

一九八五年运动员机能评定 论文汇编




COLLECTION OF PAPERS IN
EVALUATING THE FUNCTIONAL
STATES OF ATHLETES



国家体委科教司

1985·7 长沙

20635



前 言

运动员身体机能评定是提高运动技术水平的重要环节之一，是运动训练实践中不可缺少的手段。

近几年来，我们组织了国家体委科研所、上海体科所、北京运动医学科研所、湖南体科所、云南体科所、河南体科所、山西体科所以及国家体委训练局医务处等单位，集中对机能评定课题进行了近三年的探索和研究，于一九八五年告一段落。

本集所收内容主要是有关机能评定方法，评定指标及机能评定效果追踪等方面问题，涉及到心血管机能、气体代谢、综合指标、生化指标、形态指标和方法学等。其特点是由单一指标向多指标研究发展。手工操作计算向计算机应用发展。一些老指标则向更深入方向探索，由定性分析向定量分析发展，理论与实践结合得更紧密了。

机能评定研究是一涉及学科较广、难度较大的课题。今后还要不断探索，统一评定方法，制定评定标准、筛选有用的新指标，着力寻求无损的、无干扰的指标，使运动员身体机能评定更科学、更实用。

本集为运动员科学训练和进一步深入开展机能诊断、分析和研究，提供了可靠的参考数据和理论根据。可作为体育训练和研究工作的参考资料。

国家体委科教司

4533/04

目 录

优秀游泳运动员大运动量训练期间的超声心动图测定	(1)
优秀自行车运动员的专项生理机能评定	(6)
运动员最大摄氧量间接测定法及其适用性的研究	(13)
我国运动员心缩间期的正常值——269名正常运动员心缩间期的测定分析	(19)
短跑运动员运动量的生化评定	(25)
无氧阈测定在常人和运动员机能评定中的应用, 一, 基本原理	(31)
血清旦白成份评定运动员机能的研究	(42)
中长跑运动员身体机能综合评定方法	(48)
运动员心电图 $\Sigma T/R$ 变化与机能状态的关系	(54)
运动员的反应时跟踪测试与机能评定	(59)
中长跑、马拉松运动员机能状态综合评定的初步探讨	(64)
云南省中长跑、马拉松运动员心电图用Minnesota表评定其机能的初探	(72)
身体成份的测试及评定(中长跑运动员机能评定方法之二)	(78)
自行车运动员机能评定的方法、指标和标准	(81)
用血液动力流变学的方法对运动员进行机能评定的研究	(90)
运动员“无氧阈”非创伤测定及其预测法	(99)
我国若干项目优秀运动员体脂现状的调查分析	(100)
马拉松运动员集训前后心肺功能的动态观察	(102)
划船运动员血清铁旦白水平与最大有氧能力的关系初探	(103)
运动与血清铁旦白	(104)
不同项目运动应激后血清磷酸肌酸激酶和尿素氮的变化	(105)
划船运动员最大摄氧量和无氧阈的测定分析	(106)
运动员安静坐位心缩间期正常值	(106)
无氧阈测定在常人和运动员机能评定中的应用, 二, 在耐力运动员中的预测 和评定能力的意义	(107)
运动员有氧代谢功能的测定	(108)
64名运动员心电图的跟踪观察	(109)
运动员机能评定中血乳酸, 血红旦白的测定及测定部位的选择	(109)
中长跑、马拉松运动员机能评定中血红旦白的测定	(110)
心脏收缩间期测定在我省中长跑、马拉松运动员机能状态评定中的探讨	(112)

中长跑、马拉松运动员的最大吸氧量、PWC170机能试验和气体代谢功能的 评定	(114)
甲皱微循环与机能评定	(116)
中长跑运动员机能评定的数据分析方法初探	(118)
肺活量/体重指数在中长跑、马拉松运动员机能评定中的应用	(119)
一般形态、机能指数的测试及评定 (中长跑运动员机能评定之一)	(121)
血红蛋白的测试及评定 (中长跑运动员机能评定之三)	(122)
心电图的测试及评定 (中长跑运动员机能评定之四)	(124)
反应时的测定及评定 (中长跑运动员机能评定之五)	(125)
联系中长跑的训练实际进行机能评定 (中长跑运动员机能评定之六)	(126)
自行车运动员形态、机能选材	(128)
对我省青年女篮冬训前后的机能评定	(130)

优秀游泳运动员大运动量训练期间 的超声心动图测定

国家体委科研所运动医学研究室
翁庆章 牛雅镇 张之琛 杨伟钧

自1967年 Feignbaum 首先应用超声心动图测算心搏量以来,发展迅速,目前已广泛用于心脏功能和结构的测定。Morgan-roth等^①1975年发表题为“有训练运动员运动性左室肥大”。我国白洁心等^②于1979年报道了运动员超声心动图的测量分析。近几年来,国内关于运动员的超声心动图已先后发表了二十多篇文章,都是属于一次性的测定,在作横向比较时,由于仪器和测试方法不同,各种正常值之间往往有相当大的差别,除有些测试者自设对照组外,在不同文章的不同项目之间尚难以作出确切的比较。但总的趋势是,体育锻炼可引起心脏直径增大,左室重量增加,而且以耐力性项目(长跑、游泳、自行车)和力量性项目(举重)较为显著。

本文对我国优秀游泳运动员在1984年准备参加奥运会大运动量训练(冬训)前后作超声心动图的纵向比较,同时测定了PWC170。训练期为4个月,训练量为100万米(短距离项目)至150万米(长距离项目)试图探讨通过大运动量训练后,心脏功能和结构的改变以及与运动能力的关系。

研究对象 国家集训队18人(男12,女6);其中运动健将16人。一级2人;男组年龄为 20.08 ± 2.43 岁,从事游泳训练 6.16 ± 1.90 年。女组 15.16 ± 1.95 岁, 3.75 ± 1.46 年。受试者大部分(13人,72%)为83、84

年的全国游泳记录创造者或第一名。受试前作体检,包括X光、心电图、无心肺肾疾病。

研究方法 采用日本ALOKA SSD-IIOS 超声心动仪,用M型超声心动图的检查方法,主要探测了左心室波群,在冬训初期(83年11月)及冬训末期(84年3月底至4月初)各测试了一次安静状态下的超声心动图。现着重分析与运动员心脏储备能力较密切的诸参数。

表一结果表明,除心排出量受心率减缓的影响外,各项指标的均值都是末期优于初期,尤以心率、室间隔厚度、左室后壁厚度及幅度具有统计学的差异显著性。就各例先后的测定值比较,多数人(14例,77%)在冬训末期有提高。

以18人材料对比本人在冬训后的运动成绩,其中15人(83%)与运动成绩的升降一致(12人成绩提高,3人成绩下降或无提高);3人(17%)与运动成绩不一致。

由此可见,通过4个月的集训,大多数人的心脏能力增强。表现在结构上:室间隔和左室后壁厚度增加,即左室力量增强;收缩力方面:左室后壁幅度增大;左室泵功能方面,心搏量,射血分数增大。以上表现,均意味着心脏储备力加强,有完成更高运动负荷的潜力。

表 1

大运动量训练前后的超声心动图测试结果 (N=18)

	冬训初期	冬训末期	P 值
(1) 心率(HR)次/分	59.83±8.58	56.61±8.37	P>0.05
(2) 每搏量(SV)毫升/次	110.66±34.50	115.30±42.17	NS
(3) 心排出量(CO)毫升/分	6530.66±2148.38	6394.96±2069.0	NS
(4) 左室后壁收缩速度mm/S(LPWV)	40.99±7.71	43.30±8.78	NS
(5) 左室小轴缩短率(D%)	36.30±5.40	38.41±8.15	NS
(6) 室间隔收末厚度mm(IVSTs)	16.33±2.95	17.47±3.84	P<0.05
(7) 室间隔舒末厚度mm(IVSTd)	10.83±1.77	12.02±1.67	P<0.01
(8) 左室后壁收末厚度mm(LPWTS)	18.05±2.26	18.97±2.31	P<0.01
(9) 左室后壁舒末厚度mm(LPWTD)	11.16±1.35	12.02±1.17	P<0.01
(10) 左室后壁幅度mm(LPWWe)	12.16±2.12	13.30±2.62	P<0.02
(11) 左室收末内径mm(LVIDs)	33.44±3.95	33.52±3.51	NS
(12) 左室舒末内径(mm)(LVIDd)	52.58±5.21	53.16±5.37	NS

PWC₁₇₀测定

研究方法: 负荷采用Monark664型功率自行车, 按卡尔普曼方法进行试验并计算, 计进行二次蹬车负荷, 每次蹬车4分, 在第3分半至4分钟间记录稳定状态心率, 二次

负荷间休息4分钟。根据 Astrand 和 Bers-tron 公式计算最大摄氧量 (VO₂ Max = 2.2 × PWC₁₇₀ + 1070); 推算了第二次负荷搏功 (第二次负荷搏功 + HR值)。结果见表二:

表 1

PWC₁₇₀ 试验结果 (男12, 女6)

		冬训初期	冬训末期
PWC ₁₇₀ 平均值(千克米/公)	男	1511.60±309.45	1585.91±379.48
	女	905.16±207.09	1027.76±188.54
PWC ₁₇₀ 公斤体重值(千克米/公斤·分)	男	20.72±3.05	21.63±3.53
	女	16.36±2.97	17.99±2.90
最大摄氧量(毫升/分)	男	4391.96±679.72	4559.01±534.86
	女	3061.36±455.60	3331.08±414.80
二次搏功(千克米/次)		1045±2.94	11.43±3.73
		6.23±1.59	7.40±2.18

以上结果指出, 通过冬训从总体上看, PWC₁₇₀的有关值均有所提高, 意味着心肺功能有改善, 但是在18例中, 有2例下降, 3例无增加, 因此各参数的均值从冬训前后

相比虽有差别, 但此差别被其中小部分的下降和不增者所抵消了, 故在数理统计的差异性不显著。

如将男运动员按能进行正常系统训练

(10人)与不能进行系统训练(2人)分组,则正常系统训练者在冬训前后的 $PWC_{1.7}$ 平均值、每公斤体重值及最大摄氧量等值均有统计学上的显著性差异。

值得引人注意的是,冬训前后对比,作功下降者其运动成绩也下降;作功增高者大部分运动成绩也提高。作功的升降与运动成绩增减的符合率为78% (14/18);两者不符合者为22% (4/18);作功提高而成绩降低者有之,作功降低而成绩提高者则没有。由此可见,心血管能力是提高游泳成绩的重要因素之一。

本文同时记录超声心动图和 $PWC_{1.7}$ 的18人中,其中83%人(15人,即测定值增长者12人,下降者3人)两者的增减一致。增

长的12人中,即全体受试者的2/3,通过冬训提高了本人成绩,包括创造6项全国游泳纪录。

对男组12人的 $PWC_{1.7}$ 的公斤体重的千克米值与超声心动图的左室壁厚度作相关系数计算,亦显示有一定相关。在冬训前 $r=0.82$,为密切相关;在冬训后 $r=0.42$,为一般相关。

以本文男组12人的超声心动图测定值与1979年国家游泳队男9人的材料相比,前者有明显的提高。可见我国国家游泳队的一线队员在这几年的发展阶段上,运动成绩的提高与心血管能力的增强有显著的一致性。见表三:

表3 本文男运动员与1979年男优秀游泳运动员及1984年国家水球队运动员超声心动图诸值之比较

	79年白洁心N=9		84年本文N=12		84年水球运动员N=9
室间隔收缩末期厚度mm	15.69±2.59	→ P<0.01 ←	18.83±2.24	→ NS ←	17.94±2.87
室间隔舒张末期厚度mm	10.05±0.74	P<0.001	12.84±1.13	NS	12.89±3.68
左室后壁收缩末期厚度mm	16.33±2.23	P<0.001	19.91±1.71	NS	18.39±0.99
左室后壁舒张末期厚度mm	10.11±0.54	P<0.001	12.58±0.70	NS	12.28±1.15
左室收缩末期内径mm	36.11±3.32	NS	34.08±3.05	NS	33.28±2.14
左室舒张末期内径mm	55.33±3.52	NS	55.75±4.44	NS	52.50±5.01
心率次/分	58.78±6.5	NS	55.66±6.68	NS	55.0±4.79
每搏量毫升/次	120.15±20.47	NS	135.99±35.56	NS	110.92±36.02
射血分数%	72.2±9.2	P<0.05	76.60±5.41	NS	73.60±6.78
心排出量毫升/分	7630±1490	NS	7430.70±1660.84	NS	6018±2250

讨 论

一、运动训练与心脏结构及机能的关系
文献报道的说法不一。Snoeckx^②报告19人训练了二个月心脏大小(IVS, LVID, LVPW)无显著改变。而Hickson^③的实验却提出,对成人(29岁)每周6次,每次40分钟的大强度训练,10周后,左室重量即有

增加。Wolfe^④则坚持3—6个月的耐力训练也不会改变心脏结构的观点。本文同意Peronnet^⑤的论点,即短期训练不引起心脏增大,但最大摄氧量有显著增加;长期和大强度的训练可引起心脏增大,并认为无论是左室体积增大还是室壁增厚,均有助于提高运动能力。Wyatt^⑥的动物实验报告,也支持上述观点。即狗经12周有规律的训练后,

左室壁厚度和质量均有显著增加,同时指出:在初期为舒末容量增加,后期才是左室壁增厚。本文意见认为,凡是未见左室增厚者,可能是运动的周期还不够长。

本文运动员都为青少年,运动量平均每日游程在万米左右,历时有4个月之久,中上以上的强度达80%,负荷超过国内以往水平,算比较偏大的。在心脏结构上表现出明显增厚的改变,在功能上也有提高的趋向。因而支持如本文包括相当高强度的耐力训练确可引起心脏结构和功能上发生适应性提高的变化。杜宏凯^①等在耐力、速度、力量三组运动员当中亦见到耐力组的左室腔径和厚度值(经体表面积校正)显著较其他两组大。本文认为训练引起的心脏改变,要考虑到运动量、强度、持续时间以及年龄诸因素,还有一个不容忽视的即训练水平,如训练程度已经很高,再提高的幅度就会有限,不一定显示出训练前后差异的显著性。

①本文左室内径在冬训前后基本无变化,可能是他们已经历了3—6年训练,内径已达到相当水平(超过水球运动员的值)不易再增。再者,在训前的一个月停训调整期对它也没有什么影响。而Ehsani^②报道停训3周,左室内径及室壁厚度却有明显缩小。

②、心血管能力与运动成绩提高的关系

②1978年Ehsani^②报道8名(7男1女)美国圣·路易斯大学游泳运动员,每周练6课,每课在2小时内游5—7000码,在9周训练期测定了4次(第、3、5、9周)安静超声心动图。见到左室逐渐增厚,如左室舒末直径由 48.7 ± 1.7 增至 52 ± 1.7 mm ($P < 0.005$);左室后壁由 9.4 ± 0.4 增至 10.1 ± 0.4 mm ($P < 0.005$),左室舒末容积指数、质量和搏出量也明显增加。同时还测定最大摄氧量也由 51.8 ± 2.0 增至 59.7 ± 2.6 毫升/公斤·分 ($P < 0.005$)。该作者认为运动训练较快地引起了左室大小出现适应的变化,

而且与慢性充盈性的过度负荷心脏改变相仿。该文虽未提到运动成绩,但从心脏能力及最大摄氧量的明显改善来看,及考虑到最大摄氧量的提高和运动员的耐力增高有相关已是比较公认的事实,因而推测超声心动图测得的心脏各值也可在一定程度上反映运动能力。

游泳竞赛的最短距离为100米,需时1分左右,属于周期性耐力项目。本文超声心动图左室厚度及PWC170做功的增长与本人游泳成绩提高有密切关系,可在相当程度即80%左右(分别为83%及78%)反映及预示本人运动能力的增长情况。超声心动图及PWC170测定心脏能力下降,其运动成绩也差的3人中,有两人有明显的过度训练症状(其中一人在训练中经常出现神经性呕吐,脑电检查亦符合神经系统疲劳,另一人兼有外伤不能系统训练,一人原因不详),亦反映下降的一致性。

从本文训练前后的材料对比以及表三所列本文与79年国家队员超声心动图的左室泵血功能、左室舒末容积等指标都有明显提高来看,可以认为游泳运动员的心血管功能是游泳成绩提高的重要基础。

本文受试者与同期国家水球运动员在体表面积相近(分别为1.90、1.94m²),其心脏指数($CI = CO / \text{体表面积}$) 3.95 ± 0.89 , 3.04 ± 1.03 , $P < 0.05$)明显为佳,在心脏结构及功能各值均超过后者,显示游泳运动员心血管耐力优势的特点。

小 结

1.我国优秀游泳运动员(男12,女6),在进行4个月大运动量训练前后的超声心动图测试的对比表明:通过训练,在心脏结构上,室间隔和左室后壁厚度有明显增加;在左室泵功能,如每搏量、射血分数、左室小轴缩短率也有增大趋势,这意味着心脏储备

力加强,有完成更高运动负荷的潜力。

2. 超声心动图的左室厚度及 $PWC_{1.70}$ 作功的增长与本人游泳成绩提高有一定关系,可在相当程度即80%左右(分别为83%及78%)反映本人运动能力的增长情况,因此通过训练后,可在赛前用此两项测试预示运动成绩提高的可能性。

3. 本文同时记录超声心动图和 $PWC_{1.70}$ 的18人中,其中83%的人两者测定值的增减一致。因此可以 $PWC_{1.70}$ 这种较简易的指标代替技术设备较复杂的超声心动图的测定来反映心血管能力,即初步探讨了左室厚度与 $PWC_{1.70}$ 作功之间有一定的相关。

参 考 文 献

1. Morganroth Jet al: Comparative left ventricular dimension in trained athletes. *Ann Int Med* 82 (4) : 521, 1975

2. 国家体委体育研究所运动医学研究室等: 98例运动员超声心动图测量与初步分析。体育科技资料(运动医学专辑) 23—24期, P29—35, 1979

3. Snoeckx, LHEH, et al: Cardiac dimensions in athletes in relation to variations in their training program *Eur J Appl Physical* 52 (1) 20—28, 1983

4. Peronnet F et al: Echocardiography and the athlete's heart *The physician and Sportsmedicine* 9 (5) : 103—112, 1981

5. 陈尚恭等: 应用超声心动图检测运动员的左心功能
中华物理医学杂志 3 : 1, 1981

9. Hicks on, RC et al: Reduced training duration effects on aerobic power, endurance and cardiac growth *J Appl Physiol* 53 (1) : 225, 1982

7. Nolfe, LA et al: Effect of endurance training on left ventricular dimensions in healthy men *J Appl physiol* 47 (1) : 207, 1979

8. Wyatt, HL et al: influence of physical training on the heart of dogs *Circulation Res.* 35 : 883, 1974

9. 杜宏凯等: 超声心动图运动负荷实验对不同训练类型运动员左室功能的研究, 待发表资料

10. Ehsani, AA : Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning *Am J Cardiol* 42 : 52, 1978

11. 黄高幼: 水球运动员的心脏结构的研究。待发表资料

优秀自行车运动员的专项生理机能评定

国家体委科研所运动生理室

缪素莹 王淑云 许帆 技术协助 宋丕芳 邱小超

出色的有氧能力和强有力的心血管系统功能是公路自行车运动员的典型特点。良好的无氧能力既是场地运动员必须具备的专项机能，也是公路运动员在冲刺时所不可缺少的。本文目的是通过对自行车运动员专项生理机能——有氧和无氧能力的评定，发现限制我国自行车运动成绩提高的主要因素，以便为训练提供生理学依据。

研究对象和方法

73名参加1985年全国公路和场地比赛的男女自行车运动员，公路组以国家集训队员为主，场地组为团体赛前三名的省市队成员。经体检未见异常。

试验于早餐后1.5—2小时进行。先做一般体检，询问病史、训练史，测脉搏、血压、心电图、（其中40人测超声心动图和x光胸透）肺活量、血色素、身高、体重和皮脂厚度。按铃本^[2]和Brozek^[3]公式计算称体比重和体脂%，并算出体总脂肪量和去脂体重。

本文采用有氧、无氧综合运动试验，程序如下：

（一）无氧能力试验：采用30秒全力快蹬（即Wingate Test），测试前对受试者讲清目的和要求，取得合作。轻微准备活动后，受试者静坐在Monark功率车上，测安静 $\dot{V}O_2$ 后，做轻阻力快蹬。然后在3—5秒内阻力由零升到指定负荷（阻力以个人去脂体重 $\times 0.075$ ），试验期间始终给以口头鼓

励。用心电图机记录每秒踏蹬圈数（纸速50mm/s）和心率，用Beckman代谢仪连续分析运动时和恢复期3分钟 $\dot{V}O_2$ ，运动后4分钟取耳血测乳酸（采用Barker & Summerson改良法），按下列公式计算无氧功率：^[4,5]

30秒平均无氧功（An30）

$$= \frac{\text{总圈数} \times \text{周长} \times \text{阻力(kg)} \times 2}{6.12} \text{ (瓦)}$$

5秒功率峰值（An5）

$$= \frac{\text{最高的5秒圈数} \times \text{周长} \times \text{阻力} \times 12}{6.12} \text{ (瓦)}$$

最大非乳酸性无氧能力（ALCmax）

$$= \frac{(ne + \dot{V}O_2 - 550) \times 0.6 \times 21}{\text{体重(kg)}} \text{ (焦耳/公斤)}$$

（二）有氧能力测定：无氧试验后休息一小时，以每级3分钟、50瓦递增的逐级负荷至精疲力竭。男子起始100瓦，女子50瓦。用Beckman代谢仪连续分析 $\dot{V}O_2$ 变化，直到随功率增加， $\dot{V}O_2$ 不再增长时为 $\dot{V}O_{2max}$ ，同时记录功率和心率，每级末及运动后3分钟取耳血测乳酸。用Mader方法^[6]，以Apple I微型机计算无氧阈值(AT)。每次试验前后用标准气样校准Beckman代谢仪。

结果与讨论

（一）我国自行车运动员的身体成分

表1示运动员的一般身体特点。男子场地组的体重和去脂体重略大于公路组。并发

现场地运动员的去脂体重与1000米争先、1公里计时赛的成绩呈中—高度负相关, $r = -0.632, p < 0.01$ 。提示发达的肌肉群对场地短距离成绩具有重要意义。此外, 我国自

行车运动员的体脂%属适中型⁽⁹⁾, 除女子场地组外, 低于日、美、英、新西兰的优秀选手。我国女运动员去脂体重超过日本, 男子低于美、英、与日、新西兰选手相近⁽⁷⁾。

表 1 运动员一般身体情况 ($\bar{X} \pm SD$)

项 目		男子场地组N=32	男子公路组N=10	女子场地组N=24	女子公路组 N=7
指 标	年 龄(岁)	19.6±2.8	21.1±2.6	19.8±2.2	21.9±2.6
	训练年限(年)	3.2±2.1	4.1±2.9	3.0±2.7	4.6±2.8
	身 高(厘米)	176.3±3.5	176.0±4.5	167.2±3.3	166.7±3.5
	体 重(公斤)	71.1±5.7	68.0±6.2	62.4±4.6	60.4±2.9
	去脂体重(公斤)	63.2±4.5	61.0±4.5	51.3±4.3	52.3±2.3
	体 脂%	10.2±1.9	9.39±1.0	15.79±4.1	13.3±1.5
	肺 活 量(毫升)	5051.6±644	5473±670	3829±404	3800±341
	血 色 素(克)	15.0±1.1	13.7±0.9	13.0±2.7	13.3±1.5

(二) 我国自行车运动员的有氧能力

(1) 最大吸氧量($\dot{V}O_2 \max$): $\dot{V}O_2 \max$ 是反映运动员有氧能力的可靠指标。许多研究证明其与耐力成绩显著相关。表 2 示我国自行车运动员的 $\dot{V}O_2 \max$ 值。个别运动员达 4.9 升/分。男子组均值略低于上届奥运

会集训队的 4.68 升/分和 68.6 毫升/公斤·分^[1, 6]。我国男子公路组的 $\dot{V}O_2 \max$ 相对值和绝对值均不同程度低于苏联、瑞典、西德意大利和日本^[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 27] 等同类优秀选手。但我国女子公路运动员的 $\dot{V}O_2 \max$ 绝对值高于日本女选手。

表 2 最大吸氧量和无氧阈各参数 ($\bar{X} \pm SD$)

组 别	男 子		女 子		
	场地组 N=10	公路组 N=7	场地组 N=14	公路组 N=7	
指 标	最大吸氧量(升/分)	4.29±0.47	4.44±0.29	3.25±0.25	3.48±0.22
	最大吸氧量(毫升/公斤·分)	61.0±6.63	66.6±5.17	51.5±5.08	57.8±4.98
	最高心率(次/分)	187.1±6.49	186.7±8.25	184.6±8.80	184.3±5.73
	氧脉搏(毫升/搏)	23.1±2.71	23.2±2.84	17.7±1.78	18.7±1.51
	呼吸商	1.20±0.09	1.25±0.08	1.15±0.10	1.15±0.05
	肺通气量(升/分)(ATPS)	142.7±12.99	137.3±22.7	105.4±11.2	109.8±14.4
	血乳酸(mmol/L)	10.7±1.62	12.6±1.39	10.4±1.13	11.2±0.93
	功率(瓦)	365.7±44.8	382.1±46.2	281.3±33.4	272.2±20.5
无氧阈(La在4mmol/L)	255.5±29.2	281.8±36.5	198.1±23.3	205.2±26.9	

(2) 无氧阈值(AT): $\dot{V}O_{2max}$ 与心肺功能的关系比较密切, 而AT能更敏感地反映运动器官工作肌群的氧化代谢能力。研究证明^[18、19], AT与耐力项目成绩呈高度相关。随耐力运动成绩提高, 当 $\dot{V}O_{2max}$ 不再提高, 而AT继续增长^[8]。本文AT测值与 $\dot{V}O_{2max}$ 高度相关, $r=0.806, p<0.01$ 。测值明显低于西德优秀自行车运动员^[10、21]。

在AT时的 V_{O_2} 水平是反映 $\dot{V}O_{2max}$ 的利用率。西德4名世界级公路选手的 V_{O_2} 为他们 $\dot{V}O_{2max}$ 的82%, 我国4名优秀选手为76%, 场地运动员为74.5%。提示在乳酸开始堆积之前, 西德运动员比我国运动员能达到更高的 $\dot{V}O_{2max}$ 水平, 能完成更大强度的运动负荷。

(3) 我国优秀男子公路运动员的最大有氧功率和100公里世界冠军比赛时平均功率水平的差距:

要使我国100公里成绩提高到奥运会冠军的水平, 即时速51公里/小时(=14.2米/秒)。那么按照“国自联”和意大利奥委会颁布的自行车骑行阻力系数和计算公式^[20], 以我国运动员体重计算, 比赛时平均机械功率大约为540瓦。而根据我国最优秀选手的 $\dot{V}O_{2max}$ 推算其最大有氧功率大约为430。因此, 我国优秀选手的最大有氧功率只相当于奥运会100公里冠军比赛时平均功率的80%左右。而实际上在长时间比赛过程中的氧耗量水平低于他的 $\dot{V}O_{2max}$, 机械效率也可能低于25%。这是导致比赛时速低于国外优秀选手, 后半程时速下降以及赛后血乳酸浓度偏高的主要原因。但我女子公路运动员的有氧功率与世界水平的差距相对较小。

综上所述, 有氧能力不足是限制公路自行车运动成绩提高的关键因素。

(4) 提高有氧能力的途径: Fox^[9]曾指出, 人体的有氧系统能力93%决定于遗传。乳

酸系统能力81%决定于遗传。多数学者认为经过训练 $\dot{V}O_{2max}$ 有可能提高20—30%^[15], 根据我们的多年观察, 有一般耐力训练的16—17岁青少年, 经过4年场地自行车训练, $\dot{V}O_{2max}$ 绝对值提高了11.3%; 平均20岁有训练的青年运动员, 经过4年训练后 $\dot{V}O_{2max}$ 提高了7.2%^[9], 两者相加不足20%, 说明有氧训练方法值得改进。但训练对 $\dot{V}O_{2max}$ 的影响毕竟是有限的, 尤其在成年以后。我们认为, 要改变我国耐力运动成绩的现状, 必须较大幅度提高运动员的有氧能力。因此, 除了改进有氧训练方法外, 从长远观点出发必须从选材抓起。鉴于 $\dot{V}O_{2max}$ 发展的年龄特点, 在13—14岁时期有一个实增期, 说明这时期有利于发展他们的有氧能力。如果我们能发现 $\dot{V}O_{2max}$ 达到4.0升/分或70毫升/公斤·分左右的少年, 那么经过系统训练, $\dot{V}O_{2max}$ 也许能提高20—30%, 到成年后有可能超过5升/分, 这种可能性是有的^[15]。目前有些国家已采用早期全面训练^[4], 通过少年比赛发现有氧能力出众的苗子值得注意。

此外, 鉴于自行车比赛是借助于工具的运动, 运动时肌肉做功主要用于克服体重加车重与地面的摩擦阻力, 以及空气阻力, 而不是直接移动体重。因此, 提高运动员 $\dot{V}O_{2max}$ 的绝对值对比赛具有更重要的意义。

(三) 我国自行车运动员的无氧能力

根据我们以往的研究^[1], 场地比赛后的血乳酸浓度均值达到15mmol/L以上, 即使比赛时间为11—12秒的争先赛后也达到10mmol/L。并且发现赛后血乳酸浓度与1000米计时赛成绩呈中等度负相关($r=-0.49, p<0.05$)。表明运动员的无氧酵解能力对场地比赛成绩有重要意义。

30秒无氧功测值表明(表3), 男子场地组的An30、An5、ALCmax和ne+ $\dot{V}O_{2rec}$ 均大于公路组。前三名优秀选手的An30、

An5 和 $\Delta L C_{max}$ 相应为 606.5 ± 0.36 、 682.9 ± 37.9 瓦和 620.3 ± 64.8 焦耳/公斤, 高于一般运动员, 与文献报导一致^[25, 28]。

我们发现 An30 与场地 1000 米争先, 1 公里计时及 3 公里追逐赛成绩呈中——高度

负相关, $r = -0.62 - -0.87, p < 0.01$ (图 1)。表明无氧功率与场地成绩有着密切的关系。14 名运动员的动态观察结果, 经 8—9 周大强度训练后无氧功率测定值随无氧训练程度提高而增长。两次测定高度相关。

表 3 30秒无氧功试验各参数值 ($\bar{X} \pm SD$)

组	别	男子场地组 N=32	男子场地组 N=10	女子场地组 N=24	女子场地组 N=7
指	An30				
	瓦	559.6±52.2	△△ 528.9±44.7	414.8±34.4	420.2±24.6
	瓦/公斤	7.88±0.54	△△ 7.86±0.68	6.68±0.43	6.98±0.51
指	An5				
	瓦	625.7±75.3	△△ 605.7±63.2	46.20±44.1	467.1±23.8
	瓦/公斤	8.95±0.69	△△ 8.99±0.55	7.11±0.66	7.89±0.69
标	ALCmax 焦耳/公斤	** 592.2±57.8	△ 534.0±91.8	479.1±45.3	469.0±55.1
	VO ₂ (30") 升/分	** 3.00±0.57	△ 2.718±0.69	2.11±0.47	2.10±0.33
	ne±VO ₂ rec 升	** 3.894±0.45	△△ 3.410±0.38	2.745±0.35	2.790±0.19
	血乳酸 mmol/L	10.33±1.11	10.93±2.15	9.34±1.69	10.70±2.37
	心率(30") 次/分	168.7±8.4	168.1±11.8	161.3±9.5	159.1±9.2

*F 试验 $F=25.9$ 42.0 $F > F_{0.01}$ $P < 0.01$

△性别差异 $\Delta P < 0.05$ $\Delta\Delta P < 0.025$

·项目差异 $\cdot P < 0.05$ $\cdot\cdot P < 0.025$

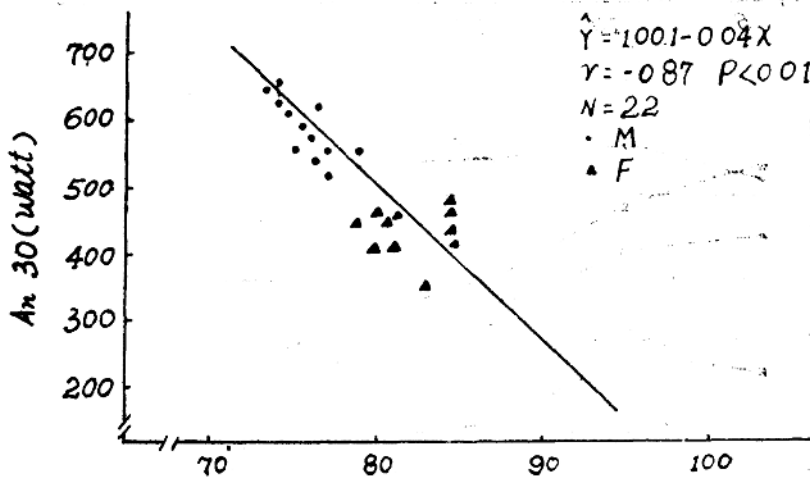


图 1 An30 和 1000m 计时赛成绩的相关和回归

将我国运动员的无氧功测定值与国外选手比较, 发现我国女子场地运动员的 An30 低

于日本女选手^[17], 我国男子场地运动员则低于西德、日本、英国、美国和新西兰选手

(7)，也低于英、美中跑运动员^(25、26)。

我国最优秀的1—3公里的男子场地运动员的30秒平均无氧功率接近1公里世界记录(1:02.547")比赛时的平均功率水平。但无氧功率曲线随时间延续而下降(图2)。70%的运动员无氧功率峰值出现于第6—10秒，11—15秒后迅速下降，第15—20秒显著低于

峰值。如比赛时间延续至1分钟以上，则无氧功率必然进一步下降，多数学者认为10—15秒的高峰值是由ATP—CP系统供能，此后糖酵解供能的比例迅速增长，有氧供能也占一定比重。我们发现1—3公里的优秀选手，其无氧功率曲线下降坡度明显缓慢(图3)，提示其糖酵解能力较强，因此能保持

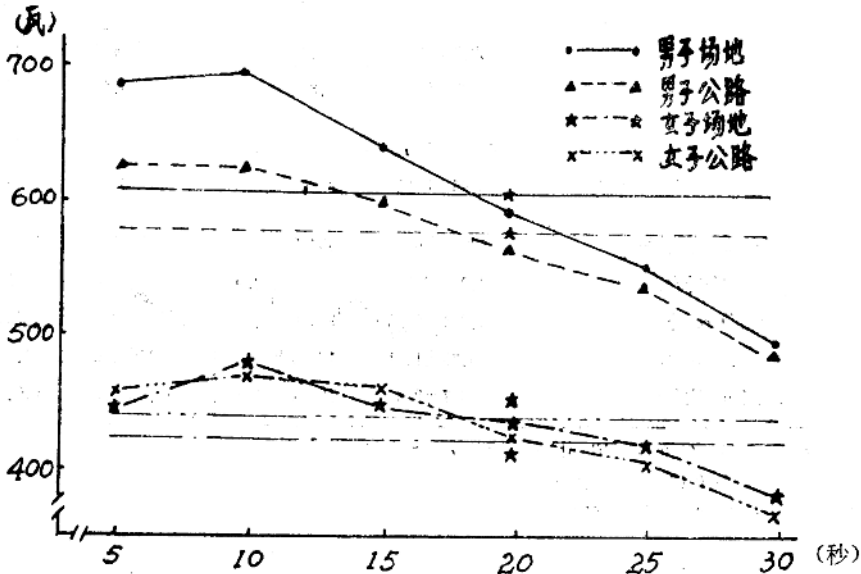


图2 场地和公路运动员无氧功曲线比较

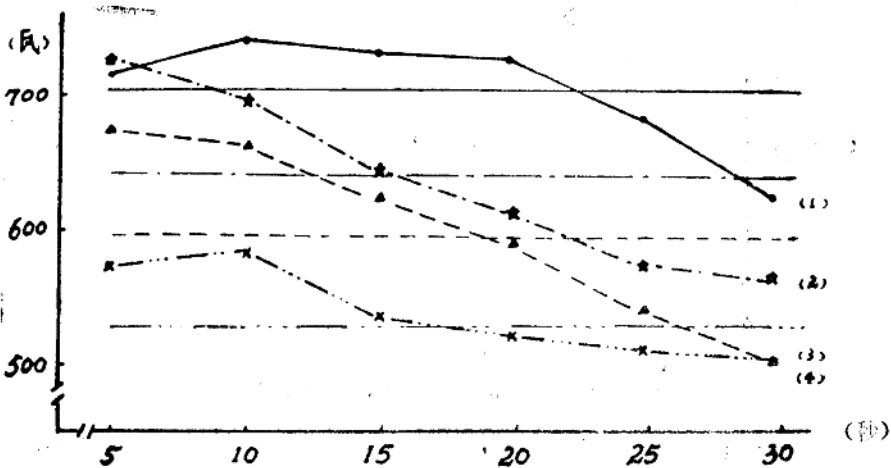


图3 300M个人追逐赛第1、2、3、4名运动员无氧功曲线、细线为 $An^{3.0}$

高速度的时间也愈长。由此可见,耐乳酸性无氧能力不足是限制场地成绩提高的重要因素。

值得注意的是,有氧能力是场地运动员无氧能力发展的基础。我们的实验表明,具有良好无氧能力、成绩优异的运动员,在30秒竭力运动时的氧耗量可以达到3.5升/分以上,为他们 $\dot{V}O_2\max$ 的80%左右。

小 结

(1) 本文论述了我国公路自行车运动员的有氧能力不足是限制运动成绩提高的重要因素,女子公路运动员的有氧能力和世界水平的差距相对较小。

(2) 提出了发展我国公路运动员的有氧能力,除了改进训练方法外,应注意选拔有氧能力出众的少年加以科学训练。

(3) 论述了无氧能力(主要是乳酸性无氧能力)不足是影响我国场地自行车成绩提高的重要因素。

(4) 本文所得 $\dot{V}O_2\max$ 、AT、和无氧功率测值,可以作为现阶段评定自行车运动员有氧和无氧能力的参考标准。

注:本文得到国家体委自行车处冯荣照、王建国同志和各队教练员、运动员的大力支持和协助,特此致谢。

参考文献

1. 缪素堃、王淑云:对发展不同项目自行车运动员无氧和有氧能力的初步探讨,中国运动医学杂志,1983、2卷2期、27—32
2. 铃木等:日本陆上竞技联盟科学委员会编,日本陆连方式体力测定法。讲谈社,1975
3. Brozek J, et al: Densitometric analysis of body composition: Review of some quantitative assumptions, Ann,

N.Y. Acad. Sci. 110, 113—140, 1963

4. Michael, N. Sawka, Maria V. et al. Lactic Capacity and Power reliability and Interpretation, Eur. J. Appl. Physiol, 45, 100—106 1980

5. Fox, E. L. Measurement of the maximal lactic (Phosphagen) Capacity in Man, Med. Sci. Sport, 5: 66, 1973

6. 王淑云, 缪素堃等:我国优秀自行车运动员的最大吸氧量,中国体育科技, 1983. 1. 17—21

8. Mader A, et al: Zur Beurteilung aer Sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit in labor, Sportarzt and Sportmed, Heft 5. 1976. 109—112

9. Fox, E. L. Sports Physiology, W. B. Saunders Company, London Toronto, 1976

10. Ken J, et al Spormedizinische untersuchungen Zur Beurteilung verschiedener Techniken in Radsport, Leistungs-Sport, Berlin, 10, 40—4, 1980

11. Ekoblow, B. et al: Cardiac output in Athletes, J. Appl. Physiol, 25 (5), 616—668

12. МД. Быкв. В. Ф. Овченников эргометрические исследования специальной выносливости велосипедистов оавшоссей ноков. Теор и Прак. Физ. кул, 5, 25—27, 1979.

13. Hagberg, J. H. et al: Comparison of the three procedures for measuring $VO_2\max$ in competitive Cyclists, Eur. J. Appl. Physiol, 39(1) 48—52, 1978

14. J. Vrizens, et al: Physiological Profile of Competitive road cyclist.

ts, J. Sports Med. 22, 2, 207- 1982

15. Hollmann, W. et al; Sportmedizin-arbeits and Trainings-grundlagen. F.K. Schattauer verlag, stuttgart, 1980. S. 653

16. Malhotra, M.S. et al; Physiological basis for selection of Competitive road cyclists, J. Sports Med. 24, 49-57 1984

18. Föhrenbach, R. Liesen, H. et al; Die Ausdauerleistungs fähigkeit Deutscher Spitzenathletinnen mit Wettkampfs trecken vom sprint bis zum Marathonlauf, Sport; Leistung and Gesundheit, Kongress Deutsche Sportärztekongress 1982 Köln, 555-562

19. Liesen, H. et al; Trainingsstörung in Hochleistungssport, einige Aspekte and Beispiele, Dt. 2. Sportmed, 1, 36, S. 8-14 1985

20. C.O.N.I. Central Sports School F.I.A.C (1672) Cycling. Rome, C. 152-154

21. HeB, G. et al; Die Amdanerleistungsfähigkeit von sportlern Verschiedener Disziplinen, Zn; Sport, Leistung and Gesundheit, Deutscher Ärzte-verlag köln, 1983 519-524

22. Uader, A. et al; simulati ve

Berechnungen der dynamischen Änderungen von Phosphorylierungspotential Laktatbildung und Laktatverteilung, beim sprint, Dt. Z. Sportmed. 34, 1, S. 14-22 1983

23. Margaria R. et al; Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in Man, J. Appl. Physiol. 19(4)623-628, 1964

24. Ayalon, A. et al; Relationships among measurements of explosive strength anaerobic power, Znt. series on Sports sciength and anaerobic power, znt. series on Sports sciences, Vol. 1, Biomechanics IV, 1974, 572-7

25. Tannton J.E, et al; Anaerobic performance in middeés and long distance renners, Can. J. Appl. Sports Sci. 24, 6: 3 109-113

26. Gerald D et al; Meaurement of anaerobic power and capacity in elite young track athletes using the Wingate test, J. Sports Med. 24, 100-108, 1984

27. A. Veicsteiuas, M. Samaja, et al; Blood O_2 affinity and maximal O_2 consumption in elite bicycle racers, J. Appl. physiol. 57(1): 52-58, 1984

运动员最大摄氧量间接测定法 及其适用性的研究

上海体育科学研究所运动医学生理研究室
陈文培 樊建信 彭平权 杨国蕾 董云珊

最大摄氧量作为反映人体心肺功能水年和有氧工作能力的有效指标之一,近20余年来广泛应用于运动员的机能评定和训练实践,对估计耐力训练水平,观察有氧训练效应和制定科学训练计划具有相当的价值。但是,由于测定的仪器设备复杂、方法程序繁琐和运动负荷量大,给广泛应用带来了一定困难,因此,学者们相继研究报告了一些间接估测的方法和公式^[1-6]

研究表明,极限下负荷心率和最大摄氧量之间存在着一定的相关关系。Astrand (1954)和Fox (1973)根据这种相关关系分别建立了以极限下负荷心率估测最大摄氧量的列线图和回归方程式^[1,8]。鉴于最大摄氧量测定值的大小受多种生理因素的影响,近几年有些学者为了提高估测的精确度和适

用性进一步提出了一些用于间接测定的方法和多元回归方程式^[4-7]。

本文目的在于,根据我们自己的实验资料,推导相应的回归方程,以提供一种切合我国运动员实际情况、精确度较高而且便于推广应用的间接测定最大摄氧量的方法。

对象和方法

对象:参加集训的运动员141人,其中男84人,女57人;健将11人,一级和二级者66人,三级及其以下者64人;平均年龄 19 ± 3 岁,平均训练年限 3 ± 2 年;运动项目包括田径、划船、自行车、游泳、篮球、网球等;均经病史和一般检查证实属身体健康、无明显心血管和呼吸疾病者;他们的身体基本情况见表一。

表1 研究对象的基本情况 (均值±标准差)

人数 (人)	年 龄 (岁)	训练年限 (年)	身 高 (厘米)	体 重 (公斤)	收缩血压 (mmHg)	舒张血压 (mmHg)	安静心率 (次/分)	最大摄氧量	
								(升/分)	(毫升/分 公斤)
男 84	19.83±2.71	2.99±2.25	179.33±6.78	69.12±8.70	120±10	73±9	60.48±8.58	3.76±0.67	54.62±8.87
女 57	18.58±2.96	3.18±2.54	167.65±6.11	60.43±10.93	110±10	68±8	65.35±8.15	2.73±0.51	45.71±6.64
合计 141	19.33±2.88	3.07±2.37	174.61±8.68	65.60±10.57	116±12	71±9	62.45±8.74	3.34±0.79	51.02±9.16

仪器:采用西德西门子生产的心肺功能测试仪(Siregnost FD88S)和配套的

自行车功率计(Ergometer EM380B)。试验前仪器均经校正和标定。标准气样由上海