



优秀游泳运动员心脏形态及功能的超声心动图特征

陈剑,徐明,金坤

摘要:目的:探讨上海游泳队优秀游泳运动员心脏形态及功能特点。方法:运用超声心动图技术分析32名优秀游泳运动员(男12人,女20人)和40名普通人(男20人,女20人)的心脏形态结构与功能。结果:优秀游泳运动员的主动脉根部内径(AoD)、左房前后径(LAAPD)、左室舒张末期前后径(LVEDD)、左室收缩末期前后径(LVESD)、左室舒张末期室间隔厚度(IVSd)、左室舒张末期后壁厚度(LVPWd)、左室心肌重量(LVM)、左室心肌质量指数(LVMI)均大于普通人群($P<0.05$),差异有统计学意义,且左室舒张末容积(LVEDV)、左室收缩末容积(LVESV)均显著高于普通人群($P<0.05$),左室射血分数(LVEF)及左室缩短分数(LVFS)低于普通人群,男子组有显著差异($P<0.05$),而女子组无明显差异($P>0.05$)。男女运动员左室每搏输出量(LVSV)均显著高于普通人群($P<0.05$),而左室心输出量(LVCO)与普通人群无明显差异($P>0.05$)。结论:上海优秀游泳运动员心脏发生耐力力量型生理性重塑,心脏泵血功能显著增强,具有较强的心力储备,可作为优秀游泳运动员选拔的重要参考指标。

关键词:游泳运动员;运动员心脏;超声心动图

中图分类号:G808.18 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)02-0082-05
DOI:10.12064/ssr.20190212

Echocardiographic Characteristics of Heart Morphology and Function of Elite Swimmers

CHEN Jian, XU Min, JIN Kun

(Shanghai Sports Hospital, Shanghai 200237, China)

Abstract: Objective: To assess the cardiac structure and function of elite swimmers in Shanghai Swimming Team. Subjects and methods: Echocardiography was used to study the cardiac structure and function of 32 elite swimmers (12 males and 20 females) and 40 ordinary people (20 males and 20 females). Results: The AOD, LAAPD, LVEDD, LVESD, IVSD, LVPWD, LVM, LVMI of elite swimmers were all better than the general population ($P<0.05$), the difference being statistically significant. The LVEDV and LVESV were significantly higher than the general population ($P<0.05$), while the LVEF and LVFS were lower than the general population. Moreover, there was significant difference in the male group ($P<0.05$), but not in the female group ($P>0.05$). The LVSV of both male and female athletes was significantly higher than that of the general population ($P<0.05$), while the LVCO was not significantly different from that of the general population ($P>0.05$). Conclusion: The hearts of the elite swimmers in Shanghai were physiologically remodeled with endurance and strength. Their cardiac function was significantly enhanced with a strong heart rate reserve. These indexes can be used to draft elite swimmers.

Key Words: swimmer; athlete's heart; echocardiography

收稿日期:2018-08-15

基金项目:上海市科委基础研究重点项目(16JC1400500)。

第一作者简介:陈剑,男,主治医师。主要研究方向:运动医学。E-mail:cjian777@sina.cn。

作者单位:上海市体育医院,上海 200237。



“运动员心脏”这一概念自被提出以来就引起了广泛关注和研究,其特征为心脏体积增大、心室壁增厚、心室腔扩大、每搏输出量增加、静息心率减慢等。通常运动员心脏分为力量型和耐力型:力量型心脏呈向心性肥大,以心壁增厚为主;耐力型心脏呈离心性肥大,以心腔扩大为主^[1]。游泳运动是现代竞技体育基础大项之一,由于游泳运动水环境的特殊性,人在游泳时水的阻力远远大于空气阻力,在水中完成相同距离的运动比在空气中消耗更多的体力^[2],心脏作为人体血液运输的动力器官,向其他器官、组织提供充足的血流量,以供应氧和各种营养物质^[3],为人体超体力活动提供源源不断的能量,其结构与功能的变化对运动训练有着重要影响。超声心动图是目前临床上评价心脏结构及功能最常用的方法,本文应用超声心动图测量心脏结构大小及功能,设置正常人群作为对照组,分析与研究优秀游泳运动员心脏超声心动图的特征,为优秀游泳运动员选材提供医学数据参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

研究对象为上海市优秀游泳运动员,共32人,其中男运动员12人,女运动员20人,年龄为(17.41±2.75)岁,训练年限6~12年,运动项目为中长距离游泳,均为一级运动员及以上水平,其中健将级运动员达46.9%。对照组从在医院门诊健康就诊者中的普通人群选取,男、女各20人,年龄为(18.18±2.05)岁。所有研究对象身体健康,均无高血压、糖尿病及其他心脑血管疾病史,查体心脏无阳性体征。

1.2 研究方法

1.2.1 仪器与方法

采用ESAOTE MyLabSix+彩色超声诊断仪,探头频率1~4 MHz。测试前1 h避免剧烈运动,测试前安静休息5~10 min。测试时嘱受试者平静呼吸,取左侧卧位,探头置于左胸胸骨旁第3~4肋间进行测量,各值均连续测量3个心动周期,取平均值。测量标准严格按照复旦人类表型组研究院表型组学技术操作手册进行。

1.2.2 测试指标

心脏形态结构指标:主动脉根部内径(AoD)、左房前后径(LAAPD)、左室舒张末期前后径(LVEDD)、左室收缩末期前后径(LVESD)、左室舒张末期室间隔厚度(IVSd)、左室舒张末期后壁厚度

(LVPWd)、左室心肌重量(LVM)、左室心肌质量指数(LVMI)。

心脏左室功能指标:左室舒张末容积(LVEDV)、左室收缩末容积(LVESV)、左室射血分数(LVEF)、左室缩短分数(LVFS)、左室每搏输出量(LVSV)、左室心输出量(LVCO)。

1.2.3 统计学分析

采用SPSS22.0统计软件分析数据,测试所得计量资料均以平均数±标准差来表示,采用独立样本T检验,当方差不齐时,采用修正的T检验,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

优秀游泳运动员超声心动图显示其心脏结构指标特征如下: AoD、LAAPD、IVSd、LVPWd、LVEDD、LVESD、LVM、LVMI均大于普通人群,存在显著差异(P<0.05)。心脏左室收缩功能指标特征如下: LVEDV、LVESV均显著高于普通人群(P<0.05), LVEF及LVFS低于正常人群,男子组有显著差异(P<0.05),而女子组无明显差异(P>0.05)。男女运动员左室每搏输出量均显著高于普通人群(P<0.05),而左室心输出量与同龄普通人群无明显差异(P>0.05)。统计数据如表1、表2。

表1 优秀女子游泳运动员与普通人群(女)心脏结构与功能的比较($\bar{X}\pm SD$)

Table I Comparison of Cardiac Structure and Function between Elite Female Swimmers and the General Population (Female) ($\bar{X}\pm SD$)

指标	女子游泳运动员(N=20)	普通人群(女)(N=20)
心率 HR/b·min ⁻¹	56.75±10.01	74.00±2.71**
AoD/mm	26.46±1.67	22.80±1.79**
LAAPD/mm	31.06±2.49	26.25±3.16**
IVSd/mm	8.54±0.86	7.51±0.49**
LVPWd/mm	7.76±0.91	7.23±0.43*
LVEDD/mm	49.49±2.69	40.78±8.19**
LVESD/mm	31.51±2.45	26.60±2.54**
LVM/g	155.50±27.02	101.70±13.63**
LVMI/g·m ⁻²	94.10±17.82	67.40±9.40**
LVEDV/mL	115.91±14.55	81.67±12.85**
LVESV/mL	39.85±7.47	26.27±6.68**
LVEF/%	65.40±5.85	67.70±4.66
LVFS/%	36.25±4.52	37.55±3.65
LVSV/mL	76.06±12.81	55.22±8.25**
LVCO/L	4.34±1.10	4.09±0.58

注:*表示女子游泳运动员与对照组(女)之间差异P<0.05,**表示P<0.01。

表 2 优秀男子游泳运动员与普通人群(男)心脏结构与功能的比较($\bar{X}\pm SD$)Table II Comparison of Cardiac Structure and Function between Elite Male Swimmers and the General Population (Male) ($\bar{X}\pm SD$)

指标	男子游泳运动员(N=12)	普通人群(男)(N=20)
心率 HR/b·min ⁻¹	56.75±8.625	72.25±2.83**
AoD/mm	30.34±2.33	25.45±2.63**
LAAPD/mm	34.47±1.99	28.85±3.29**
IVSd/mm	9.23±0.99	8.1±0.94**
LVPWd/mm	8.46±1.01	7.66±0.59*
LVEDD/mm	54.39±4.32	45.99±3.69**
LVESD/mm	36.35±3.83	28.27±3.53**
LVM/g	209.08±35.18	130.15±22.82**
LVMl/g·m ²	105.75±17.94	74.95±12.37**
LVEDV/mL	144.85±26.91	98.18±18.03**
LVESV/mL	56.10±15.73	31.00±10.09**
LVEF/%	61.42±7.14	68.95±5.22**
LVFS/%	33.33±4.99	38.65±3.96**
LVSV/mL	88.74±19.54	67.21±10.96**
LVCO/L	4.95±1.01	4.86±0.83

注:*表示男子游泳运动员与对照组(男)之间差异 P<0.05,**表示 P<0.01。

健将级运动员心脏结构大小与一级运动员比较无显著性差异(P>0.05),其左心功能指标:LVSV、LVCO、LVEF、LVFS 优于一级运动员,除 LVSV 外,其主要功能指标差异均具有统计学意义。统计数据见表 3。表 3 健将级运动员与一级运动员左心功能的比较($\bar{X}\pm SD$)

Table III Comparison of Left Ventricular Function between Elite Athletes and Master Of Sports ($\bar{X}\pm SD$)

指标	健将级运动员(N=15)	一级运动员(N=17)
心率 HR/b·min ⁻¹	58.60±9.38	55.12±9.34
AoD/mm	27.89±2.69	27.93±2.79
LAAPD/mm	32.05±2.96	32.58±2.79
IVSd/mm	8.73±0.94	8.97±1.00
LVPWd/mm	7.66±1.00	8.18±1.13
LVEDD/mm	51.55±3.41	51.14±4.73
LVESD/mm	32.31±2.64	34.23±4.51
LVM/g	172.33±40.70	178.47±39.95
LVMl/g·m ²	94.40±20.31	102.06±16.48
LVEDV/mL	127.59±20.32	126.04±27.91
LVESV/mL	41.93±8.01	49.49±16.60
LVEF/%	67.07±4.69	61.12±6.80*
LVFS/%	37.53±3.78	33.06±4.79*
LVSV/mL	85.65±15.87	76.56±16.47
LVCO/L	5.01±1.08	4.18±0.97*

注:*表示健将级运动员与一级运动员之间差异 P<0.05。

3 分析与讨论

1899 年瑞典学者 Henschen 通过叩诊法确定滑雪运动员心脏大小的方法首次提出“运动员心脏”这一概念,并提出“最大的心脏将在竞赛中取胜”的著名理论,并将这种运动员特有的大心脏称为“运动员心脏(Athlete's Heart)”,表现为心肌发达、心肌收缩力强、心力储备高等特点,自此开启了探索和研究运动员心脏的序幕^[4]。随着超声心动图技术的出现和不断发展,越来越多地应用于运动员心脏的检查,得益于超声技术的无创性和可重复性,可以更方便、准确地观察运动员心脏,提高对运动员心脏结构功能特征的了解和认识。

Morgannroth 等学者认为游泳运动员的心脏变化以心腔扩大的离心性肥厚为主,但也有研究发现游泳等耐力性运动项目的运动员左室室间隔厚度、左室后壁厚度较普通人群明显增厚^[5],具有向心性肥厚的特征^[6]。近年来的超声心动图研究发现耐力训练的运动员并非单纯以扩张性改变为主,而力量训练的运动员也并非一定出现向心性肥厚。竞技游泳运动是以竞速为主的运动项目,主要分为短距离游泳和中长距离游泳。速度、耐力是影响竞技成绩的直接因素,而力量是提高游泳水平的关键^[7],两者相辅相成,缺一不可。力量与耐力都是游泳运动日常训练的重点内容,多年的超常力量和耐力训练造成渐进适应性改变。而游泳运动员心脏的结构大小、形态功能也随着运动训练强度的变化发生适应性改变,这种改变与运动类型及训练持续时间有着密切关系。

3.1 游泳运动员心脏形态结构的特点

通过对上海游泳队优秀运动员超声心动图测试结果发现,普通人群心脏 AoD、LAAPD、IVSd、LVPWd、LVEDD、LVESD、LVM、LVMl 测值均在正常参考范围内,且指标波动不大,而优秀游泳运动员各项测值均较高,属于正常高限或更甚。LVSV、LVCO、LVEF 及 LVFS 是重点观察与对比指标。游泳运动需要左心室强大的做功和储备功能,由此可见优秀游泳运动员心脏结构大小与普通人心脏相比均有不同程度的增大,心腔扩大,心室壁增厚,心肌重量增加,左室改变更趋显著。

中长距离游泳属于耐力型为主的运动项目,既需要耐力来完成规定的距离,也需要足够力量克服水的阻力,因此运动员的心脏在运动训练中逐渐发生了生理性的适应性改变,其兼具耐力型心脏和力量型心脏的特点,即游泳运动员心脏在扩张性改变的基础上也有一定程度的向心性增厚,这种变化随



时间和强度的增加而愈加显著。本研究中 15 名训练年限较长的健将级运动员的心脏变化表现尤为突出, LVEF 为 $(67.07 \pm 4.69)\%$, LVFS 为 $(37.53 \pm 3.78)\%$, LVCO 为 $(5.01 \pm 1.08)L$, 远大于同龄同性别的正常人群平均数值。而速度型运动项目除了要求运动员有较强的心血管系统外, 更强调具有较强的抗缺氧能力, 机体无氧代谢水平高以及运动员神经过程灵活性较高, 神经冲动传导速度快、强度大等。

3.2 游泳运动员心脏贮备功能的特点

在静息状态下, 普通人群组心率均在 74 次左右, 而优秀游泳运动员心率普遍较低, 多低于正常下限 60 次, 文献资料报道我国优秀男性和女性运动员的平均静息心率分别为 58.95 次/分和 59.02 次/分, 最低心率均为 37 次/分, 窦性心动过缓发生率为 55.3%, 心动过缓和每搏心输出量大是心脏效能节省化的表现。另一方面, 运动员心脏的 LVEDV、LVESV 因与其 LVEDD、LVESD 密切相关, 其测值也较普通人群显著增大; 左室 EF、FS 均在正常范围内, 且运动员心脏测值略低于正常人群; 运动员心脏的 LVSV 明显高于普通同龄人, 而 LVCO 与普通人群无明显差异。这是由于运动员心率低, 心肌耗氧量低, 高效的做功效率足以维持与正常人相当的心输出量。如此优秀的“运动员心脏”作为运动员特有的高功能、高储备、大心脏, 在竞技体育中起到非常重要的作用, 尤其是心力贮备功能在游泳运动员身上格外地体现出来, 特别会在大负荷训练状态和竞技体育比赛动员下超常地发挥出来。

3.3 游泳运动员性别及运动等级的特点

研究发现不同性别的运动员其心脏结构与功能存在着显著差别, 除心率外, 各项指标都显示男性运动员明显高于女性运动员, 优秀运动员明显高于一般运动等级运动员。男性运动员较女性运动员更显身材高大、身体充实、肌肉含量高、身体素质好、训练强度大, 因此男性运动员心脏形态学改变更为显著。另外, 有学者认为女性运动员由于雌激素对心脏增大的防止作用以及雌激素对睾酮的拮抗作用, 会导致女子运动员心脏增大百分比明显地低于同项目男子运动员^[8]。

研究也发现优秀游泳运动员在进行递增负荷的运动时, 其 LVSV、LVCO、LVEF 及 LVFS 随运动等级的提升而增大, 且随着运动强度的增加而不断增加, 在健将级运动员中表现的尤为明显。竞技游泳是以竞速为主的运动项目, 需要充分利用人体机能能

力发挥运动能力, 这样才能在游泳比赛中取得优异的成绩。心脏作为人体机能动力的来源, 其功能的差异决定着竞技水平的高低, 越优秀的运动员, 其心脏形态结构和功能的改变越显著, 越能适应和满足比赛时机体对能量的需求, 以保障高效完成游泳比赛。

以往文献报道高强度的体育训练可引起心脏结构、功能的改变, 为适应运动负荷的增加, 心脏发生适应性重塑^[9]。我们发现优秀游泳运动员心脏经过长期、规律的专业训练, 心脏发生生理性重塑, 心脏形态增大, 心室壁增厚, 心脏做功效率提高, 心力贮备增强, 心室顺应性好。而优秀游泳运动员在静息状态下, 其心率明显低于普通人, 而每搏输出量、左室舒张末容积及左室收缩末容积均明显大于普通人, 而心输出量则没有表现出明显的差异。随着运动时间和强度的增加和累积, 会引起心腔扩大、室壁增厚及心肌细胞总量增加, 从而使每搏输出量及心肌收缩力量得以提高。本研究中优秀游泳运动员经过多年专业而系统的训练, 心脏结构与功能发生了生理性的适应性改变, 结构大小与普通人群相比已有明显差异, 虽然在静息状态下, 左心功能与普通人群相比差异不大, 而运动员较高的每搏输出量能够在耗能较低的安静状态下维持与普通人群相近的心输出量, 更突显了优秀运动员心脏具备了较强的心力贮备^[10]。

4 小结

研究结果显示, 优秀游泳运动员超声心动图特征为运动员心脏结构大小较普通人群显著增大, 心腔扩大, 心室壁增厚, 心肌质量增加; 静息状态下优秀游泳运动员心脏较正常人群相比, 心脏左室每搏输出量显著增加, 而心输出量无明显差异。由于运动员心率显著低于普通人群, 心脏做功效率较高, 其具备了较强的心力贮备, 有能力满足高强度运动训练及比赛需要, 且男子运动员优于女子运动员, 健将级运动员较一级运动员相比更显著。

超声心动图作为一种无创、经济、可重复性强的检查方法, 可对运动员心脏的形态、结构、功能的变化进行定期动态观察, 为优秀游泳运动员选材育才提供重要参考。

参考文献:

- [1] 胡小琴, 马云. 优秀耐力、力量项目运动员心脏形态功能特点[J]. 中国运动医学杂志, 2008, 27(6): 732-734.
- [2] 李琴, 徐凯. 江苏省游泳队部分运动员心脏形态和心



- 肺功能的研究[J].南京体育学院学报(自然科学版), 2013,12(1):67-71.
- [3] 马继政,孙飘,薛莲.超声心动图评价运动员心脏的研究进展[J].南京体育学院学报(自然科学版),2003,2(3):76-80.
- [4] 浦钧宗.运动员心脏的研究进展[J].中国运动医学杂志,1993,12(2):89.
- [5] 魏红,史红霞.山东省游泳、铁人三项运动员超声心动图检查的研究[J].山东体育科技, 2015, 37(1):74-78.
- [6] 马云.超声心动图在运动医学中的应用[J].中国运动医学杂志,2001,20(2):190-193.
- [7] 隋文杰,邱华丽,王学峰.对游泳专项运动特征的研究[J].湖北体育科技,2010,29(4):444-446.
- [8] 杜亚雯,刘兆林.优秀女子举重运动员心脏超声心动图评价[J].湖北体育科技,2006,25(3):277-278.
- [9] 刘欣,刘路,吴向军,等.超声心动图在运动员心脏研究中的应用[J].体育科研,2009,30(6):67-69.
- [10] 沈勋章.青少年选材十大敏感窗口期研究[M].上海:上海中医药大学出版社,2017:436-437.

(责任编辑:刘畅)

(上接第 71 页)

- [2] 曾凡辉.运动员选材[M].北京:人民体育出版社,1992.
- [3] 国家体育总局干部培训中心.最新体育人才选拔培养与国外体育人才培养模式借鉴[M].北京:人民体育出版社,2011.
- [4] 沈勋章.奥运项目教学训练大纲青少年选材育才研究[M].上海:上海浦江教育出版社,2015.
- [5] 张本筱.浙江省优秀游泳运动员身体形态、体能专项化特征研究[D].浙江师范大学,2013.
- [6] Geladas N. D., Nassis G. P., Pavlicevic S. Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers[J]. International Journal of Sports Medicine, 2005, 26(2): 139-144.
- [7] 周大伟.山东省东营市少年儿童游泳运动队员身体形态与运动成绩的关联性研究[D].沈阳师范大学,2013.
- [8] 张明飞,程燕,章一华.我国优秀游泳运动员身体形态和水感指标研究与分析[J].中国体育科技,2006(5):85-88+100.
- [9] 杨若愚,沈勋章.上海地区 11~17 岁不同主项游泳运动员身体形态和身体素质特征比较研究[J].中国体育教练员,2013,21(4):56-58.
- [10] 廖桃玲.我国优秀游泳运动员身体形态的专项化特征研究[D].华中师范大学,2009.
- [11] 沈勋章.青少年选材十大敏感窗口期研究[M].上海:上海浦江教育出版社,2017.
- [12] 张绍岩.中国人手腕部骨龄标准——中华 05 及其应用[M].北京:科学出版社,2015.
- [13] 孙兵,徐红旗.我国优秀游泳运动员身体形态简易评价模型的建立[J].天津体育学院学报,2008(5):433-436.
- [14] 王慧君,吴小彬,徐红旗.不同年代我国优秀男子自由泳运动员身体形态特征的比较研究[J].北京服装学院学报(自然科学版),2012,32(1):14-19.
- [15] 王新峰.游泳运动中的阻力研究及推进力的最优化分析[D].清华大学,2004.
- [16] 明罡,红军.运用流体力学原理提高自由泳手臂划水中后期的推水效率探讨[J].游泳,2004(5):22-25.
- [17] 弗拉基米尔 M. 扎齐奥斯基.运动生物力学—运动成绩的提高与运动损伤的预防[M].北京:人民体育出版社,2004:190-235.
- [18] 徐红旗.我国优秀游泳运动员身体形态简易评价模型的建立[D].北京体育大学,2007.

(责任编辑:刘畅)