

游泳训练对儿童最大有氧活动能力的影响

关明杰¹ 林琬生² 张玉青³

关英华³ 邵立新² 肖建文²

(1 包头医学院预防医学系儿少卫生教研室, 包头 014010)

(2 北京医科大学儿童青少年卫生研究所, 北京 100083)

(3 北京体育师范学院, 北京 100088)

摘 要

本文利用步行机对91名8—11岁男女儿童进行最大有氧活动能力的测试。其中训练组42人(男20人,女22人)选自北京市海淀区业余体校游泳队的儿童,对照组49人(男24人,女25人)选自与训练组儿童条件相近的普通学校学生。观察9个月的游泳训练对儿童有氧活动能力的影响。

研究结果表明,训练组儿童的身高、体重、瘦体重和肺活量在观察前及观察后的两次测试中均高于对照组。观察期间形态指标的增长值在两组间大都无明显差别,表明两组儿童具有相似的生长发育速度;训练组肺活量的增长值大于对照组(男童更为明显),表明训练对儿童的肺功能有一定的促进作用。

极量运动状态下的最大吸氧量绝对值及各相对值均表现为在观察前及观察后的两次测试中训练组明显高于对照组。观察期间各指标的增长值在两组间多无明显差别,仅男童训练组的最大耐受时间及最大氧脉搏的增长值明显大于对照组,表明9个月的游泳训练可改善青春前期男童的心肺功能,而对女童的影响不明显。

关键词 游泳训练, 儿童, 最大吸氧量

最大有氧活动能力是指机体在极量运动状态下吸收和利用氧的能力,反映这一能力的指标是最大吸氧量($\dot{V}O_{2\max}$)。 $\dot{V}O_{2\max}$ 是反映儿童体格及机能发育状况比较理想的动态机能指标。

$\dot{V}O_{2\max}$ 受多种因素的影响,而训练对 $\dot{V}O_{2\max}$ 的影响尤其受到重视。越来越多的儿童参与到运动竞技中,因此了解训练对儿童生长发育、心肺及运动功能的影响,对指导儿童进行合理训练,以及运动员的选拔具有深远的现实意义。

$\dot{V}O_{2\max}$ 同其它机体发育指标一样存在着一定的种族差异。有关训练对儿童 $\dot{V}O_{2\max}$ 的影响研究,国内尚未见报道。因此研究我国儿童经过一段时间的训练对 $\dot{V}O_{2\max}$ 产生的

影响是必要的, 这对正确指导我国儿童青少年的体育锻炼和运动训练具有重要的理论和实践意义。

1 研究对象

52 名 8—11 岁训练组儿童选自北京市海淀区业余体校游泳组, 同时以性别及年龄相差不超过 3 个月作为配对原则进行 1 : 1 配对, 在北京市海淀区学院路小学选取对照组儿童。两组儿童在生活条件、居住环境等方面较相似。

测试前对全体儿童进行健康检查, 排除心、肺、肝、肾等重要脏器的急、慢性疾病及近期内患上呼吸道感染的学生。

观察期间, 2 名训练组儿童因心肌炎和足骨骨裂, 未参加观察后期的测试, 另外有 8 名儿童在观察期间退出训练; 有 3 名对照组儿童因患上呼吸道感染, 未参加观察后期的测试。共获得有效数据 91 份。样本数及观察开始时的年龄情况见表 1。

表 1 受试对象的年龄情况
Ages of investigated children

	训练组 (trained group)				对照组 (control group)			
	N	$\bar{X} \pm S$	Min	Max	N	$\bar{X} \pm S$	Min	Max
男 (boys)	20	9.83 ± 0.89	8.60	11.16	24	9.99 ± 0.88	8.53	11.28
女 (girls)	22	9.88 ± 0.95	8.46	11.15	25	9.98 ± 0.97	8.41	11.28
合计 (total)	42	9.85 ± 0.91	8.46	11.16	49	9.98 ± 0.92	8.41	11.28

2 研究指标及方法

2.1 观察期限

实验观察期从 1994 年 3 月初开始到 1994 年 12 月底为止, 共 9 个月。观察期间, 所有训练组的儿童均按统一计划进行训练, 每周训练 5—6 天, 每天训练 1.5 小时, 节假日休息。训练时有专职游泳教练进行指导, 训练强度逐渐增加, 最大运动强度时的心率平均为 156 次/分。对照组儿童在观察期间只参加学校一般性的体育活动。

观察前及观察后分别对全体受试者进行形态机能指标及最大吸氧量的测试, 两次测试的内容相同。

2.2 基本指标

身高、体重、肱三头肌及肩胛下皮褶厚度、肺活量, 均按常规方法测定。利用长岭晋吉公式计算相应年龄的体密度, 再根据 Brozek 公式计算瘦体重 (陈明达等, 1993)。

2.3 吸氧量指标

最大吸氧量指标包括最大吸氧量绝对值及按体重、身高、瘦体重、最大心率等计算的最大吸氧量的相对值。应用 Jaeger LE/6 型步行机 (自动倒转固定跑台) 运动。按 Bruce

et al. (1963) 方案以不同的速度和坡度组成 7 个阶段, 给予定量运动负荷。每个阶段运动 3 分钟。

测试前, 向受试者讲解测试方法, 要求和注意事项。准备工作就绪后, 坐位安静休息, 测试 2 分钟安静 VO_2 水平, 然后按上述方案进行运动。运动时, 受试者穿单衣裤及球鞋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时为止。极限负荷运动时的 VO_2 即为 $\text{VO}_{2\max}$ 。运动后坐位休息, 并测 2 分钟恢复期 VO_2 。

测试过程中, 使用 Jaeger 自动气体分析仪 (Ergo-oxysscreen) 作气体分析。分析仪可自动测定心率、呼吸频率及通气量, 自动分析呼出气中氧及二氧化碳的含量、计算吸氧量 (VO_2) 等指标, 并每半分钟自动记录有关数据一次。运动中采用连续心电图监护, 以便及时发现心电异常而作必要处理。

2.4 质量控制

1) 基本指标的测定采用统一方法、固定仪器、专人专项负责。

2) 每次吸氧量指标测试前及测试过程中, 反复用标准气样对气体分析仪进行校正, 使用 CaCl_2 作干燥剂吸收呼出气中的水份, 并测定实验室气温、气压, 校正气体分析结果为标准状态 (STPD)。

3) 运动终点判断: 判断依据为: ①心率大于 190 次/分, ② VO_2 不再随运动而上升, 或虽有上升, 但上升幅度小于 $2\text{ml/Kg} \cdot \text{min}$, 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 3 项, 并具备后两项中的任一项时, 即可确认已达到运动终点。

4) 为确保研究工作的顺利进行, 实验前征得受试者的同意, 并向受试者说明测试方法、程序及注意事项, 以求配合。

2.5 资料分析方法

采用 SPSS/PC+ (3.0V) 统计软件进行分析处理。分别计算并比较训练组与对照组在观察前及观察后各指标的均值和观察前后的差值, 对两组差异的显著性水平作统计学检验。

3 结 果

3.1 形态机能指标

在观察前及观察后的两次测试中, 男儿童的身高、体重、瘦体重及肺活量均表现为训练组高于对照组, 且在多数指标中训练组与对照组间的差异有显著性意义。

观察期间, 训练组和对照组各指标均有明显增长, 但身高、体重、瘦体重等形态指标的增长表现为对照组高于训练组, 这种差别在女童身高的增长有显著性意义 ($P < 0.001$), 而肺活量的增长则表现为训练组高于对照组, 且在男童训练组明显高于对照组 ($P < 0.05$)。

3.2 最大有氧活动能力指标

最大心率在观察前及观察后训练组与对照组间差异不明显, 且在观察期间多无明显改变。

最大耐受时间、最大吸氧量绝对值 ($\text{VO}_{2\max}$) 及按身高、体重、瘦体重和最大心率计算的各相对值 ($\text{VO}_{2\max}/\text{Ht}$ 、 $\text{VO}_{2\max}/\text{Wt}$ 、 $\text{VO}_{2\max}/\text{LBM}$ 、 $\text{VO}_{2\max}/\text{HR}_{\max}$) 在观察前及观察后的两次试测中均表现为训练组明显高于对照组。

表 2 受试儿童的身高、体重								
Means for height, weight in Chinese children							$\bar{X}(S)$	
性别	组别	例数	身高(height) cm			体重(weight) Kg		
			观察前	观察后	差值	观察前	观察后	差值
			before	after		before	after	
sex	group	N	observation	observation	difference	observation	observation	difference
男 (trained) boys	训练组	20	142. 89(6. 80)	147. 34(7. 59)	4. 45(1. 41) * * *	33. 58(5. 16)	36. 91(6. 09)	3. 33(1. 83) * * *
	对照组 (control)	24	137. 94(5. 28) # #	142. 83(6. 21) #	4. 89(1. 27) * * *	32. 43(5. 26)	35. 85(6. 99)	3. 42(2. 40) * * *
女 (trained) girls	训练组	22	144. 37(8. 11)	149. 23(8. 96)	4. 86(1. 19) * * *	34. 30(7. 18)	37. 95(8. 18)	3. 65(1. 85) * * *
	对照组 (control)	25	138. 18(5. 88) # #	145. 24(7. 31) # # #	7. 06(2. 49) * * *	30. 19(4. 62) #	34. 01(5. 84)	3. 82(2. 04) * * *
* 观察前后差值的显著性(Significance of difference between two stages)								
* : P< 0. 05, * * : P< 0. 01, * * * : P< 0. 001								
# 训练组与对照组间差值的显著性(Significance of difference between two groups)								
# : P< 0. 05, # # : P< 0. 01, # # # : P< 0. 001								

表 3 受试儿童的瘦体重、肺活量								
Means for lean-body-mass, vital capacity in Chinese children								$\bar{X}(S)$
性别	组别	例数	瘦体重(L BM) Kg			肺活量(VC) ml		
			观察前	观察后	差值	观察前	观察后	差值
			before	after		before	after	
sex	group	N	observation	observation	difference	observation	observation	difference
男 (trained) boys	训练组	20	26. 17(3. 18)	30. 81(4. 34)	4. 64(1. 53) * * * 2	2486. 0(509. 16)	2760. 0(445. 00)	274. 0(124. 41) * * *
	对照组 (control)	24	23. 84(3. 43) #	28. 34(4. 84)	4. 50(2. 21) * * *	2122. 5(282. 75)	2280. 0(314. 52) # # #	157. 5(195. 45) * *
女 (trained) girls	训练组	22	26. 10(4. 40)	29. 71(4. 81)	3. 61(1. 38) * * *	2231. 8(362. 59)	2490. 5(453. 59)	258. 7(250. 21) * * *
	对照组 (control)	25	22. 98(3. 32) # #	27. 04(4. 11) #	4. 06(1. 51) * * *	1940. 8(297. 49)	2156. 4(411. 66) # #	215. 6(269. 20) * * *
* 观察前后差值的显著性(Significance of difference between two stages)								
* : P< 0. 05, * * : P< 0. 01, * * * : P< 0. 001								
# 训练组与对照组间差值的显著性(Significance of difference between two groups)								
# : P< 0. 05, # # : P< 0. 01, # # # : P< 0. 001								

观察期间, 最大耐受时间无明显改变, VO₂max 绝对值以及 VO₂max/HRmax、VO₂max/ Ht 均明显增长, 而以人体重量 (Wt、LBM) 计算的 VO₂max 相对值则仅略有增加 (VO₂max/ Wt) 或下降 (VO₂max/ LBM 和男童对照组的 VO₂max/ Wt)。

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

仅男童最大耐受时间和最大氧脉搏 (VO_{2max}/HR_{max}) 观察前后之差值在训练组与对照组间有明显差别, 其余各指标的观察前后之差值在训练组与对照组间则无明显差别。

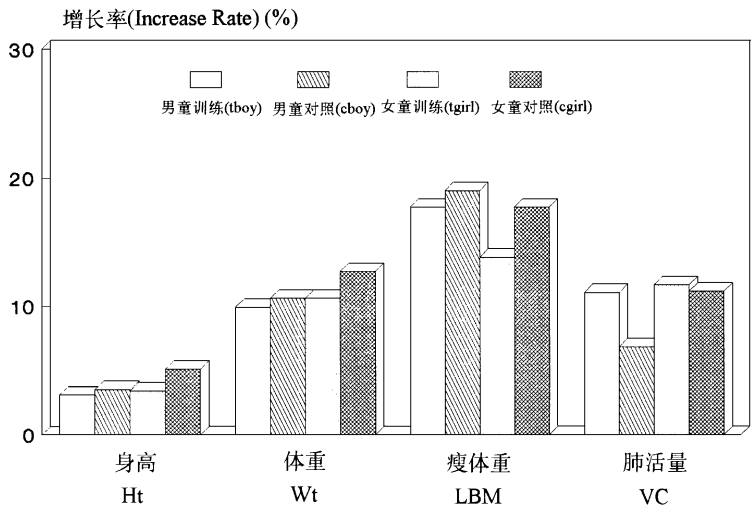


图 1 受试儿童身高、体重、瘦体重和肺活量的增长率

The increase rates of height, weight, LBM and VC of children

表 4 受试儿童的最大耐受时间、最大心率

Means for Maximal endurance time, Maximal heart rate in Chinese children $\bar{X}(S)$

性别 sex	组别 group	例数 N	最大耐受时间(Time) min			最大心率(次/分) HRmax(beat/min)		
			观察前	观察后	差值	观察前	观察后	差值
			before observation	after observation	difference	before observation	after observation	difference
男 boys	训练组 (trained)	20	12.39(1.27)	12.75(0.78)	0.36(1.03)	201.4(8.40)	202.8(11.40)	1.4(8.68)
	对照组 (control)	24	11.09(1.24) ###	10.86(0.97) ###	-0.23(0.76) #	204.3(7.19)	209.3(7.15) #	5.0(7.80)***
女 girls	训练组 (trained)	22	12.14(1.11)	12.19(0.92)	0.05(0.79)	203.4(5.71)	204.4(5.78)	1.0(6.01)
	对照组 (control)	25	10.39(0.63) ###	10.12(0.72) ###	0.27(0.67)	203.8(9.46)	205.2(8.73)	1.4(7.79)

* 观察前后差值的显著性(Significance of difference between two stages)
* : P< 0.05, * * : P< 0.01, * * * : P< 0.001
训练组与对照组间差值的显著性(Significance of difference between two groups)
: P< 0.05, # # : P< 0.01, # # # : P< 0.001

表 5 受试儿童的 VO ₂ max、VO ₂ max/ HRmax								
Means for VO ₂ max、VO ₂ max/HRmax in Chinese children								$\bar{X}(S)$
性别 sex	组别 group	例数 N	VO ₂ max(L/ min)			VO ₂ max /HRmax(ml/beat)		
			观察前	观察后	差值	观察前	观察后	差值
			before observation	after observation	difference	before observation	after observation	difference
男 (trained) boys	训练组	20	1. 92(0. 24)	2. 12(0. 27)	0. 20(0. 14) * * *	9. 51(1. 19)	10. 40(1. 54)	0. 89(0. 67) * * *
	对照组 (control)	24	1. 65(0. 22) # # #	1. 80(0. 30) # # #	0. 15(0. 14) * * *	8. 29(1. 36) # #	8. 61(1. 53) # # #	0. 32(1. 04) #
女 (trained) girls	训练组	22	1. 86(0. 33)	2. 06(0. 42)	0. 20(0. 18) * * *	9. 20(1. 79)	10. 06(2. 04)	0. 86(0. 87) * * *
	对照组 (control)	25	1. 39(0. 18) # # #	1. 63(0. 21) # # #	0. 24(0. 12) * * *	7. 16(1. 24) # # #	7. 96(1. 07) # # #	0. 80(0. 74) * * *
* 观察前后差值的显著性(Significance of difference between two stages)								
* : P< 0. 05, * * : P< 0. 01, * * * : P< 0. 001								
# 训练组与对照组间差值的显著性(Significance of difference between two groups)								
# : P< 0. 05, # # : P< 0. 01, # # # : P< 0. 001								

表 6 受试儿童 VO ₂ max/ Wt、VO ₂ max/ LBM、VO ₂ max/ Ht											
Means for VO ₂ max/ Wt、VO ₂ max/ LBM、VO ₂ max/ Ht in Chinese children											$\bar{X}(S)$
性别	组别	例数	V O ₂ max/ Wt(ml/ kg · min)			V O ₂ max/ LBM(ml/ kg · min)			VO ₂ max/ Ht(ml/ cm · min)		
			观察前	观察后	差值	观察前	观察后	差值	观察前	观察后	差值
			before	after		before	after		before	after	
sex	group	N	observation	observation	difference	observation	observation	difference	observation	observation	difference
boys	训练组	20	56. 84(4. 75)	57. 42(4. 50)	0. 58(3. 78)	73. 66(5. 00)	69. 14(3. 92)	-4. 52(4. 87) ***	13. 43(1. 17)	14. 38(1. 27)	0. 95(0. 93) ***
男(trained)	对照组	24	50. 62(4. 97)	49. 76(6. 00)	-0. 86(3. 98)	69. 49(5. 07)	63. 84(5. 02)	-5. 65(5. 48) ***	11. 94(1. 27)	12. 59(1. 67)	0. 65(0. 92) **
	(control)		# # #	# # #		#	# # #		# # #	# # #	
	训练组	22	54. 03(4. 81)	54. 14(5. 41)	0. 11(4. 02)	71. 36(5. 50)	69. 14(6. 94)	-2. 22(5. 31)	12. 81(1. 68)	13. 70(2. 15)	0. 89(1. 10) ***
girls	女(trained)										
对照组	25	45. 64(4. 19)	47. 59(3. 26)	1. 95(3. 96) *	60. 97(4. 78)	60. 57(3. 42)	-0. 40(5. 37)	10. 07(1. 11)	11. 17(1. 07)	1. 10(0. 78) ***	
(control)		# # #	# # #		# # #	# # #		# # #	# # #		
* 观察前后差值的显著性(Significance of difference between two stages)											
* : P< 0. 05, ** : P< 0. 01, *** : P< 0. 001											
# 训练组与对照组间差值的显著性(Significance of difference between two groups)											
# : P< 0. 05, ## : P< 0. 01, ### : P< 0. 001											

4 分析与讨论

4. 1 训练对儿童形态机能指标发育的影响

观察期间，男儿童的身高、体重、瘦体重和肺活量均有明显增长，其中，瘦体重增长幅度最大，体重和肺活量次之，身高增长幅度较小。男童身高、体重和瘦体重的增长在训练组与对照组间没有明显差别，表明这两组儿童具有相似的生长发育速度；女童训练组

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

身高的增长明显小于对照组, 这可能与对照组女童的发育先于训练组有关。由此可以认为一定强度的训练在较短时期内似乎不能提高儿童的形态发育水平, 这一期间两组儿童的增长与自身生长发育有关。

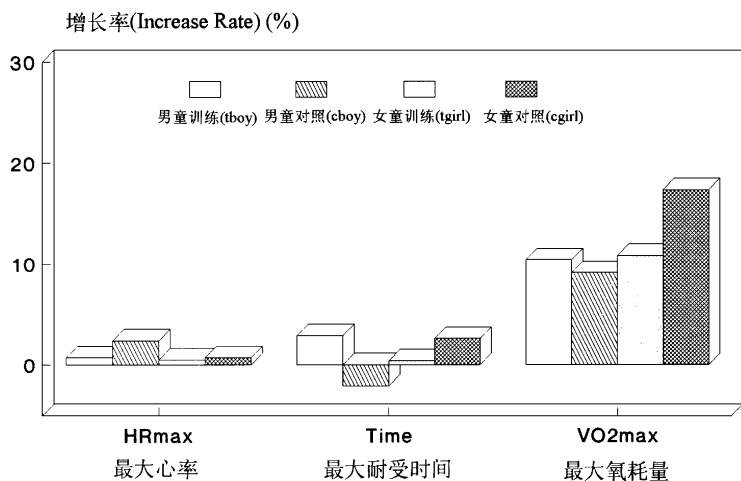


图 2 受试儿童最大心率、最大耐受时间和 VO_{2max} 的增长率

The increase rates of HRmax, Time, and VO_{2max} of children

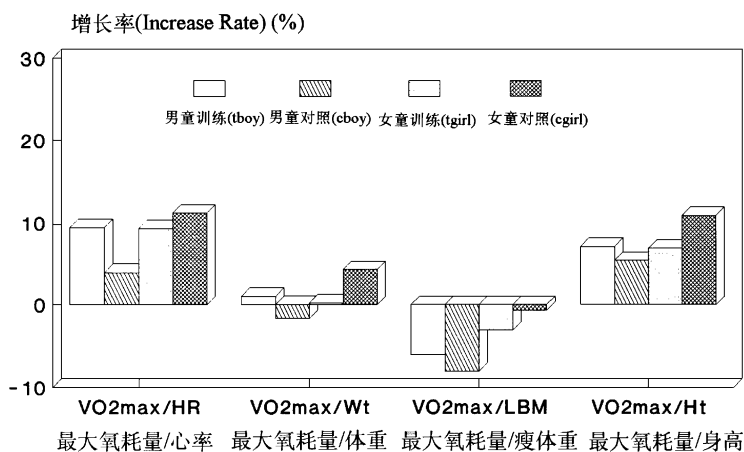


图 3 受试儿童 VO_{2max}/HR_{max} , VO_{2max}/Wt , VO_{2max}/LBM 和 VO_{2max}/Ht 的增长率

The increase rates of VO_{2max}/HR_{max} , VO_{2max}/Wt , VO_{2max}/LBM and VO_{2max}/Ht of children

训练组儿童的肺活量在观察前后的两次测试中均高于对照组, 说明训练组儿童具有较高的肺功能, 在观察期间, 男女童训练组肺活量的增长均高于对照组, 且在男童训练组的增长明显高于对照组 ($P < 0.05$), 由此可以认为, 训练组肺活量增长较多的部分可能与训练有关, 即训练对儿童肺功能有一定的促进作用。

4.2 训练对儿童最大有氧活动能力的影响

训练对儿童青少年最大有氧活动能力的影响, 国外已有很多报道, 但多以男童为主要研究对象, 且各家说法不一。国内这方面的研究尚少见。

训练能否提高儿童有氧活动能力是有争议的 (Mirwald et al., 1981; Kobayashi et al., 1978; Falgairette et al., 1993; Sprynarova, 1987)。本文研究结果表明, 在观察前及观察后的两次测试中训练组的 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 绝对值及各相对值均高于对照组, 表明训练组儿童本身具有较高的最大有氧活动能力水平。这可能与他们既往有较多的训练, 以及先天身体素质有关。因为体校的学生多数从普通学校中挑选而来, 从而导致他们本身具有较高的素质和较好的体质。在整个观察期间, 两组儿童的 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 绝对值及 $\text{VO}_{2\text{max}}/\text{Ht}$ 均有明显增长, 但增长值在两组间没有明显差别。而 $\text{VO}_{2\text{max}}/\text{Wt}$ 、 $\text{VO}_{2\text{max}}/\text{LBM}$ 在观察期间变化不明显或略有下降。因此从上述结果中看不到训练对 8—11 岁儿童最大有氧活动能力的促进作用, 与 Kobayashi et al. (1978) 和 Falgairette (1993) 等研究结果相符。

训练对儿童青少年最大有氧活动能力的影响程度取决于训练强度、训练频率、每次训练持续的时间、训练期限以及个体初始的活动能力水平 (Wenger et al., 1986)。Wenger et al. 认为运动强度达 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 的 90%—100%、每周训练 4 次、每次运动 35—45 分钟的训练计划, 可以获得 $\text{VO}_{2\text{max}}$ 的最大提高, 而长期低强度的训练也能产生有效的变化。本研究游泳训练为每周平均训练 5 次、每次训练 1.5 小时, 符合 Wenger et al. 提出的训练要求, 但训练中强度最大时的心率平均为 140—160 次/分, 只相当于极量运动时最大心率的 70%—80%, 低于 Wenger et al. 提出的运动强度, 这可能是本研究未见到训练对儿童最大有氧活动能力促进作用的原因之一。

最大氧脉搏及最大耐受时间在训练组均明显高于对照组, 表明训练组儿童具有较高的心脏储备和输出功能, 以及较强的耐受能力。观察期间, 两组最大氧脉搏都有较明显的增长, 且在男童训练组的增长值明显大于对照组 ($P < 0.05$), 同样, 男童训练组的最大耐受时间在观察期间的增长值亦明显大于对照组 ($P < 0.05$)。表明 9 个月的游泳训练对 8—11 岁男童的心肺功能有一定的促进作用, 而对女童的影响不明显, 这可能与女童对照组生长发育超前有关, 8—11 岁的女童有些已进入青春发育期, 此时生长发育对最大有氧活动能力的影响可能超出训练的影响。

参 考 文 献

- 陈明达, 于道中. 1993. 实用体质学. 北京: 北京医科大学. 中国协和医科大学联合出版社, 139—143.
- Bruce RA, Blackmon JR, Jones JW et al. 1963. Exercise testing in adult normal subject and cardiac patients. *Pediatrics*, 32 (suppl): 742—756.
- Mirwald RL, Bailey DA. 1981. Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Ann Hum Biol*, 8 (5): 405—414.
- Kobayashi K, Kitamura K, Miura M et al. 1978. Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol*, 44 (5): 666—672.
- Falgairette G et al. 1993. Bioenergetic characteristics in prepubertal swimmers comparison with active and non-active boys. *Int J Sports Med*, 14 (8): 444—448.
- Sprynarova S. 1987. The influence of training on physical and functional growth before, during and after puberty. *Eur J*

Appl Physiol, 56: 719– 724.

Wenger HA, Bell GJ. 1986. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardio-respiratory fitness. Sports Medicine, 3: 346– 456.

THE EFFECTS OF SWIM DRILL ON MAXIMAL AEROBIC POWER OF CHILDREN

Guan Mingjie¹ Lin Wansheng² Zhang Yuqing³

Guan Yinghua³ Shao Lixin² Xiao Jianwen²

(1. Department of Child and Adolescent Health, Baotou Medical College, Baotou 014010)

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

(3. Beijing Teachers College of Physical Education, Beijing 100088)

Abstract

To evaluate the effects of 9 months swim drill on maximal aerobic capacity of children, 91 boys and girls aged 8 to 11 years were tested by using a treadmill running test. Forty-two swimmers (20 boys, 22 girls) were selected from the swim team of Haidian amateurish sports school in Beijing (the trained group) and 49 untrained ones (24 boys, 25 girls) with the normal physical activity level for their ages from common school (the control group).

The result demonstrated that the trained children increased more in body height, weight, lean body mass and vital capacity than those in the control group before and after observation. Most increase rates of morphological indicators did not emerge significant differences between two groups during the period of observation. It showed that both the trained and control group had the same velocity of growth. The trained group had greater vital capacity than control one (especially for boys), it meant that the swim drill would increase respiratory function of children.

The trained group had obviously higher VO_{2max} in absolute value and in several relative values than the control group. There were no significant differences in the increments of most indicators between the trained and control group during the period of observation. But the increments of maximal endurance time and VO_{2max}/HR_{max} were significantly higher in trained group than in control group of boys. It showed that the swim drill might improve cardiac and respiratory function of preadolescent boys, but there were no significant effects for girls.

Key words Swim drill, Children, VO_{2max}