



# 游泳运动员手、足面积表型与运动等级的相关性研究

景晨

**摘要:**探讨手足相关派生指数与运动等级的相关度,为游泳运动员选材形态指标的精选提供理论依据。**方法:**对334名上海区级游泳学校、上海高校、上海市队、浙江省队游泳运动员手足表型进行测量统计并计算相应派生指数,对不同等级运动员手足面积表型与运动等级进行相关性分析。**结果:**男子游泳运动员手足面积表型与运动等级均无直线相关关系(相关系数小于0.3),女子足部派生指标与运动等级亦均无直线相关关系,仅手部面积I表型与运动等级存在极显著性低度直线相关( $P<0.01$ )。**结论:**手部面积I表型可入选女子游泳运动员二类选材指标。女子游泳运动员足面积表型和男子游泳运动员手足面积表型均不具备选材评价指标依据。

**关键词:**游泳;手长;手宽;足长;足宽;运动等级

中图分类号:G808.18 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)02-0068-04  
DOI:10.12064/ssr.20190209

## A Study on Correlation between Athletic Level and Phenotypes of Hand and Foot Area of Swimming Athletes

JING Chen

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** The study aims to provide a theoretical basis for the identification of anthropometric factors in swimming athletes by exploring the correlation between athletic level and derivative index of hand and foot. **Methods:** Measure hand and foot phenotypes of 334 swimming athletes, calculate the corresponding derivative index, and then analyze the correlation between athletic level and phenotypes of hand and foot area of athletes at different athletic levels. These swimmers come from swimming schools of different districts and universities in Shanghai, and the swimming team of Hangzhou Province and Shanghai. **Results:** There was no linear correlation between athletic level and the phenotype of hand and foot area for male swimmers (the correlation coefficient was less than 0.3), neither was phenotype of foot area for female swimmers. But the females' phenotype of hand area I and athletic level do exist the extremely significant low linear correlation ( $P<0.01$ ). **Conclusion:** The phenotype of hand area I can be used as the second category of index to select female swimmers. The phenotypes of foot area for female swimmers and hand and foot area for male swimmers do not yet have the basis for talent identification index.

**Key Words:** swimming; hand length; hand width; foot length; foot width; athletic level

自第一届奥运会起,游泳就被列入奥林匹克运动会正式项目,是奥运会中第二大项目,50 m至1 500 m游泳是国际游泳联合会所界定的室内游泳池游泳项目。游泳与走和跑有明显不同,游泳需同时用臂或腿或臂腿结合进行水平运动,即在流体介质中利用其密度和黏度克服反向阻力形成“移动支撑”。运动员需克

服水面阻力依靠手、前臂划水和腿部打水或蹬水获得推进力,其中手臂在水中的“流体反作用力”是产生推进力的主要来源<sup>[1]</sup>。优秀游泳运动员的身体形态与其高水平的运动表现相适应,其所具备的理想特征为:身材高、手臂长、手脚宽大、肩宽髋窄,躯干形态呈倒三角形。近年来,优秀游泳运动员成材率不断验证了

收稿日期:2018-08-13

基金项目:上海市科委基础研究重点项目(16JC1400500)。

作者简介:景晨,女,研究实习生。主要研究方向:运动员选材与育才。E-mail:jane\_201005@163.com。

作者单位:上海体育科学研究所,上海 200030。



身高、指距、体型指数等指标的重要性,然而手足面积等作为二级指标,其重要性被不断质疑。

“手脚宽大”是指手掌和脚掌长而宽大,一般用手长、手宽和足长、足宽及其派生指标手面积、足面积表示。随着体育科研人员对选材和项目的认识不断提高,游泳运动员手足面积是否作为选材指标之一仍未有定论。1992年,曾凡辉等将手面积指数列入的形态类中进行非权重讨论<sup>[2]</sup>;2011年,国家体育总局干部培训中心编写的三线运动员选材表中未出现手足指标<sup>[3]</sup>;2015年,沈勋章等将手面积 I 列为二类基础指标,对足面积指数进行评分不评价且评分不列入总分<sup>[4]</sup>。国内外不同学者研究发现,游泳运动员手足指标与运动成绩呈不同程度相关,并论证了手、足宽且长增大划水和蹬水或打水时阻力面,有利于增大推进力进而提高游进速度<sup>[5,6]</sup>。周大伟运用灰色关联分析法进一步确认手足面积与运动成绩的关系<sup>[7]</sup>,而张明飞等则发现我国优秀游泳运动员运动成绩与手足面积呈弱负相关<sup>[8]</sup>。

不同学者对手足面积与运动成绩的相关性仍存在分歧,有必要系统地开展手足面积表型与运动等级相关性研究。通过对不同等级游泳运动员手足长度、宽度及衍生指标进行测试,寻求其与运动等级的相关性,为进一步明确选材形态指标中手、足面积表型的重要性提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究对象

受试者为来自上海区级游泳学校、上海市高校、上海市和浙江省专业队的现役运动员 334 人,男子 158 人,平均年龄(18.6±2.7)岁、女子 176 人,平均年龄(16.1±3.3)岁,运动等级频数分布见表 1。实验前向受试者详细介绍整个测验过程,并由本人或监护人签订知情同意书。本实验样本包含了约 95% 的上海市和浙江省国际健将和健将级运动员,一级、二级和无等级非健将级运动员为随机抽取。

表 1 受试者运动等级分布情况(人)

Table I Distribution of Subject's Athletic Level (Person)

运动等级	国际健将	健将	一级	二级	无级	总数
男	10	45	65	37	1	158
女	7	43	66	47	13	176
总计	17	88	131	84	14	334

不同专项和距离的游泳运动员手足面积无显著性差异,因此分组是忽略专项和距离,仅按照运动等级分组<sup>[1,9,10]</sup>。根据儿童青少年身体形态发育的向心

律,身体发育顺序是自下而上、自肢体远端向中心躯干的规律性变化,最早开始突增且最早停止生长,手的骨骺愈合也由远及近<sup>[11]</sup>。中国儿童掌指骨长度变化规律显示中国男儿童掌指骨长度的生长与骨发育成熟和性成熟的规律一致,本研究以骨发育成熟的骨龄年龄为游泳运动员的最小年龄<sup>[12]</sup>。

### 1.2 测试方法

测量工具为 CHN 智能二代马丁测量仪,操作人员为经过专业培训的选材测试队伍。从全部运动员中随机抽取两男两女进行复测,保证测试结果的可靠性。手长、手宽、足长、足宽测试结果以厘米(cm)为单位,保留一位小数,测试误差不得超过 0.2 cm。手面积、足面积计算结果以平方厘米(cm<sup>2</sup>)为单位,保留两位小数。具体指标的测试和计算方法如下。

手长:桡、尺骨远端腕横纹中点至中指指尖点(不含指甲)的直线距离。

手宽 I:桡侧掌骨点和尺侧掌骨点之间的直线距离。

足长:足后跟点至最长的足趾尖点之间的距离。

足宽:脚掌最宽处的直线距离。

手面积 I 表型(指数)=手长×手宽 I。

足面积表型(指数)=足长×足宽。

运动等级:用运动技术等级表示,包括国际健将、健将、一级、二级、无级。每位受试者运动技术等级均可在国家体育总局运动员技术等级综合查询系统中查到。

### 1.3 统计方法

采用 Microsoft Office Excel 2007 对原始数据归纳整理,然后使用 SPSS17.0 Spearman 检验不同运动技术等级的游泳运动员手足各指标的相关性,使用 One-Way ANOVA 检验数据齐性、不同性别健将及国际健将运动员手足表型指标是否有显著性差异,数据以平均值±标准差形式表示。

## 2 结果

### 2.1 不同运动等级游泳运动员的手足面积表型

不同运动员技术等级游泳运动员的手足部面积表型如图 1、2、3 所示,参考《奥运项目教学训练大纲青少年选材育才研究》制定的标准,本研究女子国际健将手面积达优秀,二级到健将达良好<sup>[4]</sup>。参考孙兵等根据 2006 年中国国家游泳队集训运动员制定的形态模型,本研究男、女游泳运动员手面积表型均达 3 分标准(最高为 5 分),即国家队中等水平运动员标

准<sup>[13]</sup>。与我国国家队男子 1 500 m 自由泳运动员相比,本实验国际健将和健将级运动员手面积表型明显高于国家队水平(170.81±10.30)、(164.53±12.31),国家队队员足面积表型与本实验对象基本相同(254.55±20.44)、(252.64±18.89)。然而国家队中短距离自由泳项目男子足面积表型高于本实验国际健将和健将(170.81±10.30)、(173.26±15.26)。本实验不同等级运动员足长与国家队自由泳运动员足长<sup>[14]</sup>基本一致(26.6±0.9)、(26.9±2.2)。总体来说,本研究的采样人群具有一定代表性。

## 2.2 不同等级游泳运动员的手足面积表型的变化趋势

从图 1、2、3 可以明显看出,随运动等级提高,男、女游泳运动员手长、手宽、手面积 I、足长、足宽、足面积总体呈增大趋势,其中男子手宽、女子手长、手宽、手面积 I 表现为缓慢增大。男子二级到一级、一级到健将、健将到国际健将的手长、手面积 I 和足长表现为陡增、缓慢升高和降低趋势。在国际健将以下,男子足面积表型随运动等级增加而递增,即健将及以上不再变化。相反,女子足宽在健将以下等级呈缓慢增加趋势,健将至国际健将陡增。女子二级到一级、一级到健将、健将到国际健将的足长和足面积表型的变化均表现为陡增、基本不变和陡增的变化趋势。

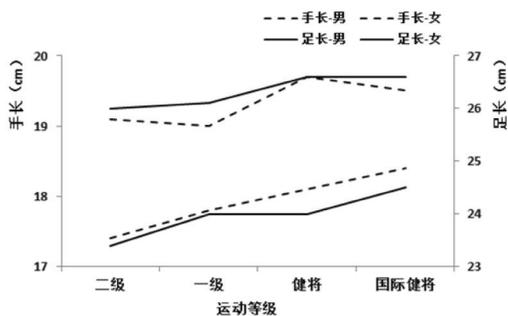


图 1 不同等级游泳运动员手长的长度指标变化趋势  
Figure 1 Trends of Changes in Hand Length and Foot Length of Swimmers from Different Athletic Levels

表 2 游泳运动员的手足面积表型与运动等级的相关系数表

Table II Correlation Coefficient between Swimmer's Hand and Foot Area Phenotype and Different Athletic Levels

性别	手长/cm	手宽/cm	手面积 I/cm <sup>2</sup>	足长/cm	足宽/cm	足面积/cm <sup>2</sup>
男(N=158)	0.297**	0.189*	0.280**	0.198*	0.077	0.129
女(N=167)	0.410**	0.418**	0.463**	0.234**	0.177*	0.219**

注: \* 表示游泳运动员的手足面积表型与运动等级相关具有显著意义,  $P < 0.05$ ; \*\* 表示游泳运动员的手足面积表型与运动等级相关具有非常显著意义,  $P < 0.01$ 。

由表 3 可知,女健将和国际健将运动员足宽和足面积有显著性差异,手面积表型在不同

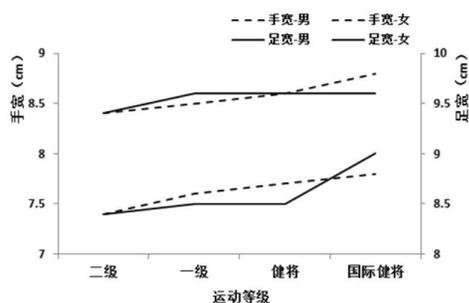


图 2 不同等级游泳运动员手宽的宽度指标变化趋势  
Figure 2 Trends of Changes in Hand Width and Foot Width of Swimmers from Different Athletic Levels

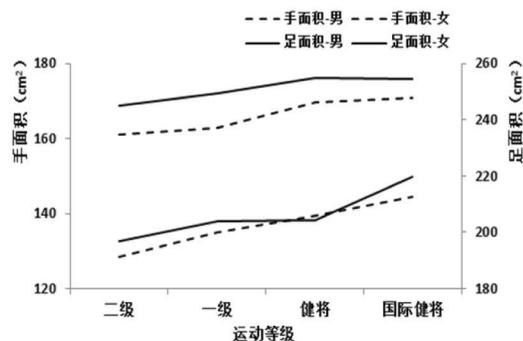


图 3 不同等级游泳运动员手足面积指标变化趋势  
Figure 3 Trends of Changes in Hand and Foot Area of Swimmers from Different Athletic Levels

## 2.3 游泳运动员的手足面积表型和运动等级的关系

根据相关系数的定义可知,当相关系数(Correlation Coefficient, CC)小于 0.3 时,表示因变量与自变量之间无直线相关;当 CC 在 [0.3, 0.5) 区间内时,两者呈低度直线相关;当 CC 在 [0.5, 0.8) 区间内时,两者呈中度直线相关;当 CC 大于 0.8 时,二者呈高度直线相关。由表 2 可知,男子游泳运动员手足指标与运动等级均无直线相关关系,相关系数最高为手长,最低为足宽。女子足部指标与运动等级亦均无直线相关关系,仅手部指标与运动等级存在低度直线相关,且该相关具有极显著性。其中相关系数最高为手面积 I,最低为足宽。

性别的健将及以上等级游泳运动员间无显著性差异。



表3 不同性别游泳运动员健将和国际健将的手足面积表型差异性(P值)

Table III Differences in Hand and Foot Area Phenotypes between National and International Master Swim of Different Genders (P)

性别	手长/cm	手宽/cm	手面积 I /cm <sup>2</sup>	足长/cm	足宽/cm	足面积/cm <sup>2</sup>
男	0.464	0.273	0.795	0.983	1.000	0.977
女	0.361	0.218	0.202	0.204	0.011*	0.020*

注: \*表示女运动员健将和国际健将的手足面积表型与男运动员健将和国际健将差异具有统计学意义,  $P < 0.05$ 。

### 3 讨论

根据专家意见,将一级及以下等级运动员归类为非健将运动员,而将健将和国际健将运动员归类为健将级运动员。结果显示,男子游泳运动员手足面积表型随运动等级提高而增加,在健将及以上等级间无差异;女子游泳运动员手足面积表型在一级和健将间无差异,在健将到国际健将有明显增加。

该研究结果与以往研究结果几乎完全不一致。有研究表明,不同小项男子游泳运动员手长、足长和足宽与运动等级呈高度相关(相关系数大于0.8)<sup>[5]</sup>。查阅其研究对象,发现在男子蝶泳、蛙泳和自由泳项目中,国际健将人数为0,健将各1人,该样本量分布容易引起假阳性结果。另有学者表示,手足面积表型与运动等级呈弱负相关,其研究对象为1996—2004年中国一线游泳运动员,受试者所在年代跨越时间达8年。随着科技进步和训练方式改善,游泳运动成绩在8年间发生很大变化,因此不同年代运动员混合研究容易产生假性的弱负相关性。本文与Geladas的100 m自由泳运动成绩与女子手长相关性基本一致,与男子手足长呈中度相关不一致。有文献指出,当手长相同手掌小而手指长时,在抱水和划水过程中手指肌肉震颤会减少身体总动能降低流速<sup>[5]</sup>。也有研究显示1990年后,国家队的指距指数为中等且有相对缩小趋势,提示手指长和手长的比例关系需要进一步被考虑<sup>[8]</sup>。因此该研究进一步提示,手长并不是影响男子高水平运动员运动等级的关键因素。根据流体力学原理可知,人体在水中游进速度的快慢取决于手臂对水产生作用力大小,与手掌面积的大小、手臂手掌划水频率、手掌划水距离、手掌的几何形状和划水角度的变化密切相关<sup>[6]</sup>。当人体游速较小时,摩擦阻力是阻力的主要来源。当游进速度较大时,人的背部和身后产生了漩涡和伴流,二者引起压力差即压差阻力是游泳时主要阻力<sup>[7]</sup>。有学者研究发现,2000年后的运动员,小腿加足高占下肢比例有明显增加,这与自由泳打腿时,在腿部总质量不变的前提下,大腿变短小腿增长有利于增大打水冲量有关。也有研究表明,2000年后男子蛙泳运动员大腿部有增

粗现象,这可能与蛙泳游进过程中要求大腿部肌肉群用力的结果相关<sup>[18]</sup>。综上所述,男子游泳运动员运动等级与手面积表型提高有利于增大大手划水推进力及大腿增粗变短小腿增长有利于增大打水冲量相关,上述现象是造成男子游泳运动员手足面积及派生指标与运动等级无相关性的原因。

女子游泳运动员足长与运动等级呈弱相关性以往研究结果不一致。有学者以我国著名蛙泳运动员罗雪娟为例,在2004年4名国家队女子蛙泳运动员中其手足面积最小,说明运动员的技术、体能和心理素质等才是影响高水平运动员最终发挥的决定因素<sup>[8]</sup>。明昱等也认为,在手、足面积大小和划水频率方面,高水平运动员的个体差异不大,而运动成绩主要取决于划水距离和手掌的几何形状及划水角度等<sup>[6]</sup>。近年来我国优秀女子游泳运动员的主要变化集中在躯干的形态和皮褶厚度,该流线型更加符合在水中的运动模式,有效地减少了形态阻力。五种泳姿均与手臂划水方式有密切关系,当女运动员下肢力量不足时,依靠手部指标的优势,从一定程度上增大肢体的控水面积,增强推进力提高游速。由此可见,女游泳运动员的手面积表型可能比男运动员存在更大的选材权重,需要在初选择优时给予关注。

### 4 结论

4.1 手面积 I 表型可入选女子游泳运动员二类选材指标,女子游泳运动员足面积表型和男子游泳员手足面积表型均不具备选材评价指标依据。

4.2 虽然手足面积不是影响运动成绩的决定因素,但是达到高水平所必要的表型条件之一。

4.3 手足面积表型作为游泳运动员身体形态学一项重要指标,表型组学将进一步开展跨尺度关联性研究。

### 参考文献:

- [1] 赵鲁南.竞速运动制胜因素及训练特征的集成与分群研究[D].苏州大学,2014.

(下转第86页)



- 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)