

儿童最大有氧活动能力的发展特征

林琬生¹ 张玉清² 季成叶¹ 洪峰²
袁捷¹ 关英华² 朱一力² 梁蕾²
温大英¹ 肖建文¹ 张琳¹ 陈春英²

(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)

关键词 最大有氧活动能力; 最大吸氧量; 儿童青少年

内 容 提 要

本文报告了我国 463 名 10—19 岁儿童青少年的最大有氧活动能力的发展特征。在青春早期, 男女童的最大吸氧量 ($\dot{V}O_{2max}$) 绝对值均随年龄增长而增加, 男童由 1.75 升/分增至 3.10 升/分, 女童由 1.44 升/分增至 2.07 升/分, 女童增长较少; 以后女童即稳定于这一水平, 男童仍略有增长。按身高及按最大心率计标的相对值与其有相似的特征。按体重和瘦体重计算的相对值, 在男女童都未见随年龄增长的规律。男童 $\dot{V}O_{2max}$ 绝对值及各项相对值均明显高于女童, 且性别差异有随年龄增长而增大的趋势。

机体在极量运动状态下吸收和利用氧的能力为人体最大有氧活动能力, 反映这一能力的指标是最大吸氧量 (Maximal oxygen uptake 或 Maximal oxygen intake, $\dot{V}O_{2max}$)。 $\dot{V}O_{2max}$ 可用于运动能力判断、心肺功能测定及人类体质评价。 $\dot{V}O_{2max}$ 不仅与循环、呼吸功能有关, 而且与肌肉量及其活动状况、血液携带、输送氧的能力及组织吸收、利用氧的能力有关 (Astrand *et al.*, 1979), 因而它能综合反映儿童体格及机能发育状况, 是判断儿童体质及外环境对儿童体质影响比较理想的动态机能指标。

关于人群 $\dot{V}O_{2max}$ 的性别、年龄规律和特点, 国外有过许多报告, 并建立了系统的 $\dot{V}O_{2max}$ 性别年龄参考值 (Astrand, 1960; Shephard *et al.*, 1968; Cumming, 1967; Ikai *et al.*, 1972; Shvartz *et al.*, 1990); Kemper *et al.*, (1987) 完成了对男女少年 $\dot{V}O_{2max}$ 为期 4 年的追踪研究。我国 $\dot{V}O_{2max}$ 的研究始于 60 年代, 主要针对运动员心肺功能的研究; 80 年代以来, 丁宗一等 (1981)、林琬生等 (1985)、周明远等 (1986) 先后发表了有关儿童青少年 $\dot{V}O_{2max}$ 值的报告, 但尚缺乏男女儿童年龄别系统的资料。为了获得青春期男女儿童青少年 $\dot{V}O_{2max}$ 的系统资料, 研究我国儿童 $\dot{V}O_{2max}$ 的发展规律和特征, 在国家自然科学基金

收稿日期: 1992-10-15

国家自然科学基金资助项目, 3880673 号。

资助下完成了本课题。

一、研究对象

按分层整群抽样原则, 在北京市中等水平的两所普通中学及一所普通小学随机选择研究对象。全部学生均经过询问病史、体格检查以排除患有心、肺、肝、肾等主要脏器疾病及近期内患上呼吸道感染的学生。研究对象的血压、脉搏及血红蛋白值均在正常范围内。共得有效样本 500 例, 其中身高、体重大于或小于北京市参考值均数 ± 3 个标准差者不列入统计, 实际报告样本数男 215 人、女 248 人, 共 463 人, 年龄为 10-19 岁。各年龄组样本数及样本儿童的基本情况见表 1。

表 1 受试儿童基本情况

Means for height, weight and lean-body-mass in Chinese children and adolescents, 1991					
年龄(岁)	样本数	身高(cm)	体重(kg)	瘦体重(kg)	
Age(yr)	No.	Height	Weight	LBM	
	10	14	140.08(6.23)	35.16(7.58)	27.63(4.48)
	11	26	145.22(6.45)	36.89(5.83)	29.41(4.07)
	12	30	150.21(8.37)	39.41(7.47)	32.69(5.90)
	13	24	158.40(6.75)	44.31(5.77)	37.65(4.80)
男童	14	26	163.20(5.99)	48.08(5.35)	40.53(3.71)
(Boys)	15	26	169.43(5.93)	56.78(6.09)	48.96(4.45)
	16	20	169.76(4.46)	56.26(7.77)	48.81(4.24)
	17	26	168.80(5.58)	55.34(6.72)	48.74(4.70)
	18	16	171.74(5.33)	61.13(7.62)	52.69(5.54)
	19	7	175.10(6.10)	63.00(4.47)	54.94(3.12)
	10	13	140.91(5.59)	31.27(4.94)	24.73(3.41)
	11	25	146.54(7.73)	36.60(6.92)	28.60(4.43)
	12	27	152.46(6.31)	42.57(6.71)	33.16(4.20)
	13	26	156.32(6.07)	43.55(7.27)	34.21(4.41)
女童	14	33	158.66(5.02)	47.48(6.58)	35.79(3.26)
(Girls)	15	38	160.27(4.75)	50.75(6.44)	38.06(3.56)
	16	27	158.16(5.08)	50.12(7.95)	36.97(4.33)
	17	28	158.89(6.36)	49.25(6.63)	36.82(4.55)
	18	20	159.61(3.05)	51.96(4.67)	37.61(2.46)
	19	11	158.20(3.73)	52.89(6.26)	38.27(3.68)

注:括号内数字均为标准差。

二、研究指标及方法

1. 基本指标

基本指标有身高、体重、肱三头肌及肩胛下皮褶厚度, 按常规方法(唐锡麟主编, 1986)测定。根据表 2 公式(邢文华等, 1986), 以两处皮褶厚度之和计算相应年龄的体

密度。然后根据公式 (1) 计算体脂百分比, 并根据公式 (2) 计算瘦体重(Brožek *et al.*,1963)。

$$\text{体脂}\% = \left(\frac{4.570}{\text{体密度}} - 4.142 \right) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{瘦体重(LBM)} = \text{体重} - \text{体重} \times \text{体脂}\% \quad (2)$$

表 2 体密度计算公式

Formulas of calculation on body density

年龄(岁) Age(yr)	男童(Boys)	女童(Girls)
9-11	$D = 1.0879 - 0.00151 * X$	$D = 1.0794 - 0.00142 * X$
12-14	$D = 1.0868 - 0.00133 * X$	$D = 1.0888 - 0.00153 * X$
15-18	$D = 1.0977 - 0.00146 * X$	$D = 1.0931 - 0.00160 * X$
19-21	$D = 1.0913 - 0.00116 * X$	$D = 1.0897 - 0.00133 * X$

X = 肱三头肌与肩胛下皮褶厚度之和(mm)

2. 吸氧量指标

使用 Jaeger 自动气体分析仪(Ergo-oxyscreen)作气体分析。采用双向活瓣呼吸面罩, 呼出气经由内腔光滑的螺纹管导入分析仪。分析仪可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($\dot{V}O_2$)、呼吸商及通气等量等, 仪器每半分钟自动记录有关数据一次。

应用 Jaeger LE/6 型步行机(自动倒转固定跑道)运动。按 Bruce 等(1963)方案以不同的速度和坡度组成 7 个阶段(表 3), 给予定量运动负荷。每个阶段运动 3 分钟。运动时, 受试者徒手在步行机上步行或跑步, 定时调节速度与坡度, 运动到极限负荷, 即力竭为止。极限负荷运动时的 $\dot{V}O_2$ 即为 $\dot{V}O_{2max}$ 。

表 3 运动负荷方案

Bruce's programme of exercise load

阶段 Stage	速度(公里/小时) Speed(km/hr)	坡度(%) Slope
1	2.7	10
2	4.0	12
3	5.4	14
4	6.7	16
5	8.0	18
6	8.8	20
7	9.6	22

以最大吸氧量绝对值(L/分)与身高、体重、瘦体重和最大心率值分别计算按身高、体重、瘦体重及最大心率计算的 $\dot{V}O_{2max}$ 相对值。

3. 测试程序

受试者穿着运动衣裤或单衣裤及球鞋运动。测试前, 向受试者讲解测试方法、要求和注意事项, 令受试者作适应性练习, 以适应于步行机上运动。安静休息后受试者戴呼吸面罩, 确认面罩无漏气。受试者心电图测定采用 CM₅ 导联, 运动中连续心电监护, 以便及时发现心电异常而作必要处理; 心电监护同时与吸氧量同步记录心率。准备工作就绪后, 坐位安静休息, 作 2 分钟安静 $\dot{V}O_2$ 测定, 然后按上述运动负荷方案运动至力竭而停止。

4. 质量控制

1) 每单元测试前及测试过程中反复用标准气样对气体分析仪校正, 测定实验室气温、气压及相对湿度, 校正气体分析结果为标准状态 (STDP)。

2) 正确判断运动终点, 运动终点即达到极量运动、 $\dot{V}O_2$ 达到最高水平的一点—— $\dot{V}O_{2max}$, 运动终点的判断依据为: ① 心率大于 190 次/分、大年龄组允许不低于 180 次/分; ② $\dot{V}O_2$ 不再随运动而上升, 或虽有上升, 但小于 2ml/kg·min; ③ 呼吸商大于 1.0; ④ 受试者步态疲软无力、不稳; ⑤ 受试者主诉不能继续运动, 虽经鼓励仍不能坚持。当受试者具备上述条件中的前三项并具备后两项中的任一项时, 即可确认已达运动终点。

表 4 安静时的心率及吸氧量

Means for heart rate and oxygen intake in quiet of Chinese children and adolescents, 1991

	年龄(岁) Age(yr)	心率(次/分) HR(bpm)	$\dot{V}O_2$ /分(升) $\dot{V}O_2$ /min(L)	$\dot{V}O_2$ /体重(ml/kg·min) $\dot{V}O_2$ /weight
男童 (Boys)	10	83.43(6.63)	0.12 (0.07)	3.37 (1.62)
	11	84.85(8.32)	0.13 (0.05)	3.42 (1.12)
	12	84.83(9.03)	0.16 (0.05)	4.05 (1.09)
	13	86.54(10.40)	0.17 (0.06)	4.08 (1.62)
	14	81.04(6.95)	0.16 (0.09)	3.37 (2.03)
	15	80.31(10.85)	0.27 (0.13)	4.80 (2.44)
	16	79.58(7.34)	0.17 (0.07)	3.00 (1.22)
	17	78.23(8.34)	0.18 (0.07)	3.29 (1.09)
	18	75.06(7.57)	0.21 (0.06)	3.46 (0.77)
女童 (Girls)	19	71.43(6.83)	0.24 (0.05)	3.83 (0.62)
	10	87.08(6.51)	0.11 (0.05)	3.48 (1.26)
	11	84.60(6.21)	0.14 (0.06)	3.92 (1.36)
	12	86.56(7.55)	0.15 (0.05)	3.48 (1.19)
	13	90.65(12.58)	0.15 (0.05)	3.45 (1.02)
	14	86.15(9.62)	0.17 (0.08)	3.57 (1.54)
	15	86.37(10.64)	0.16 (0.05)	3.27 (1.25)
	16	83.0 (9.15)	0.17 (0.07)	3.33 (1.19)
	17	80.96(7.99)	0.16 (0.04)	3.30 (0.79)
18	80.75(6.45)	0.16 (0.04)	3.02 (0.82)	
19	80.00(7.54)	0.14 (0.04)	2.77 (0.69)	

注:括号内数字均为标准差。

三、结 果

1. 安静心率及吸氧量

男女童各年龄组安静心率及吸氧量见表4。各年龄组安静心率虽有波动,但总体说来呈现随年龄增长而下降的趋势,符合一般规律。安静 $\dot{V}O_2$ 绝对值(升/分),男女童均大致随年龄略有增长。按体重计算的安静 $\dot{V}O_2$ 相对值,男童为3.00—4.80ml/kg·min、女童为2.77—3.92ml/kg·min,大都低于4.0ml/kg·min,均约相当于1梅脱(Met, 3.5ml/kg·min)(Cumming, 1978),表明受试人群在测定前大都处于安静状态。

2. 最大心率及最大运动负荷时间

各年龄组平均最大心率及最大运动负荷时间见表5。除男性19岁组外,男女童各年龄组平均最大心率均大于200次/分。个体最大心率大都大于190次/分,仅10例小于190次/分,其中多数在185次/分以上。最大运动负荷时间,男童随年龄增长逐渐上升,由654秒增加至817秒;但女童仅在13岁前略有上升,以后一直徘徊在620秒左右。

表5 极限负荷下的心率及最大运动负荷时间

Mean for maximal heart rate and time of maximal endurance in Chinese children and adolescents, 1991				
年龄(岁) Age(yr)	最大心率(次/分) HRmax(bpm)		最大运动负荷时间(秒) Time of maximal endurance(s)	
	男童(Boys)	女童(Girls)	男童(Boys)	女童(Girls)
	10	204.36(6.69)	209.23(9.60)	653.93(47.15)
11	207.35(7.95)	207.32(10.59)	658.96(61.19)	620.32(49.39)
12	205.57(9.26)	206.22(9.58)	702.80(59.57)	624.19(51.30)
13	206.13(6.74)	206.04(8.21)	743.75(75.26)	644.96(35.95)
14	207.65(10.37)	207.67(8.86)	740.31(68.87)	616.97(58.10)
15	205.50(8.99)	203.92(10.73)	770.23(66.44)	616.26(60.04)
16	205.35(9.24)	207.52(9.30)	781.10(71.48)	620.78(47.04)
17	209.65(9.86)	206.18(7.80)	794.77(59.66)	619.04(59.04)
18	206.31(6.98)	207.25(9.96)	810.38(66.39)	627.35(37.51)
19	195.29(11.15)	208.82(8.81)	817.00(67.38)	616.64(46.42)

注:括号内数字均为标准差。

3. 最大吸氧量绝对值

男女童各年龄组 $\dot{V}O_{2max}$ 值见表6。男童15岁前, $\dot{V}O_{2max}$ 随年龄逐步增长,增长高峰出现在14—15岁间,此时年增长值可达0.4升/分,以后增长缓慢。女童在10—14岁间逐渐增长,但无明显高峰,14岁后不再增长。各年龄组男童 $\dot{V}O_{2max}$ 值均大于女童,差异皆有显著性,性别差异随年龄增长而增大(表6、图1)。

4. 最大吸氧量相对值

男儿童各年龄组最大吸氧量的各种相对值亦见表6。

表 6 极限负荷下的耗氧量

Means for absolute and relative value of $\dot{V}O_{2max}$ in Chinese children and adolescents, 1991

年龄 (岁) Age(yr)	$\dot{V}O_{2max}$ / 分 (L / min) $\dot{V}O_{2max}$ / min	$\dot{V}O_{2max}$ / 体重 (ml / kg.min) $\dot{V}O_{2max}$ / wt	$\dot{V}O_{2max}$ / 身高 (ml / cm.min) $\dot{V}O_{2max}$ / Ht	$\dot{V}O_{2max}$ / LBM (ml / kg.min)	$\dot{V}O_{2max}$ / 最大心率 (ml / beat) $\dot{V}O_{2max}$ / HRmax	
	10	1.75(0.28)	49.33(4.45)	12.43(1.44)	63.40(3.54)	8.58(1.48)
	11	1.80(0.20)	48.62(5.24)	12.35(1.05)	61.51(5.74)	8.67(1.00)
	12	2.07(0.37)	52.08(4.52)	13.69(1.84)	63.41(4.40)	10.08(1.88)
	13	2.44(0.34)	55.10(6.00)	15.38(1.80)	65.28(7.79)	11.85(1.66)
男童 (Boys)	14	2.70(0.29)	55.39(5.68)	16.52(1.57)	66.72(6.06)	13.01(1.40)
	15	3.10(0.41)	54.46(6.69)	18.27(2.26)	63.27(6.25)	15.12(2.18)
	16	3.07(0.47)	54.18(6.32)	18.07(2.66)	62.84(7.70)	14.97(2.37)
	17	3.14(0.36)	56.59(5.10)	18.59(1.93)	64.48(4.83)	15.00(1.74)
	18	3.34(0.59)	54.30(6.13)	19.42(3.07)	63.30(7.43)	16.22(2.90)
	19	3.25(0.51)	50.91(6.29)	18.58(3.06)	58.98(7.88)	16.67(2.74)
	10	1.44(0.20)	45.56(3.78)	10.18(1.11)	58.22(3.64)	6.88(0.98)
	11	1.68(0.25)	45.80(3.64)	11.45(1.26)	59.04(3.90)	8.11(1.05)
	12	1.84(0.25)	43.21(5.13)	12.07(1.53)	55.82(6.23)	8.97(1.40)
	13	2.00(0.28)	45.80(3.36)	12.75(1.59)	58.41(4.48)	9.69(1.34)
女童 (Girls)	14	2.07(0.25)	43.70(4.73)	13.05(1.44)	57.98(5.45)	10.02(1.42)
	15	2.08(0.32)	40.75(4.93)	12.99(1.99)	54.57(6.60)	10.20(1.61)
	16	2.05(0.34)	40.97(4.72)	12.95(2.01)	55.52(6.88)	9.90(1.67)
	17	2.08(0.34)	41.83(3.81)	13.08(1.87)	56.55(5.82)	10.11(1.66)
	18	2.14(0.19)	41.09(3.98)	13.42(1.22)	57.01(4.33)	10.35(1.02)
	19	2.10(0.36)	39.34(3.76)	13.29(2.11)	54.90(6.46)	10.11(1.85)

注:括号内数字均为标准差。

1) $\dot{V}O_{2max}$ / 身高值的年龄及性别特征与 $\dot{V}O_{2max}$ 绝对值相似(图 1)。

2) $\dot{V}O_{2max}$ / 体重, 男童在 10-13 岁期间呈上升趋势, 以后各年龄组稳定于 55ml / kg.min 左右; 女童于 13 岁前比较稳定, 以后呈下降趋势。男童相邻年龄组间的差异大都无显著性。同年组男童 $\dot{V}O_{2max}$ / 体重均大于女童, 差异均有显著性, 性别差异也随年龄增长而增大(表 6、图 2)。

3) $\dot{V}O_{2max}$ / 瘦体重, 男童各年龄组均值都高于女童, 差异有显著性; 男童的年龄发展趋势是相似的, 都表现为在一定水平上略有波动(图 2)。

4) $\dot{V}O_{2max}$ / 最大心率(氧脉搏), 男童呈现随年龄增长的趋势, 女童在 15 岁前逐渐增大, 以后即稳定于这一水平(表 6)。

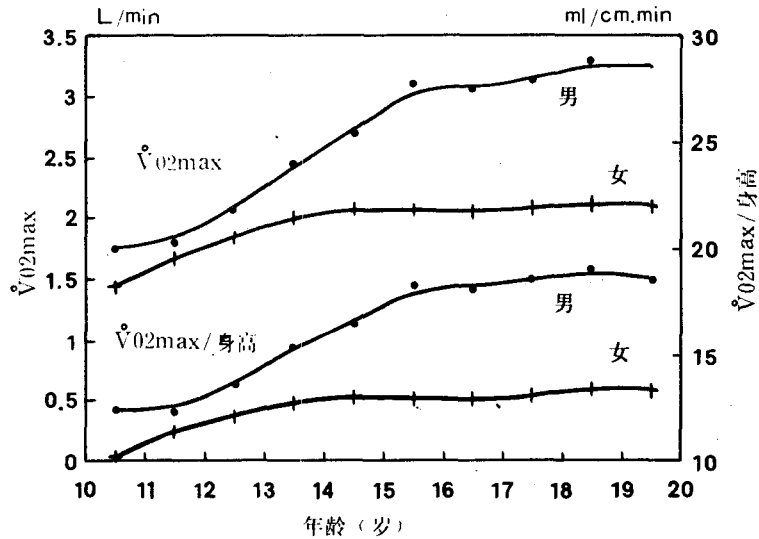


图 1 男女童 $\dot{V}O_2\max$ 及 $\dot{V}O_2\max$ / 身高值曲线

The curves of $\dot{V}O_2\max$ and $\dot{V}O_2\max$ / Height in Chinese children and adolescents, 1991

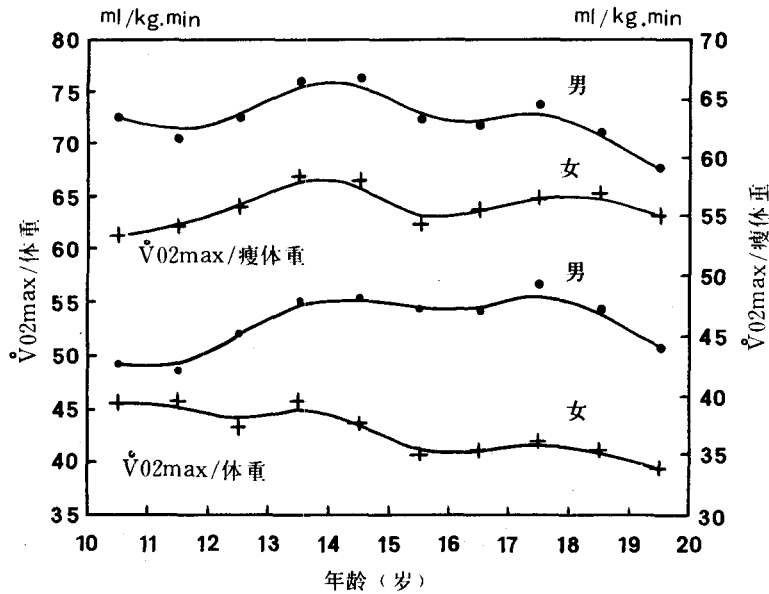


图 2 男女童 $\dot{V}O_2\max$ / 体重及 $\dot{V}O_2\max$ / 瘦体重值曲线

The curves of $\dot{V}O_2\max$ / weight and $\dot{V}O_2\max$ / Lean body mass in Chinese children and adolescents, 1991

四、讨 论

本文报告 463 例受试者的 $\dot{V}O_{2max}$ 均系通过极量运动直接测定所得，在国内已发表的直接测定资料中具有年龄系列化、样本量大、男女兼有的特点。

国内报告女童 $\dot{V}O_{2max}$ 文献较少，以本文男童资料与有关文献比较，本文数据略高于周明远等 (1986) 及乔居痒 (1964) 的资料，但本文及上述文献数据均大大低于丁宗一等 (1981) 的资料 (图 3)。Shephard 等 (1968) 曾经指出，台阶、功率自行车及步行机三种运动方式所得 $\dot{V}O_{2max}$ 存在差异，步行机运动所得 $\dot{V}O_{2max}$ 较台阶试验高 3.4%、较功率自行车高 6.6%。周、乔二文的运动方式分别为功率自行车及原地跑步，而本课题是在步行机上运动，这可能是三文数据产生差异的原因之一。步行机上运动时，机体参加活动的肌群可能多于其他方式。 $\dot{V}O_{2max}$ 的测定值还受多种因素影响，如受试者测定当时的生理状态、测定方案、测试季节、输气管道阻力等，丁宗一等 (1981) 报告的数据大大高于有关文献数据，可能与这些因素有关。在女童 $\dot{V}O_{2max}$ 比较中，本文 13—15 岁女童 $\dot{V}O_{2max}$ 值接近或略高于王淑云等 (1984) 及作者等 (1985) 以前的报告，相应年龄组 $\dot{V}O_{2max}$ 值也都低于丁宗一等 (1981) 的数据。

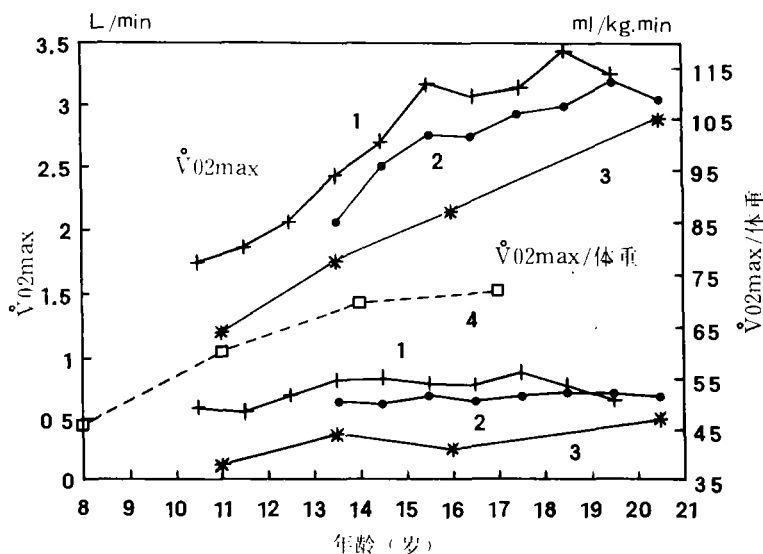


图 3 国内男童 $\dot{V}O_{2max}$ 值比较

Comparison of $\dot{V}O_{2max}$ among Chinese literatures

1.本文; 2.周明远,1986; 3.乔居痒,1964; 4.丁宗一,1981

国外文献报告的 $\dot{V}O_{2max}$ 值差异很大。本文资料与国外资料 (Cumming, 1967; Anderson *et al.*, 1972; Nagle *et al.*, 1977; Bailey *et al.*, 1978) 比较，各年龄组 $\dot{V}O_{2max}$ 绝对值都较低；但 $\dot{V}O_{2max}$ / 体重值则略高或略低于这些资料，或与它们相近。这种差异可能与

种族有关,也可能与测量方法不同、测量条件不一致有关。从绝对值低于西方儿童、而相对值与西方儿童相近这一现象考虑,较大的绝对值差异可能与我国儿童体重低于西方儿童有关;据分析,我国儿童身高、体重的中位数只相当于英国标准 (Tanner *et al.*, 1966) 的第 10—25 百分位数。

最大吸氧量的年龄发展特征不同于身高、体重等形态指标。无论男女童,尤其是女童, $\dot{V}O_{2\max}$ 比形态指标更早达到最大值,男童 16 岁时, $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值已接近最大值,女童早在 13、14 岁即不再增长,而在此年龄之后, $\dot{V}O_{2\max}$ / 体重还逐渐下降。 $\dot{V}O_{2\max}$ 的性别特征也完全不同于形态指标,无论绝对值或各相对值在各年龄组都是男童高于女童,且两者差异逐渐增大,始终不出现形态发育中的曲线两次交叉现象。

本文报告的 $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值及 $\dot{V}O_{2\max}$ / 身高值各自与年龄的关系是相似的 (图 1), 而 $\dot{V}O_{2\max}$ / 体重及 $\dot{V}O_{2\max}$ / 瘦体重与年龄的关系则与前者完全不同。这表明 $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值与年龄的关系与身高无关,而体重与瘦体重在这一关系中发挥着重要作用。当在 $\dot{V}O_{2\max}$ 的计量单位中考虑了体重和瘦体重因素时,吸氧量—年龄曲线的形态完全改变 (图 1、2)。这说明 $\dot{V}O_{2\max}$ 绝对值随年龄增长的特征与体重随年龄增长的特征有关。虽然身高也存在随年龄增长的特征,但身高随年龄而变化的程度大大低于 $\dot{V}O_{2\max}$ 及体重随年龄而变化的程度。

女童 13、14 岁 (相当于青春中期) 后, $\dot{V}O_{2\max}$ / 体重值呈下降趋势 (表 6、图 2), 这一趋势与女童在这一时期后速度、力量等运动能力停滞、下降的情况 (于道中, 1987) 是一致的。普遍认为女童运动素质停滞下降与青春期心理、生理变化有关。随着青春期发育,女童更为腼腆、害羞、好静、较少参加体育活动。另一方面,本课题的资料说明可能还与女童自身的发育特点有关,女童体重在青春期后期继续增长,这一时期,女童的体脂百分比也持续增加 (男童恰恰相反, 10—19 岁期间体脂百分比一直下降), 从而她们的体脂含量以大于体重增长的比例积累。体脂作为人体代谢中的非活跃组织,它在运动中只是增加了机体负荷而不能发挥积极作用。同一时期,女童的瘦体重无明显增长 (表 1), 等量瘦体重要负荷由于脂肪增加所致更大体重,从而导致 $\dot{V}O_{2\max}$ / 体重值下降;同理,各项运动素质也必然表现为停滞或下降。

参 考 文 献

- 丁宗一等, 1981. 平板机运动试验测验健康儿童青少年体质发育. 学校卫生, 2(4):35—42
- 于道中, 1987. 中国汉族学生身体素质的现状、特点及发展变化规律的研究. 中国学生体质与健康研究组编; 中国学生体质与健康研究, 144—185. 人民教育出版社, 北京.
- 王淑云等, 1984. 14—15 岁中学生的最大吸氧量及其间接推算方法的研究. 全国体质研究学术报告会论文集. 101—103. 中国体育科学学会体质研究会编, 北京.
- 乔居岸, 1964. 青少年紧张肌肉活动时最大吸氧量、呼吸、心率的特点. 体育科学资料, 5(137):9—12.
- 邢文华等, 1986. 体育测量与评价. 197—210. 北京体育学院出版社, 北京.
- 林琬生等, 1985. 13 岁中学生的最大有氧活动能力. 体育科学, 5(1):55—59.
- 周明远等, 1986. 13—23 岁男大、中学生最大吸氧量年龄变化特征的研究. 中国运动医学杂志, 5:211—217.
- 唐锡麟主编, 1986. 儿童少年卫生学. 第 2 版, 169—175. 人民卫生出版社, 北京.

- Anderson, K.L. *et al.*, 1972. Sex differences in maximal oxygen uptake, heart rate and oxygen pulse at 10 and 14 years in Norwegian children. *Hum. Biol.*, 44(3):413.
- Astrand, I., 1960. Capacity for oxygen uptake and related function during cycling in women, 20–65 years old. *Acta Physiol. Scand.*, 49(suppl, 169):1–26.
- Astrand, P.O. *et al.*, 1979. *Textbook Work Physiology*. Ed. 2. pp 319–321. McGraw–Hill. New York.
- Bailey, D.A. *et al.*, 1978. Size dissociation of maximal aerobic power during growth in boys. In: *Pediatric Work Physiology, medicine and Sport*. Eds: J. Borms *et al.*. Vol. 11. pp 140–151. Basel, Karger.
- Brožek, J. *et al.*, 1963. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann, N.Y. Acad. Sci.*, 110:113–140.
- Bruce, R.A. *et al.*, 1963. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. *Pediatrics*, 32(suppl):742.
- Cumming, G.R., 1967. Current levels of fitness. *Can. Med. Asso.*, 96:868–877.
- Cumming, G.R., 1978. Bruce treadmill test in children: Normal values in a clinic population. *Am. J. Cardiol.*, 41:69.
- Ikai, M. *et al.*, 1972. Maximal oxygen uptake of Japanese related to age and sex. *Med. Sci. Sport*, 4:127.
- Kemper, H.C. *et al.*, 1987. Longitudinal maximal aerobic power in teenagers. *Pediatrics*, 14:219–225.
- Nagle, F.J. *et al.*, 1977. Maximal oxygen uptake of boys and girls aged 14–17. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 36:75.
- Shephard, R.V. *et al.*, 1968. The maximal oxygen intake. An international reference standard of cardiorespiratory. *Bull. WHO*, 38:757–764.
- Shvartz, E. *et al.*, 1990. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: A review. *Aviat Space Environ. Med.*, 61(1):3–11.
- Tanner, J.M. *et al.*, 1966. Standard from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity; British children, 1965, part 2. *Arch. Dis. Childh.*, 41:613–635.

THE DEVELOPMENT OF MAXIMAL AEROBIC POWER IN CHINESE CHILDREN AND ADOLESCENTS

Lin Wansheng¹ Zhang Yuqing² Ji Chengye¹ Hong Feng²
Yan Jie¹ Guan Yinghua² Zhu Yili² Liang Lei²
Wen Daying¹ Xiao Jianwen¹ Zhang Ling¹ Chen Chunying²

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

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

Key words Maximal aerobic power; Maximal oxygen intake; Children and adolescents

Abstract

This paper reported the maximal aerobic power of 463 Chinese children and adolescents, aged 10–19 years. The absolute values of maximal oxygen intake ($\dot{V}O_{2\max}$) in boys and girls were 1.75–3.26 and 1.44–2.10 L/min, respectively. The relative values of $\dot{V}O_{2\max}$ in height ($\dot{V}O_{2\max}/\text{height}$) were 12.35–19.42 ml/cm.min for boys and 10.18–13.42 ml/cm.min for girls, the $\dot{V}O_{2\max}/\text{weight}$ were 48.60–56.59 ml/kg.min for boys and 39.34–45.56 ml/kg.min for girls, the $\dot{V}O_{2\max}/\text{lean-body-mass}$ were 58.98–65.28 ml/kg.min for boys and 54.90–59.04 ml/kg.min for girls, and the maximal values of oxygen pulse ($\dot{V}O_{2\max}/\text{HRmax}$) were 8.58–16.67 ml/beat for boys and 6.88–10.35 ml/beat for girls.

In the early adolescence, the values of $\dot{V}O_{2\max}$, $\dot{V}O_{2\max}/\text{height}$ and $\dot{V}O_{2\max}/\text{HRmax}$ increased with chronological age in all children, but the increment was less in girls. The regular increase with age was not seen in the $\dot{V}O_{2\max}/\text{weight}$ and $\dot{V}O_{2\max}/\text{LBM}$ for boys and girls. The values in each $\dot{V}O_{2\max}$ index in boys were larger than in girls.

The project supported by National Natural Science Foundation of China