



# 青少年游泳运动员生长发育不同阶段血清睾酮水平分析

杨若愚

**摘要:**目的:通过测试上海市处于不同生长发育阶段青少年游泳运动员的血清睾酮水平,比较各发育阶段血清睾酮水平的差异,探讨基层教练员利用青少年生长发育的不同阶段来预测睾酮水平的可行性。方法:对420名青少年游泳运动员进行左手正位X线片的拍摄和血清睾酮的检测,按骨龄片中种籽骨形态的差异进行不同发育阶段的分组,从各组中随机抽取30人作为研究对象,男、女运动员分别进行组间血清睾酮水平的比较。结果:不同发育阶段男、女青少年游泳运动员的血清睾酮水平均存在显著性差异( $P<0.01$ );男运动员发育后阶段血清睾酮值是发育中和发育前的186%和1187%,女运动员发育后阶段血清睾酮值是发育中和发育前的155%和329%;男运动员的睾酮水平与肌肉含量存在显著性正相关( $r=0.875, P<0.01$ ),与体脂百分比存在显著性负相关( $r=-0.312, P<0.01$ );女运动员的睾酮水平与肌肉含量、体脂百分比均存在显著性正相关( $r=0.774$ 和 $0.463, P<0.01$ )。结论:男、女青少年游泳运动员整个生长发育阶段血清睾酮水平都处于显著增加的趋势,且每个生长发育阶段,血清睾酮水平都具有明显的阶段特征;男、女运动员的血清睾酮水平对身体成分会产生影响,且存在性别特征。

**关键词:** 睾酮;青少年;生长发育;游泳

中图分类号:G808.18 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)02-0077-05  
DOI:10.12064/ssr.20190211

## Analysis of Serum Testosterone Concentration of Adolescent Swimmers at Different Stages of Growth and Development

YANG RuoYu

(College of Rehabilitation Sciences, Shanghai University of Medicine & Health Sciences, Shanghai 201318, China)

**Abstract:** Objective: The study is to test the serum testosterone level of young swimmers at different pubertal stages in Shanghai, and to compare the difference of serum testosterone concentration at every stage, and to investigate the feasibility of using different adolescent pubertal stages to predict serum testosterone concentration. Methods: The left hands were X-rayed and the serum testosterone concentrations were tested among 420 young swimmers. The swimmers were divided into groups according to different seed bone morphology in bone age film, and then 30 athletes were selected randomly from each group as the subjects. Serum testosterone levels were compared among final groups of male and female athletes respectively. Results: There were significant differences in serum testosterone concentration at different pubertal stages between male and female athletes ( $P<0.01$ ). The serum testosterone level of male athletes at the post-development stage was 186% and 1187% of those during and before development respectively, and 155% and 329% for females. The testosterone level of male athletes was positively correlated with muscle mass ( $r=0.875, P<0.01$ ), negatively correlated with body fat percentage ( $r=-0.312, P<0.01$ ), but both positively correlated for female athletes ( $r=0.774$  and  $0.463, P<0.01$ ). Conclusion: The serum testosterone concentration of male and female swimmers in the whole pubertal stage has a significant increasing trend, and the serum testosterone has obvious change at each stage of growth and development. Serum testosterone level has an impact on the body composition for both male and female athletes, and has gender differences as well.

**Key Words:** testosterone; adolescent; growth and development; swimming

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:杨若愚,男,讲师。主要研究方向:运动员科学选材。E-mail: ryyang999@hotmail.com。

作者单位:上海健康医学院 康复学院,上海 201318。



## 0 前言

睾酮是含有 19 个碳原子的类固醇激素,男性由睾丸间质细胞分泌,女性由肾上腺的内分泌腺体和卵巢的卵泡细胞分泌。睾酮的主要作用是促进性器官发育,调节性腺机能,促进骨骼和肌纤维的生长,加强磷酸肌酸的合成,刺激促红细胞生成素分泌<sup>[1]</sup>。对于青少年运动员来说,睾酮能影响生长发育进程,显著增加肌肉蛋白的合成,促进肌肉力量和爆发力素质的提高<sup>[2,3]</sup>。血清睾酮作为血液生理表型中最重要的表型指标之一,了解和掌握其基础值对于教练员来说具有非常重要的意义和价值<sup>[4-7]</sup>。那么基层教练员可否利用青少年运动员的血清睾酮水平预测运动员肌肉力量和爆发力素质,来合理安排训练计划、方案,促进运动员运动水平和能力的提高?血清睾酮检测的方法较为复杂,费用也比较昂贵,很难在青少年业余训练中应用。有研究显示青少年基础血清睾酮水平与生长发育阶段及骨龄存在较高的相关性<sup>[8]</sup>,那么可否利用青少年运动员的生长发育阶段,来预测血清睾酮水平,从而预测肌肉力量和运动能力?本研究以上海市青少年游泳运动员为研究对象,来探讨不同生长发育阶段青少年运动员的血清睾酮水平及其与肌肉力量相关指标的关系。

## 1 研究对象与研究方法

### 1.1 研究对象

上海市青少年游泳运动员 420 人,年龄为 8.5~18.3 岁,训练年限均在 3 年以上;其中男运动员 214 人,女运动员 206 人。所有运动员均来自上海市黄浦区、徐汇区、长宁区、普陀区和浦东新区的青少年业余体育学校。

### 1.2 道德伦理审查

本研究具体实验方案通过了相关道德伦理审查专家委员会的审查并通过。由于受试者均为未成年人,在采样前均有家长或教练陪同填写了知情同意书。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 血清睾酮水平的检测

抽取清晨 7:00-8:00 空腹禁食(禁食 12 h)静脉血 5 mL,置于一次性玻璃试管中,3 000 r/min 离心 15 min,将离心分离出的血清进行分装和标号,放置在 -80℃ 冰箱保存待测。

睾酮采用化学发光免疫分析法进行测定,采用 Beckman 的试剂盒及仪器对血清样品进行检测(Access 2, Beckman Inc., USA)。

#### 1.3.2 骨龄片拍摄

利用数字式 X 光线机(CXDI-50G, Canon, Japan)对所有运动员进行左手正位 X 线片的拍摄,将所有数码格式的 X 线片按运动员编号进行保存,以备后续使用。

### 1.4 分组方法

将所有运动员的左手正位 X 线片按种籽骨形态进行分类,分为发育前阶段(种籽骨未出现)、发育中阶段(种籽骨出现)和发育后阶段(种籽骨轮廓清晰,桡、尺骨发育完全),具体见图 1。分类后,分别从各阶段的男、女运动员中随机选取 30 人,共 180 人,男 90 人,女 90 人,作为本次研究血清睾酮水平的最终受试对象。



发育前阶段 发育中阶段 发育后阶段

图 1 不同发育阶段运动员的左手正位 X 线片(局部)及种籽骨形态

Figure 1 Left Hand Positive X-Ray (Local) and Seed Bone Morphology of Athletes at Different Pubertal Stages

### 1.5 肌肉含量和体脂百分比的测试

采用韩国产 Inbody 720 身体成分测试仪,进行身体成分测试,获得肌肉含量和体脂百分比的指标。

测试方法:测试时先对电极接触部位进行清洁消毒,让运动员除去外衣及身上金属类物品,双手握住电极把手,和身体呈 30°,双脚赤足充分与电极接触。开始后以站立姿势保持约 1 min,等待显示身体成分测试结果。

### 1.6 数理统计

数据用平均值±标准差的形式表述,组间采用单因素方差分析(One-way ANOVA)进行统计学分析,睾酮和肌肉含量、体脂百分比采用 Spearman 相关性分析,显著性程度为  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$ ;采用 SPSS 25.0 统计软件包进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 分组结果

通过运用 1.4 的分组方法,分别随机抽出了男、女青少年游泳运动员的发育前组、发育中组和发育

后组, 每组均为 30 人, 具体每组的分组情况和基本信息见表 1。

表 1 男、女青少年游泳运动员各发育阶段分组情况及基本信息 (N=180)

Table I Basic Information and Grouping of Male and Female Adolescent Swimmers at Each Pubertal Stage (N=180)

性别	发育阶段	实际年龄 / 岁	身高 /cm	体重 /kg
男	发育前	10.9±0.7	150.3±5.7	39.6±4.1
	发育中	12.5±1.3	165.5±8.6	52.4±8.9
	发育后	15.7±1.2	177.9±5.1	71.5±10.5
女	发育前	9.8±0.9	140.9±5.2	32.3±4.2
	发育中	11.6±1.7	156.8±10.1	45.1±8.7
	发育后	14.7±1.6	166.4±5.0	58.6±7.7

### 2.2 男、女青少年游泳运动员不同发育阶段睾酮水平的比较

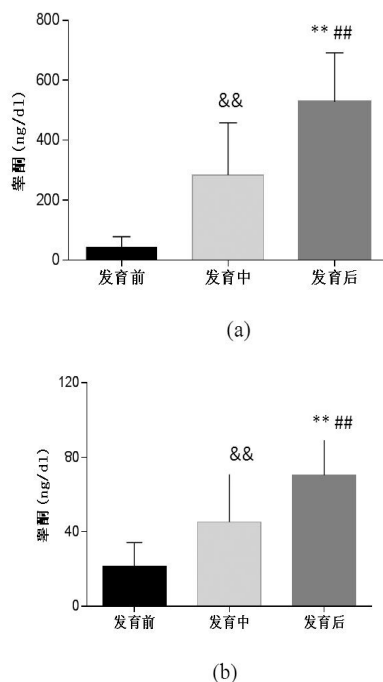
男青少年游泳运动员的睾酮水平从发育前阶段开始到发育后阶段呈现出成倍增加的趋势, 3 个发育阶段的睾酮水平存在显著性差异 ( $P < 0.01$ )。其中发育后阶段的血清睾酮为  $(528.3 \pm 163.2)$  ng/dL, 显著高于发育中阶段的  $(283.6 \pm 175.0)$  ng/dL 和发育前阶段的  $(44.5 \pm 33.7)$  ng/dL ( $P < 0.01$ ), 并且血清睾酮值是发育中和发育前的 186% 和 1187%, 增幅明显; 发育中阶段的睾酮水平也是发育前阶段的 637%, 增加幅度明显 ( $P < 0.01$ ) [见图 2(a)]。

女青少年游泳运动员的睾酮水平的变化趋势和男运动员类似, 3 个发育阶段的睾酮水平也存在显著性差异 ( $P < 0.01$ )。其中发育后阶段的血清睾酮为  $(70.3 \pm 25.3)$  ng/dL, 显著高于发育中阶段的  $(45.3 \pm 30.9)$  ng/dL 和发育前阶段的  $(21.4 \pm 12.9)$  ng/dL ( $P < 0.01$ ), 血清睾酮值是发育中和发育前的 155% 和 329%, 增幅明显; 发育中阶段的睾酮水平也是发育前阶段的 212%, 具有显著性差异 ( $P < 0.01$ ) [见图 2(b)]。

女运动血清睾酮的增幅小于男运动员, 可能是由于睾酮为雄性激素, 存在性别上的差异。

### 2.3 男、女青少年游泳运动员不同发育阶段睾酮水平的分布

由于各组血清睾酮的标准差都较大, 所以对各组数据均进行了正态分布的检验, 经 K-S 检验, 各组 P 值均为 0.2, 都基本服从正态分布。图 3 是男、女青少年游泳运动员不同发育阶段血清睾酮水平的分布, 从图上看, 各组血清睾酮值的分布情况也是与 K-S 检验结果一致的, 所以各组血清睾酮水平可以使用均值比较。



注: (a) 男运动员不同发育阶段血清睾酮水平的比较,  $F=90.194$ ,  $P < 0.01$ ; \* 表示发育后组 vs. 发育前组; \*\* 表示  $P < 0.01$ ; # 表示发育后组 vs. 发育中组; ## 表示  $P < 0.01$ ; & 表示发育中组 vs. 发育前组, && 表示  $P < 0.01$ 。(b) 女运动员不同发育阶段血清睾酮水平的比较,  $F=30.625$ ,  $P < 0.01$ ; \* 表示发育后组 vs. 发育前组, \*\* 表示  $P < 0.01$ ; # 表示发育后组 vs. 发育中组; ## 表示  $P < 0.01$ ; & 表示发育中组 vs. 发育前组, && 表示  $P < 0.01$ 。

图 2 男、女青少年游泳运动员血清睾酮水平的组间比较

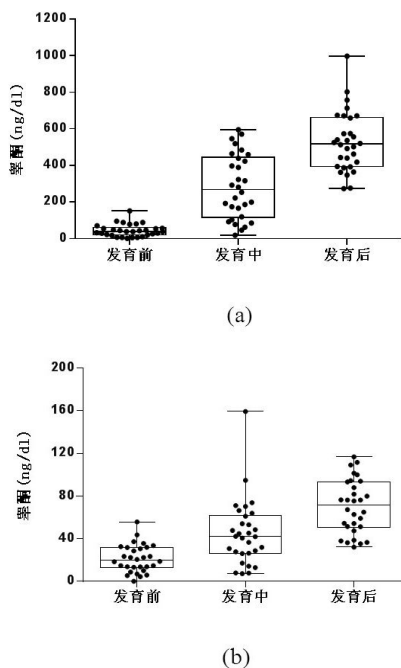
Figure 2 Comparison of Serum Testosterone Concentration between Male and Female Adolescent Swimmers

### 2.4 血清睾酮与肌肉含量、体脂百分比的相关性

图 4 是男、女青少年运动员血清睾酮与肌肉含量、体脂百分比的相关性分析。其中男运动员睾酮水平与肌肉含量为正相关 ( $r=0.875$ ,  $P < 0.01$ ), 与体脂百分比为负相关 ( $r=-0.312$ ,  $P < 0.01$ ); 女运动员的睾酮水平与肌肉含量为正相关 ( $r=0.774$ ,  $P < 0.01$ ), 与体脂百分比也为正相关 ( $r=0.463$ ,  $P < 0.01$ )。男、女运动员在睾酮与肌肉含量的相关关系上是一致的, 而在睾酮与体脂百分比的相关关系上是相反的。

### 3 讨论

血清睾酮指标在体育运动实践中具有非常广泛的应用, 在运动训练实践中, 许多对力量和爆发力素质有较高要求的项目, 教练员非常注重运动员的血清睾酮指标。一般认为, 血清睾酮水平高的运动员能够承受大运动量、大负荷的训练课, 而且恢复能力也较好<sup>[1,9,10]</sup>。还有研究报道, 血清睾酮的水平能够影响



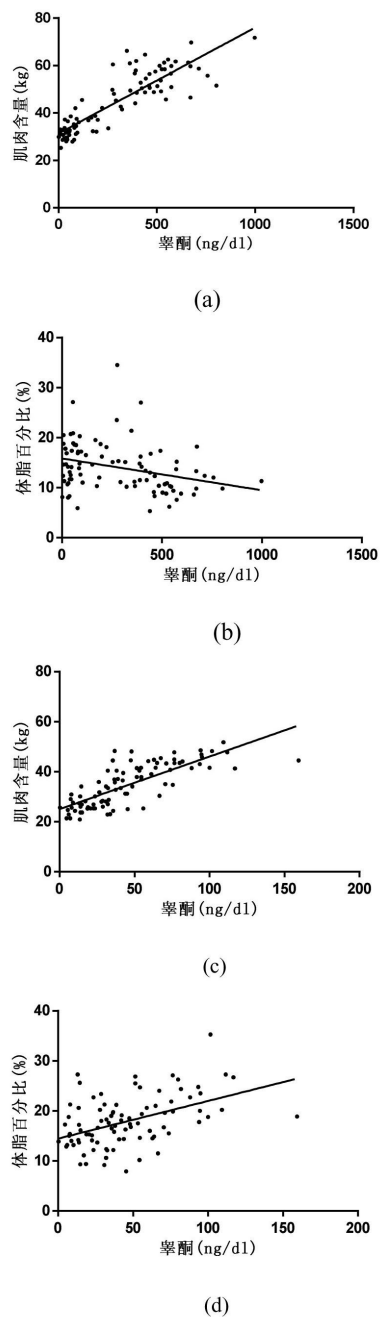
注:(a)男运动员不同发育阶段血清睾酮水平的分布。(b)女运动员不同发育阶段血清睾酮水平的分布

图3 男、女青少年游泳运动员不同发育阶段血清睾酮水平的分布

### Figure 3 Comparison of Serum Testosterone Concentration between Male and Female Adolescent Swimmers at Different Pubertal Stages

运动员的有氧能力,两者呈显著正相关<sup>[1]</sup>。正因为血清睾酮水平与运动员运动能力有较好的相关关系,所以教练员对于该指标尤其青睐。游泳项目对力量素质和有氧能力都有较高的要求,血清睾酮对游泳运动员来说也是非常重要的。

青少年运动员处于生长发育高峰期,性激素尤其是睾酮水平变化很大,对于基层教练员来说,把握起来有一定难度。血清睾酮的检测费用又比较高,对于基层训练来说,普及非常困难。本研究利用睾酮水平与生长发育不同阶段的关系来预测运动员的睾酮水平,对于基层教练员来说,无疑是一种简便易行的方法。由于睾酮水平与运动能力密切相关,几乎所有运动项目都应该考虑睾酮指标。青少年运动员生长发育过程中,一些常规的血液生理、生化指标相对稳定,在青春发育期逐渐波动,有些阶段波动幅度较大,直至青春期接近尾声,这种波动会渐渐趋于稳定,最终固定在一定范围的正常区间。以血清睾酮为例,针对医学检验标准,青少年运动员与一般青少年会存在一定差异,基础值要高于一般青少年,因此了解和掌握青少年运动员此类生化指标的基础值非常重要<sup>[6]</sup>。运动员选材运用睾酮这样的生化指标就是



注:(a)男子青少年游泳运动员血清睾酮与肌肉含量的相关性, $r=0.875, P<0.01$ ; (b)男子青少年游泳运动员血清睾酮与体脂百分比的相关性, $r=-0.312, P<0.01$ ; (c)女子青少年游泳运动员血清睾酮与肌肉含量的相关性, $r=0.774, P<0.01$ ; (d)女子青少年游泳运动员血清睾酮与体脂百分比的相关性, $r=0.463, P<0.01$ 。

图4 男、女青少年游泳运动员血清睾酮水平与肌肉含量、体脂百分比的相关性

### Figure 4 Correlation between Serum Testosterone Concentration, Lean Mass and Body Fat Percentage of Male and Female Adolescent Swimmers

为了建立基础值标准,由此检验和分析优秀体育苗子的血液生理、生化状况,根据相应的运动项目特



点,把那些适应能力强、运动机能好的运动员挑选出来,通过专门训练,使其先天能力得到充分发展,进而达到较高的竞技水平。本研究发现的男游泳运动员血清睾酮水平,发育后阶段是发育中和发育前的186%和1187%,发育中阶段的睾酮水平也是发育前阶段的637%,增幅特别明显,各发育阶段都具有明显的血清睾酮水平特征,这样的研究结果与国外的一些研究也是比较吻合的<sup>[12-14]</sup>。上述的研究发现,可以为基层游泳教练员们提供较好的参考,只要对运动员进行骨龄鉴定,区分发育阶段,就可以大致的判断运动员的血清睾酮水平,从而指导教练员进行科学合理的训练安排,更好地促进运动员运动水平的提高。

睾酮具有同化作用,可促进骨骼肌蛋白质合成,增强肌力<sup>[9]</sup>;青少年运动员的睾酮水平与肌肉量存在显著性正相关,说明青少年运动员在生长发育阶段睾酮的水平对肌肉含量是具有促进作用的,这与关于成年运动员的报道也是一致的<sup>[15]</sup>。男、女运动员睾酮水平与体脂百分比的相关性正好相反,可能与睾酮为雄性激素,与性别差异有关,今后仍需扩大样本量,进一步验证。

男、女运动员分别在不同发育阶段,血清睾酮都具有明显的阶段特征,各阶段血清睾酮变化幅度都非常大<sup>[16]</sup>,教练员应充分注意性别差异,利用血清睾酮的这一特征,结合青少年运动员的生长发育情况,预测血清睾酮水平,为科学训练和运动员选材育才提供参考。

#### 4 小结与展望

运动员选材中运用血清睾酮指标就是为了建立青少年运动员血清睾酮的基础值。男、女青少年游泳运动员在整个生长发育阶段中,血清睾酮水平都处于显著增加的趋势,且每个生长发育阶段,血清睾酮水平都具有明显的阶段特征;业余训练游泳教练员可以根据运动员生长发育鉴定和发育阶段的划分来预测青少年运动员血清睾酮水平,从而科学、合理地安排运动员的训练计划以及更好地开展运动员的选材育才工作。目前血清睾酮的检测属于有创测试,为了今后能在基层训练实践中普及,建议可以在简便、无创的唾液睾酮和尿睾酮检测方面进行深入研究。当前新方法、新技术层出不穷,比如核磁谱、质谱等方法在睾酮检测方面具有精确、高效等优点,也可以进行一些有益的尝试和探索。

#### 参考文献:

[1] 邱俊.血清睾酮指标在运动中的应用[J].中国体育教

练员,2011,19(2):32-33.

- [2] 周卫海,肖国强.不同项目青少年运动员的血清睾酮值[J].体育学刊,2002,9(2):34-35.
- [3] Arruda A. F., Aoki M. S., Freitas C. G., et al. Testosterone Concentration and Lower Limb Power Over an Entire Competitive Season in Elite Young Soccer Players [J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2015, 29(12):3380-3385.
- [4] 郭蓓,沈勋章,李之俊,等.上海市运动员科学选材工作指导手册[M].上海:上海科学技术文献出版社,2005.
- [5] 余竹生,沈勋章,朱学雷.运动员科学选材[M].上海:上海中医药大学出版社,2006:125-126.
- [6] 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,2016:964-965.
- [7] 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,2017:274-298.
- [8] 杨若愚,沈勋章,蔡广.上海市中小学生不同发育阶段睾酮雌二醇水平及与骨龄的相关性[J].中国学校卫生,2011,32(7):883-884.
- [9] 张颖,张立.血睾酮与运动[J].武汉体育学院学报,2005,39(3):58-62.
- [10] Crewther B., Obminski Z., Cook C. The Effect of Steroid Hormones on the Physical Performance of Boys and Girls During an Olympic Weightlifting Competition[J]. *Pediatr Exerc. Sci.*, 2016, 28(4):580-587.
- [11] 张颖,赵克勇,张立.U-15男子足球运动员血睾酮与生长激素变化特点及对有氧能力的影响[J].武汉体育学院学报,2008,42(9):73-77.
- [12] Hibberd E. E., Hackney A. C., Lane A. R., et al. Assessing biological maturity: chronological age and the pubertal development scale predict free testosterone in adolescent males[J]. *J. Pediatr Endocrinol Metab.*, 2015, 28(3-4):381-386.
- [13] Martin A. C., Heazlewood I. T., Kitic C. M., et al. Possible Hormone Predictors Of Physical Performance In Adolescent Team Sport Athletes[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2017(30).
- [14] Moore S. A., Moore M., Klentrou P., et al. Maturity status in male child and adolescent athletes[J]. *J. Sports Med Phys. Fitness*, 2010, 50(4):486-493.
- [15] 陈伟,马琳.高原训练对优秀女子赛艇运动员血红蛋白、血清睾酮、血尿素和身体成分的影响[J].中国体育科技,2008,44(4):95-99.
- [16] Bermon S., Garnier P. Y., Hirschberg A. L., et al. Serum androgen levels in elite female athletes[J]. *J. Clin. Endocrinol Metab.*, 2014, 99(11):4328-4335.

(责任编辑:刘畅)