

性发育对女性最大吸氧量的影响

林琬生¹ 季成叶¹ 张玉青² 衣成杰² 肖建文¹ 邵立新¹
袁 捷¹ 朱一力² 梁 蕾² 关明杰¹ 张 琳¹

(1 北京医科大学儿童青少年卫生研究所, 北京 100083)

(2 北京体育师范学院, 北京 100088)

摘要

根据是否发生月经, 将 11—13 岁女童分为未来潮组及已来潮组, 比较两组身高、体重、瘦体重及最大吸氧量的差异, 结果表明同龄月经未来潮组女童身高、体重、瘦体重、 $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值、 $\dot{V}O_{2\max}/\text{身高}$ 及 $\dot{V}O_{2\max}/\text{HR}_{\max}$ 均低于已来潮女童, 而 $\dot{V}O_{2\max}/\text{体重}$ 及 $\dot{V}O_{2\max}/\text{瘦体重}$ 略高于已来潮组女童。分析了产生这种差异的可能原因。

关键词 最大吸氧量, 月经初潮, 女童

最大有氧活动能力受多种因素影响。不同性别、年龄间最大吸氧量 ($\dot{V}O_{2\max}$) 有明显差异 (Shvartz *et al.*, 1990; 林琬生等, 1993), 运动训练对 $\dot{V}O_{2\max}$ 的影响有过很多报告 (夏守华等, 1983; Buskirk *et al.*, 1987), 同年龄、不同体格发育水平儿童青少年的最大吸氧量的差别也有报告 (林琬生等, 1994)。Buskirk *et al.*, (1951) 及 De Meersman *et al.* (1985) 报告了肥胖对最大吸氧量的影响。月经初潮是女性性发育的重要指标, 叶恭绍等 (Ye GS *et al.*, 1981) 曾经以月经初潮是否发生分析了性发育对儿童形态发育的影响。有关性发育对最大吸氧量的影响也有报道 (Kemper, *et al.*, 1987)。本文系“儿童最大有氧活动能力的发展特征” (林琬生等, 1993) 的子课题, 目的是根据同龄儿童有无发生月经初潮分析性发育对女童最大吸氧量的影响。

1 研究对象

研究对象为 11—13 岁女学生 77 名, 她们来自北京市中等水平 (教学质量及生源) 的普通中小学, 均为健康学生。作最大吸氧量测试前经过健康筛选, 排除了各种急、慢性疾病及畸形。3 个年龄组儿童的样本数及基本情况见表 1。

收稿日期: 1993-09-10

* 国家自然科学基金资助项目。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 受试女童的基本情况
Basic values of investigated girls

指 标 (Index)	11岁(N=25) (11-yr-old)	12岁(N=27) (12-yr-old)	13岁(N=26) (13-yr-old)
身高(cm)(Height)	146.54±7.73	152.46±6.31	156.32±6.07
体重(kg)(Weight)	36.60±6.92	42.57±6.71	43.55±7.27
瘦体重(kg)(LBM)	28.60±4.43	33.16±4.20	34.21±4.41
VO ₂ max(L/min)	1.68±0.25	1.84±0.25	2.00±0.28
VO ₂ max / 身高(ml/cm·min) (VO ₂ max / Height)	11.45±1.26	12.07±1.53	12.75±1.59
VO ₂ max / HRmax(ml/次) (VO ₂ max / Weight)	8.11±1.05	8.97±1.40	9.69±1.34
VO ₂ max / 体重(ml/kg·min) (VO ₂ max / Weight)	45.80±3.64	43.21±5.13	45.80±3.36
VO ₂ max / LBM(ml/kg·min)	59.04±3.90	55.82±6.23	58.41±4.46

2 研究指标及方法

2.1 一般指标: 有身高、体重、肱三头肌及肩胛下皮褶厚度, 均按常规方法测定。以两皮褶厚度之和 (X) 根据下列公式 (长岭晋吉, 1972) 计算体密度 (D)

$$D(11岁) = 1.0794 - 0.00142X$$

$$D(12、13岁) = 1.0888 - 0.00153X$$

以体密度根据下列公式(Brozek *et al.*, 1963)计算体脂百分比(F%)及瘦体重(LBM)

$$F\% = (4.570 / D - 4.142) \times 100\%$$

$$LBM = \text{体重} \times (1 - F\%)$$

2.2 月经初潮: 向受试者询问是否发生过月经, 凡有过一次或一次以上非外伤性阴道出血, 即为已发生月经初潮。

2.3 最大吸氧量: 根据 Bruce 运动方案(Bruce *et al.*, 1963), 使用步行机 (Treadmill) 运动, 调节步行机的速度 (2.7—9.6km / 小时) 及坡度 (10%—22%), 组成七个阶段。每一阶段运动三分钟, 逐渐增加运动量, 要求受试者运动至筋疲力竭, 是为极限负荷。除开始步行时允许手扶步行机栏杆外, 各阶段运动中手均不扶栏杆。

使用 Jaeger 自动气体分析仪作气体分析。采用双向活瓣呼吸面罩, 自由吸入室内空气。呼出气经由内腔光滑的螺纹管导入分析仪。分析仪自动测定呼吸频率及通气量; 自动分析呼出气中氧及二氧化碳含量; 计算吸氧量、呼吸商及通气等量等。每半分钟自动记录有关数据一次。

测试前向受试者讲解测试方法和要求, 并令其作适应性练习。受试者心电图测定采用 CM5 导联, 运动中连续心电监护, 每 30 秒记录心率一次。

极限负荷时的吸氧量 (VO₂), 即最大吸氧量 (VO₂max)。达到极限负荷的指征为:

1) 心率大于 190 次 / 分, 2) VO₂ 不再随运动上升, 或上升值小于 2ml/kg·min, 3) 呼吸商大于 1.0。

以最大吸氧量绝对值 (L/min) 与身高、体重、瘦体重、运动时最大心率之比分别

计算按身高、按体重、按瘦体重及按最大心率的最大吸氧量相对值，即 $\dot{V}O_{2\max}$ / 身高 (ml / cm·min)、 $\dot{V}O_{2\max}$ / 体重 (ml / kg·min)、 $\dot{V}O_{2\max}$ / LBM (ml / kg·min)、 $\dot{V}O_{2\max}$ / HRmax (氧脉搏, oxygen pulse) (ml / 次)。

3 结 果

根据是否发生月经初潮，将各年龄组儿童分为未来潮组和已来潮组。各年龄组未来潮组和已来潮组的身高、体重及瘦体重值见表 2。由表 2 可知各年龄组未来潮组的身高、体重及瘦体重值均低于已来潮组。表 3 为各年龄组两组最大吸氧量值的比较，与上述形态指标一样，未来潮组 $\dot{V}O_{2\max}$ 、 $\dot{V}O_{2\max}$ / 身高及 $\dot{V}O_{2\max}$ / HRmax 均低于已来潮组；但 $\dot{V}O_{2\max}$ / 体重及 $\dot{V}O_{2\max}$ / LBM 两项指标，除 12 岁组的 $\dot{V}O_{2\max}$ / LBM 两组基本相等外，皆为未来潮组高于已来潮组。

表 2 各年龄组按月经状况分组两组身高等指标的差异
Difference of height, weight, LBM and HRmax between two subgroups
divided by menarche status in 11-13 years-old girls

指标 (Index)	11岁 (11-yr-old)			12岁 (12-yr-old)			13岁 (13-yr-old)		
	未潮组 1 (N=19)	已潮组 2 (N=6)	差值 3	未潮组 1 (N=11)	已潮组 2 (N=15)	差值 3	未潮组 1 (N=4)	已潮组 2 (N=22)	差值 3
身高 (cm) (Height)	145.2	150.8	-5.6	150.3	154.4	-4.1	152.4	157.0	-4.6
体重 (kg) (Weight)	35.3	40.9	-5.6	38.8	45.9	-7.1*	39.5	44.3	-4.8
瘦体重 LBM (kg)	27.7	31.4	-3.7	31.0	35.1	-4.1*	32.0	34.6	-2.6
最大心率	206.4	210.3	-3.9	211.2	202.2	9.0	205.5	206.1	-0.6
HRmax (beats / min)									

注：1. without menarche group, 2. with menarche group, 3. difference; * 差异有显著性

表 3 按月经状况分组各年龄组两组最大吸氧量的差异
Difference of maximal oxygen uptake between two subgroups
divided by menarche status in 11-13 years-old girls

指标 (Index)	11岁 (11-yr-old)			12岁 (12-yr-old)			13岁 (13-yr-old)		
	未潮组 1	已潮组 2	差值 3	未潮组 1	已潮组 2	差值 3	未潮组 1	已潮组 2	差值 3
$\dot{V}O_{2\max}$ (L / min)	1.66	1.76	-0.10	1.72	1.96	-0.24*	1.89	2.01	-0.12
$\dot{V}O_{2\max}$ / 身高 (ml / cm·min)	11.4	11.7	-0.30	11.5	12.7	-1.20*	12.4	12.8	-0.40
$\dot{V}O_{2\max}$ / 体重 (ml / kg·min)	46.6	43.3	3.30	44.2	42.7	1.50	47.9	45.4	2.50
$\dot{V}O_{2\max}$ / LBM (ml / kg·min)	59.9	56.3	3.60	55.9	56.1	-0.20	59.2	58.3	0.90
$\dot{V}O_{2\max}$ / HRmax (ml / beat)	8.0	8.4	-0.40	8.2	9.7	-1.50*	9.2	9.8	-0.60

注：1. without menarche group, 2. with menarche group, 3. difference; * 差异有显著性

上述各项指标两组间的差异, 仅 12 岁组部分指标差异有显著性, 11、13 岁组各指标差异均无显著性。

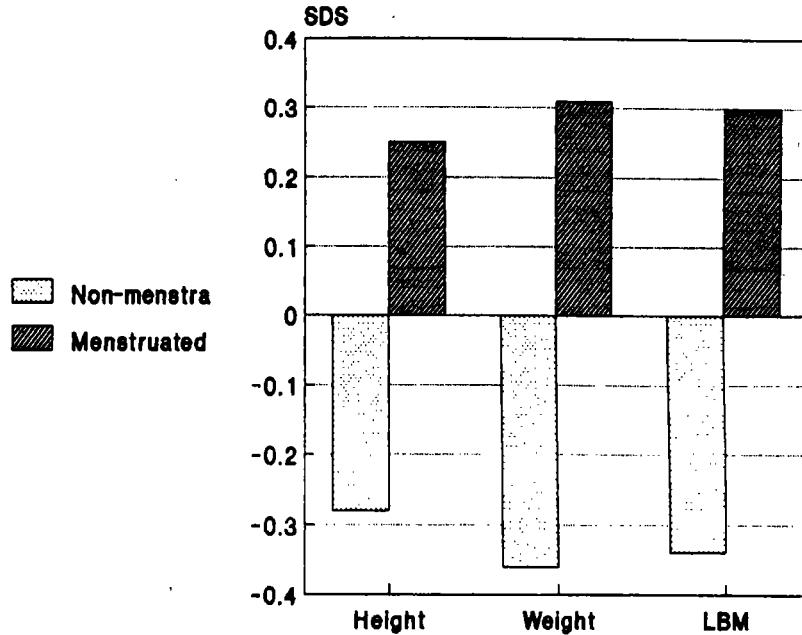


图 1 按月经初潮分组的身高体重及瘦体重 SDS 值

SDS's values of height, weight and LBM between two groups divided by menarche status

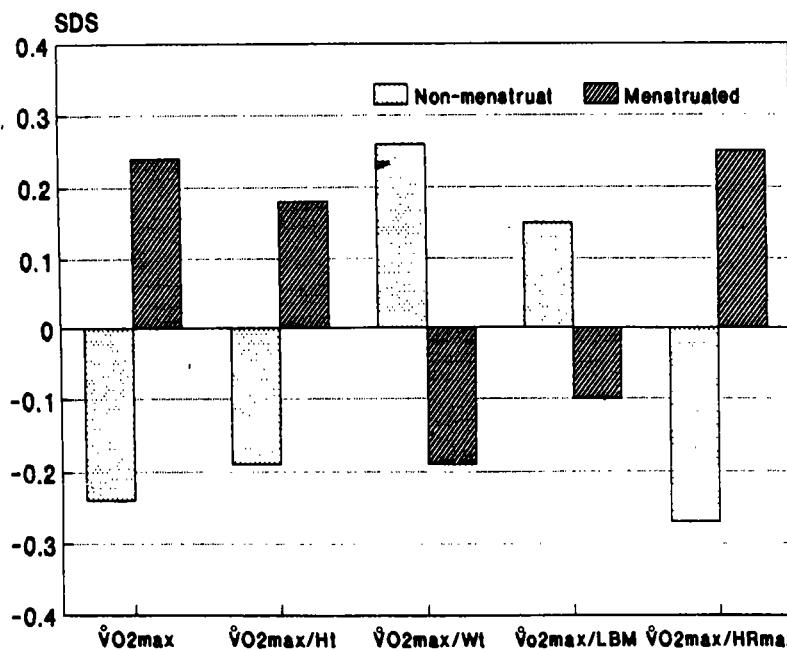


图 2 按月经初潮分组的最大吸氧量 SDS 值

SDS's values of maximal oxygen uptake between two groups divided by menarche status

考虑到各组样本量均较小, 故应用标准差比值(Standard deviation score, SDS 值或称 Z 值) 将年龄组合并比较未来潮组与已来潮组各指标的差异。式中: X 为某一指标样本测量值, \bar{X} 和 SD 分别为同性别年龄组该指标均值。

$$SDS = \frac{X - \bar{X}}{SD}$$

两组女童形态指标的 SDS 值见图 1。图 1 表明未来潮组女童形态指标的 SDS 值均低于已来潮组。图 2 为两组女童最大吸氧量绝对值及相对值的 SDS 值比较, 由图 2 可见最大吸氧量绝对值 ($\dot{V}O_{2\max}$) 及按身高、按最大心率计算的最大吸氧量相对值 ($\dot{V}O_{2\max} / \text{身高}$ 、 $\dot{V}O_{2\max} / HR_{\max}$) 均为未来潮组低于已来潮组, 与形态指标一致。而按体重、按瘦体重计算的相对值 ($\dot{V}O_{2\max} / \text{体重}$ 、 $\dot{V}O_{2\max} / LBM$) 恰好相反, 未来潮组高于已来潮组。不分年龄组 SDS 值的比较结果与分年龄组的比较结果基本相同, 但有更多指标的差异有显著性。

4 讨 论

叶恭绍等 (Ye GS *et al.*, 1981) 报告同年龄组月经已来潮女童的平均身高、体重值大于未来潮女童。本组资料与之相符。瘦体重在两组间的差异与身高、体重是一致的, 由此可见, 同年龄组已来潮女童身材较未来潮女童大, 性发育对体格发育具有正向影响。

本文分析的两组间最大吸氧量的差异表明性发育对最大吸氧量也是有影响的。无论是各年龄组比较或合并年龄组以 SDS 值比较, 最大吸氧量在两组间比较的结果基本一致, 都是未来潮组的 $\dot{V}O_{2\max}$ 、 $\dot{V}O_{2\max} / \text{身高}$ 及 $\dot{V}O_{2\max} / HR_{\max}$ 低于已来潮组, 而 $\dot{V}O_{2\max} / \text{体重}$ 和 $\dot{V}O_{2\max} / LBM$ 为未来潮组大于已来潮组。四项 $\dot{V}O_{2\max}$ 相对值在两组间存在双向差异。这种差异与 Kemper 等 (1987) 对女童追踪观察的结果是一致的, 通过青春期, 女童 $\dot{V}O_{2\max}$ 由 2.3 L/min 增至 2.7 L/min , 而 $\dot{V}O_{2\max} / \text{体重}$ 则由 $50 \text{ ml/min} \cdot \text{kg}$ 减至 $45 \text{ ml/min} \cdot \text{kg}$ 。

从体格发育两组间差异特点考虑, 未来潮组的 $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值低于已来潮组是可以理解的。未来潮组整体发育晚于已来潮组, 因此, 作为机能发育重要指标的 $\dot{V}O_{2\max}$ 发育水平必然也低于已来潮组。

由于测试过程中无论儿童的发育状况如何, 达到最大吸氧量的心率都要求不低于 190 次/分, 因此两组女童的最大心率值大致相同。基于这一点, 两组间 $\dot{V}O_{2\max} / HR_{\max}$ 的差异必然与 $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值的差异一致。

未来潮组身高、体重、瘦体重均低于已来潮组, 因而, 按身高、体重、瘦体重计算的 $\dot{V}O_{2\max}$ 相对值在两组间的差异也应该是一致的, 但实际上 $\dot{V}O_{2\max} / \text{身高}$ 、 $\dot{V}O_{2\max} / \text{体重}$ 与 $\dot{V}O_{2\max} / LBM$ 在两组间的差异是双向的。这可能与两组间身高、体重、瘦体重的差异大小不同有关。以 11 岁组为例 (表 4), 两组身高差值仅 3.8%, 体重及瘦体重的差值高达 15.3%、12.9%, 身高差值小于 $\dot{V}O_{2\max}$ 差值 (6.0%), 两组身高之差不足以抵消两组 $\dot{V}O_{2\max}$ 之差, 因而两组 $\dot{V}O_{2\max} / \text{身高}$ 差值的方向与两组 $\dot{V}O_{2\max}$ 差值的方向是一致的; 而体重与瘦体重的两组差值远大于两组 $\dot{V}O_{2\max}$ 的差值, 因而这可用于解释

$\dot{V}O_{2\max}$ / 体重、 $\dot{V}O_{2\max}$ / LBM 两组的差异反相于 $\dot{V}O_{2\max}$ 的两组差异的现象。

最大吸氧量测试要求精密昂贵的仪器, 测试过程也相当复杂, 因而国内外有关研究课题大多为小样本。著名的 Astrand-Rhyming (1954) $\dot{V}O_{2\max}$ 列线图制作的样本, 在 18—32 岁的年龄跨度内仅 112 人 (男 50 人, 女 62 人)。本组资料与其它资料比较, 虽然样本量较大, 但 11、12、13 每个年龄也只有 25—27 人, 再分组分析月经发生对 $\dot{V}O_{2\max}$ 的影响, 样本量更小, 是不够理想的。为此, 在分年龄组分析的基础上, 我们采用了标准差比值比较的方法 (Rona *et al.*, 1979), 将各年龄组资料合并, 从而使未来潮组及已来潮组样本数分别达到 34 人和 43 人。应用 SDS 值, 通过标准差与均值关系的处理, 消除了不同年龄组资料的非同一性, 得以将各年龄组资料合并, 合并后较大样本量有利于表现出组间差异。在小样本资料比较中采用 SDS 值处理资料有一定的应用价值。

表 4 11 岁女童两组间各指标差值百分比

Percentage of difference between two groups divided by menarche status in 11-years-old girls

指 标 Index	未潮组均值 Mean without menarche	已潮组均值 Mean with menarche	差值 Difference	百分比(%) Percentage
身高(cm) (Height)	145.2	150.8	-5.6	3.8
体重(kg) (Weight)	35.3	40.9	-5.6	15.3
LBM(kg)	27.7	31.4	-3.7	12.9
$\dot{V}O_{2\max}$ (L / min)	1.66	1.76	-0.10	6.0

参 考 文 献

- 林琬生, 张玉清, 季成叶等. 1993. 儿童最大有氧活动能力的发展特征. 人类学学报, 12(4): 383—393.
- 林琬生, 季成叶, 张玉清等. 1994. 儿童最大吸氧量与体格发育关系的研究. 中国学校卫生, 15: 7—10.
- 夏守华, 吴秀身, 孙柏枫等. 1983. 游泳运动对 5—7 岁儿童呼吸机能和有氧能力的影响. 体育科学, 3(4): 55—56.
- 长岭晋吉. 1972. 皮下脂肪かりの肥満の判定. 日医会志, 68: 919—924.
- Astrand P O, Rhyming I. 1954. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. J Appl Physiol, 7:218—221.
- Brozek J, Grand F, Anderson J, Keys A. 1963. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. Ann N Y Acad Sci, 11: 113—140.
- Bruce R A, Blackmon J R, Jones J W *et al.* 1963. Exercise testing in adult normal subject and cardiac patients. Pediatrics, 32(suppl): 742—756.
- Buskirk E R, Hodgson J L. 1987. Age and aerobic power: the rate of change in men and women. Fed Proc, 46(5): 1824—1829.
- Buskirk E R, Taylor H L. 1951. Maximal oxygen uptake and its relation to body composition with special reference to chronic physical and obesity. J Appl Physiol, 11: 71—78.
- De Meersman R E, Stone S, Schaefer D C *et al.* 1955. Maximal work capacity in prepubescent obese and nonobese

- females. *Clin Pediatr Phila*, 24(4): 199-240.
- Kemper H C, Verschuur R. 1987. Longitudinal study of maximal aerobic power in teenagers. *Ann Hum Biol*, 14: 435-444.
- Rona R J, Wainwright A H, Altman D G et al. 1979. Surveillance of growth as a measurement of health in the community, in *Measurement of Levels of Health*. WHO Regional Publication European Series No 7, 397-403.
- Shvartz E, Reibold R C. 1990. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat Space Environ Med*, 61(1): 3-11.
- Ye G S, Lin Z Z, Lin W S et al. 1981. A study of Beijing student adolescence. *J Chin Med*, 94: 101-108.

THE EFFECTS OF SEXUAL DEVELOPMENT ON MAXIMAL OXYGEN UPTAKE IN GIRLS

Lin Wansheng¹ Ji Chengye¹ Zhang Yuqing² Yi Chengjie² Xiao Jianwen¹
Shao Lixin¹ Yuan Jie¹ Zhu Yili² Liang Lei² Guan Mingjie¹ Zhang Lin¹

(1. *Institute of Child and Adolescent Health, Beijing Medical University, Beijing 100083*)

(2. *Beijing Teachers College of Physical Education, Beijing 100088*)

Abstract

According to whether experiencing menarche or not, the investigated girls at 11-13 ages were classified into two groups: group with menarche and group without menarche. Comparisons between two groups showed that height, weight, lean body mass (LBM) and absolute value of $\dot{V}O_2\text{max}$, $\dot{V}O_2\text{max} / \text{height}$ and $\dot{V}O_2\text{max} / \text{HRmax}$ in girls without menarche were smaller than that in their peers with menarche, and $\dot{V}O_2\text{max} / \text{weight}$ and $\dot{V}O_2\text{max} / \text{LBM}$ were bigger slightly. The possible reasons of emerging the differences were analysed.

Key words Maximal oxygen uptake, Menarche, Girls