈肌有节奏地收缩与舒张以及毛细血管反射性地扩张,可以使静脉回心血流增加,减轻心脏的负担。由于该训练强度较小,无氧代谢成分较少,引起机体疲劳的代谢产物如乳酸也较少<sup>[28]</sup>。

相关研究表明:长时间、低强度运动可以增强心血管功能,使血管弹性扩张系数增加,加速主动脉排空,起到了改善微循环的作用;可以有效地降低血小板粘聚性、血浆黏度和纤维蛋白原含量,从而达到与促进机体内环境的相对稳定,可以显著提高血液酸碱平衡能力,减轻与预防相关心血管疾病<sup>[29]</sup>。头低位强腹式呼吸训练将是一种可选的运动与健身方式之一,该训练可以减少心肌的氧耗,增加射血分数与射血距离,降低血压,提高动脉管壁弹性与动脉顺应性,增强心脏泵血收缩效率,改善与提高心功能。

### 3.3 研究局限

样本量较小、较集中,且均为某大学体育学院运动康复专业本科生;实验器材精度可能存在一定系统误差,人工测量可能存在一定随机误差。

### 3.4 展望

头低位强腹式呼吸训练是结合了头低位训练与强腹式呼吸训练为一体的较为新颖的训练方式,可用以探索对不同人群与不同指标的研究,并可为相关测试、实验与训练提供理论与实践依据<sup>[30]</sup>。

## 4 结论

8 周头低位强腹式呼吸训练对女大学生的心功

能提升效果非常明显,故头低位强腹式呼吸训练可以作为一种有效的锻炼方式来提高女大学生心脏功能。

### 参考文献:

- [1] 彭玉林,杨军,闫建华.国内外大学生生活方式与体质健康研究现状[J].中国学校卫生,2020,41(10):1583-1587.
- [2] OZKAN A, TURKMEN M, BOZKUS T, et al. Determination of the relationship between healthy lifestyle behaviors, physical fitness, and risk factors of coronary heart diseases in university students[J]. Education Sciences, 2018, 8(2): 51.
- [3] 乔艳艳.有氧健身操对女大学生心肺功能影响的实验研究[J].体育世界(学术版),2016(9):169-170+159.
- [4] 杨洁.有氧健身操运动干预对女大学生心肺耐力影响的研究[D].太原:山西师范大学,2017.
- [5] 鞠秋爽.艺术体操教学对女大学生心功能的影响[D].广州:广州大学,2011.
- [6] 杨慧君.基于心功能、血液、体成分指标预测大学生最大摄氧量的研究[D].北京:国家体育总局体育科学研究所,2020.
- [7] 熊莉,耿婷.篮球运动员选材心功能评价方法的研究[G]//中国体育科学学会.2015第十届全国体育科学大会论文摘要汇编(三).北京:中国体育科学学会,2015:261-263.
- [8] 刘喆.军训期间师范专业女大学生体成分和心功能的动态监测[D].沈阳:沈阳师范大学,2013.
- [9] 宋向阳.对不同运动技术水平男子武术套路运动员心功能的初步研究[G]//中国体育科学学会.第六届全国体育科学大会论文摘要汇编(二).北京:中国体育科学学会,2000:652-653.
- [10] 王正珍,王安利,王松涛,等.61~65岁女性8周健步走前后超声心动图变化的分析[J].北京体育大学学报,2005(9):1204-1206.
- [11] 王英凤.两种反复体位改变试验对人体心血管调节功能的影响[D].北京:北京体育大学,2018.
- [12] 李赢.不同平卧间隔的反复体位改变对人体心血管应答和脑血氧的影响[D].北京:北京体育大学,2016.
- [13] 丁佳.不同反复体位改变模式对人体心血管功能影响的比较研究[D].北京:北京体育大学,2012.
- [14] 孙明运,周多奇,章翔,等.头低位训练对人体机能影响研究进展[J].中国体育科技,2021,57(7):33-39.
- [15] 张秀阁,闫克乐.腹式呼吸和自生训练对心率及指温影响的初步探讨[J].中国临床心理学杂志,2001(2):115-116+112.
- [16] 张力军.腹式呼吸训练的研究与临床应用进展[J].北京生物医学工程,2003(1):63-66.
- [17] ANGARAN P, DORIAN P, HA A, et al. Association of left ventricular ejection fraction with mortality and hospitalizations[J]. Journal of the American Society of Echocardiography, 2020; 33(7): 802-811.
- [18] GREGORY W, JING L Y, CHRISTOPHER H, et al. Routinely reported ejection fraction and mortality in clinical practice: where does the nadir of risk lie? [J]. European Heart Journal, 2020, 41(12): 1249-1257.
- [19] PARK K H, PARK W H, HAN S J, et al. Clinical meaning of the ratio of brachial pre-ejection period to brachial ejection time in patients with left ventricular systolic dysfunction[J]. International Heart Journal, 2018, 59(3): 566-572.
- [20] QUIÑONES M A, GREENBERG B H, KOPELEN H A, et al. Echocardiographic predictors of clinical outcome in patients with left ventricular dysfunction enrolled in the SOLVD registry and trials: significance of left ventricular hypertrophy. Studies of Left Ventricular Dysfunction. [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2000, 35(5): 1237-1244.
- [21] AUNE D, SEN A, Ó'HARTAIGH B, et al. Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies[J]. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2017, 27(6): 504-517.
- [22] MICHAEL B, HELMUT S, KOON K T, et al. Achieved diastolic blood pressure and pulse pressure at target systolic blood pressure (120-140 mmHg) and cardiovascular outcomes in high-risk patients: results from ONTARGET and TRANSCEND trials. [J]. European Heart Journal, 2018, 39(33): 3105-3114.
- [23] KONTOS A, WILLOUGHBY S, HEUVEL C, et al. Ascending aortic blood flow velocity is increased in children with primary snoring/mild sleep-disordered breathing and associated with an increase in CD8 + T cells expressing TNF $\alpha$  and IFN $\gamma$ [J]. Heart and Vessels, 2018, 33(5): 537-548.
- [24] BELZ G. Elastic properties and Windkessel function of the human aorta [J]. Cardiovascular Drugs and Therapy, 1995, 9(1): 73-83.
- [25] 孙丽,张守林.心肌做功指数评价左心射血分数正常糖尿病患者的左心功能[J].中国基层医药,2013,20(22):3388-3390.