

国外1英里跑最大摄氧量估测方程比较研究

孙忠伟¹, 张冰², 马永平¹

(1. 新疆大学体育教学研究部, 新疆 乌鲁木齐 830046;
2. 清华大学体育与健康科学研究中心, 北京 100084)

摘要:通过文献资料法、实验法和数理统计法,对国外1英里跑最大摄氧量估测方程进行梳理,并筛选出经典的、利用率和准确性较高的,采用实验室测试对其准确度进行比较分析。研究结果显示:国外1英里慢跑方程是比较理想的最大摄氧量估测方程,可以应用到中国大学生的最大摄氧量估测,具有较好的一致性。

关键词:最大摄氧量;1英里;估测方程

中图分类号:G804.2

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2015)06-0053-05

A Comparative Study of Equation 1 Mile Run to Estimate Maximal Oxygen Uptake

SUN Zhong-wei¹, ZHANG Bing², MA Yong-ping¹

(1. Research Department of Physical Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;
2. Sport and Health Sciences Research Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract:Through literature, experiments and mathematical statistics screened a classic, this paper made a study on high efficiency and accuracy of 1 mile run estimation equation maximal oxygen uptake, using experimental comparative analysis of their accuracy. The results show that: 1 mile jogging equation is an ideal equation to estimate maximal oxygen uptake, it can be applied to Chinese university students to estimate maximal oxygen uptake, with better consistency.

Key words:maximal oxygen uptake; 1 mile; estimating equation

心肺健康是体质健康的重要组成部分,同中等到大强度的长时间运动能力密切相关。通常认为如果心肺功能过低则发生过早死亡的风险就越高,而心肺健康水平提高可以降低许多疾病的患病风险及死亡率。已有研究表明要想获得高水平的心肺功能需要保持规律的身体活动习惯,形成这种习惯可获得许多健康效益。目前关于心肺功能评价的最好指标为最大摄氧量,美国运动医学会在运动测试与运动处方指南中认为最大摄氧量是心肺适能的测量指标,由最大新排出量(L/min)和最大静脉氧差(ml O₂/L)决定,其与心脏的功能密切相关。^[1]也可以认为心肺耐力代表着人体心血管系统、呼吸系统和吸收利用氧气、进行新陈代谢并产生能量的能力。

关于最大摄氧量的测试方法也比较多,包括直接测试法及间接测试法。直接测试法是采用开放式肺活量测试仪,将测试者用鼻塞阻塞鼻孔,通过其口进行呼吸并测量呼出空气 O₂ 和 CO₂ 及肺通气量,并打

印出详细的测试结果。^[2]直接测试法对仪器、场地、工作人员等要求较高,一般主要用于医疗或实验室研究。同时,可以采用次极量负荷的运动测试来进行最大摄氧量的间接测试,具体包括电动跑台测试、机械负荷功率自行车测试、台阶测试和场地测试。

相比,室外场地测试比较经济、容易操作、仪器设备要求低,是一种可以对大规模人群进行普测的测量方法。所以研究拟对国外经典室外场地的1英里跑相关的估测方程进行梳理,然后采用中国大学生样本进行实验室直接测试及室外测试,以期比较和验证这些方程对于估测中国大学生最大摄氧量是否具有原方程的信效度。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

国外经典1英里最大摄氧量的估测方程。

1.2 研究方法

1.2.1 文献资料法

通过中国知网、万方数据、维普、Web of Science、EBSCO Sport 及谷歌学术等数据库及搜索引擎进行研究的文献检索,充分了解国内外相关研究现状,为研究奠定理论基础。

1.2.2 实验法

通过实验室进行直接测试,采用德国的 p/h/cosmos 跑台及美国的 Max II 运动心肺测试仪进行测试。选取清华大学 40 名本科学生(其中男女各 20 人)作为测试对象,并在一周内利用 Polar 心率表、秒表对 40 名学生在标准 400 m 田径场进行了 1 600 m 跑测试,并记录完成时间及即刻心率等指标。

1.2.3 统计分析法

通过 SPSS11.0、MedCalc11.4 和 Excell2003 对相关回归方程及实验数据进行统计分析。

2 研究结果与分析

2.1 国外 1 英里跑的最大摄氧量估测方程筛选

通过文献检索分析发现,国外最大摄氧量的田径场估测方程相对研究较多,如 1 英里走/跑、1.5 英里跑、库珀研究所的 12 分钟跑,以及其他长距离跑的相关方程。考虑到测试简单、易操作,要求测试者容易参与,所以选择距离最短的 1 英里跑的回归方程,也就是 1 600 m 跑的回归方程。通过进一步的文献分析发现,目前引用比较多、准确度相对较高的 1 英里跑的方程主要有 3 个,具体如下:

1995 年,美国乔治大学运动科学系的 Cureton 教授等^[3]通过对 753 名 8—25 岁的人群进行研究,其中男性 490 人,女性 263 人,并进一步将样本划分两个样本,样本 A 为 495 人,样本 B 为 258 人,其中利用样本 A 测试后构建最大摄氧量回归方程,具体指标包括性别、年龄、BMI、1 英里跑步时间。具体方程如下:

$$VO_{2\max_{\text{BMI}}} = 108.94 - 8.41 \times \text{Time} + 0.34 \times \text{Time}^2 + 0.21 \times \text{Age} \times \text{Sex} - 0.84 \times \text{BMI} \quad (1)$$

其中 Time(时间)为完成 1 英里跑得时间,BMI 为身体体重指数[体重/身高²(kg/m²)],Sex(性别)0 为女,1 为男。

该方程通过样本构建后的相关系数 r 为 0.71,SEE 为 4.8ml/Kg/min,通过样本②来对方程进一步的验证,结果显示其相关系数 r 为 0.72,SEE 为 4.8ml/Kg/min,预测结果具有较好的效度,可以用来进行大学

生人群以及成人的最大摄氧量估测。有学者进一步研究认为该方程相对其他方程具有较好的精确度。^[4]

1993 年,美国杨百瀚大学体育教育系的 James 等人^[5]对 149 名 18—29 岁的大学生进行了最大摄氧量的研究,其中男性 88 人,女性 61 人,所有测试者均通过实验室运动跑台及运动心肺仪进行了最大摄氧量的测试,为了避免疲劳影响,在 2 周内分别进行了 1 英里和 1.5 英里跑测试,其中 106 人测试了 1 英里慢跑,96 人参加了 1.5 英里跑测试。因为 1.5 英里跑要求最大速度进行测试,与本研究要求不符。所以重点分析 1 英里(1 600 m)慢跑测试,跑前要求 2 ~ 3 min 的慢跑进行热身,不要太剧烈。具体测试过程要求测试者选择一个稳定的、次大强度进行测试,并要保证测试完成时间女性 ≥ 9 min,男性 ≥ 8 min,并且测试完成后的最大心率要 ≤ 180 次/min。该实验 106 名测试者中有 3 人的数据超出了上述范围。测试完成后将 106 样本划分为 2 个子样本,子样本 A 为 54 人(其中男 31 人、女 23 人),子样本 B 为 52 人(其中男 32 人、女 20 人),利用子样本 A 建立回归方程,具体指标包括性别、年龄、体重、慢跑时间和跑后的即刻心率,并通过子样本 B 进行验证,然后同实验室跑台测试进行统计分析,具体方程如下:

$$VO_{2\max_{\text{Jog}}} = 100.5 + 8.344 \times \text{Sex} - 0.1636 \times \text{Mass} - 1.438 \times \text{Time} - 0.1928 \times \text{Hr} \quad (2)$$

其中 Mass(体重)为千克(kg),Time(慢跑时间)为分钟(min),Hr(心率)为次/min。

通过统计分析显示,其相关系数 r 为 0.87,SEE 为 3.0 ml/kg/min,具有较好的准确度,并认为该方程针对大学生进行测试,所以并没有将年龄列入到方程中,如果针对其他人群可将年龄列入方程进行扩展。该方程最大的特点为次大强度的稳定速度进行测试,实际测试时容易操作,测试者愿意尝试,容易普及,估测结果准确性相对较好。

1987 年,美国运动医学会(ACSM)也提出了通过田径场不同距离的跑步来估测最大摄氧量的方程^[6],具体见表 1:

表 1 ACSM1.609 km 跑估算最大摄氧量

距离(km)	最大摄氧量估测方程	相关系数
1.609	METs = 2.5034 + (0.8400 × kmh)	0.95

其中 km 为跑的速度,单位为 km/h,最大摄氧量单位为 Mets,梅脱,换算成 ml/kg/min,需要乘以 3.5ml/kg/min 进行转换。

2.2 国外 1 英里跑的最大摄氧量估测方程的的验证分析

本次测试首先在实验室采用德国 h/p/cosmos 跑台、美国 APE 的 MaxII 运动心肺测试仪对 40 名学生的最大摄氧量进行了直接测试,用作对比分析标准。然后到田径场进行 1 600 m 跑测试,要求保持自己最大速度的匀速来完成测试,测试结束后的即刻心率采用 Polar 表进行数据采集。测试结果见表 2 所示:

表 2 测试基本数据统计

项目	均值 ± 标准差 (n = 40)
年龄/岁	21.43 ± 1.63
身高/cm	169.07 ± 8.03
体重/kg	58.11 ± 10.90
BMI	20.25 ± 2.96
1 600 m 跑时间/min	8.86 ± 1.53
跑后即刻心率/次	172.55 ± 10.49

测试后将所有测试信息进行统计,并通过三个估测方程进行计算,如表 3 所示,Jog 方程计算的最大摄氧量均值和实验室直接测试的均值比较接近,为 49.75 和 49.16,而 BMI 方程的均值相比实验室测试也是差异不大,相比 ACSM 方程与实验室测试的结果差异较大。

表 3 实验室测试和三个估测方程估测结果

方程	均值 ± 标准差 (n = 40)
Lab 测试	49.75 ± 10.44
Jog 方程	49.16 ± 6.10
BMI 方程	47.64 ± 5.39
ACSM 方程	41.63 ± 6.10

表 4 实验室和三个估测方程的相关分析

方程	Lab Pearson 相关 (n = 40)		Lab 独立 t 检验 (n = 40)		
	r 值	显著性	t	95 % CI	P 值
Jog 方程	0.859	0.000	-0.312	-4.82 ~ 3.19	0.684
BMI 方程	0.738	0.000	-1.389	-6.28 ~ 0.12	0.169
ACSM 方程	0.718	0.000	-4.24	-11.92 ~ -4.29	0.000

通过 SPSS11.0 统计软件对三个方程与实验室直接测试结果进行线性相关分析发现,如表 4,三个方程同实验室直接测试均呈现出显著的相关关系,P 值均小于 0.01,相比原方程的推导时的验证的相关系数,Jog 方程与 BMI 方程验证 r 系数均与原研究的 0.87 和 0.72 类似,分别为 0.859 和 0.738。而 ACSM 测试结果相对其方程相关系数 r = 0.95 差异较大,验证值为 0.718。进一步分析 ACSM 可以发现,其方程要求测试 1 600 m 的最快速度,然后计算其平均速度带入方程计算,而本实验要求以本人最大的匀速度进行测试,估计是因为测试方式的差异导致相关系数较低。

虽然三个方程均与实验室测试表现出非常显著的相关性,但进一步通过独立 t 检验发现,Jog 方程和 BMI 方程同实验室测试结果之间并没有显著性差异,而 ACSM 方程测试结果与实验室测试结果呈现出显著性的差异。可见 Jog 方程和 BMI 方程作为估测最大摄氧量的方程,将其用在中国大学生进行估测,具

有与原方程接近的效度。

2.3 国外 1 英里跑的最大摄氧量估测方程的一致性分析

为了进一步分析估测方程之间的差异,采用 Medcalc11.4 软件对三个方程的估测结果进行 Bland - Altman 分析,通过图 1 ~ 3 可见,其 X 轴为最大摄氧量范围的均值,Y 轴为估测方程与实验室测试的差值,中间的实线用来表示估测方程与实验室测试的均值的差值,而两条虚线分别表示 Mean ± 1.96SD,即估测方程和实验室测试方法差值的 95 % 置信区间。研究结果显示,Jog 方程、BMI 方程、ACSM 方程和实验室测试法的差值在 95 % 置信区间意外点数的比例均为 7.5 %,都显示在可以接受的范围之内。此外,差值的实际均值与理论均值之间的距离表示估测偏倚程度,按照图示顺序依次为 -12.5 ~ 14.1、-13.0 ~ 18.6、-7.4 ~ 24.1,总体上看,Jog 方程、BMI 方程与实验室测试呈现出的一致性相对较好。一般认为预测方程的偏倚度、最大差值及 95 % 置信区间外的散

点越少越理想。综合来看,Jog 方程的预测效果在三个方程中是最理想的一个。

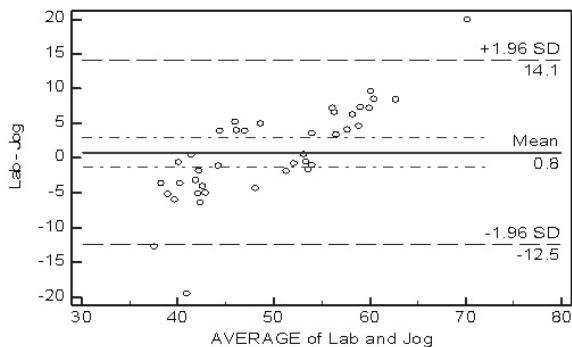


图 1 实验室测试和 Jog 方程的 Bland-Altman 散点图

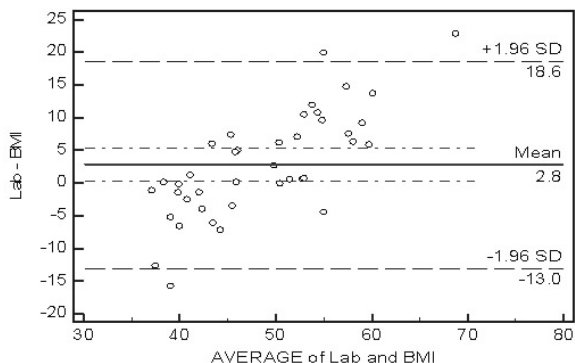


图 2 实验室测试和 BMI 方程的 Bland-Altman 散点图

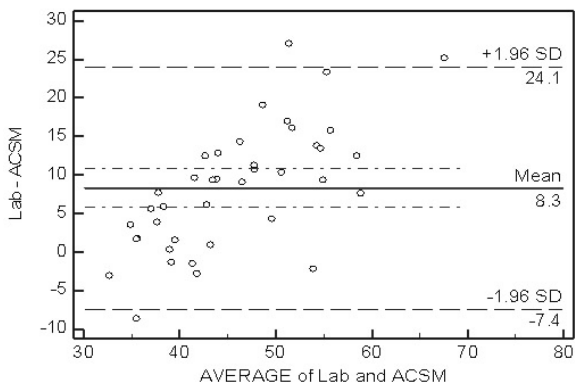


图 3 实验室测试和 ACSM 方程的 Bland-Altman 散点图

3 结论

通过实验室测试验证了国外的经典室外估测回归方程准确性,发现室外 1 600 m 跑测试法适合大样本人群进行测试,都具备较好的相关性,其相关系数

均在 0.7 以上,其中 Jog 方程的准确度最高, $r = 0.859, P > 0.01$,其差值的实际均值与理论均值之间的偏倚程度为 $-12.5 \sim 14.1$,相比其他两个方程准确度最高,可以应用慢跑方程应用到中国大学生最大摄氧量的估测。

参考文献

- [1] CURETON KJ, SLONIGER MA, O'BANNON JP, BLACK DM, MCCORMACK WP. A generalized equation for prediction of VO_{2peak} from 1-mile run/walk performance[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise 1995, 27(3):445-451.
- [2] NIEMAN DC. The exercise test as a component of the total fitness evaluation[J]. Prim Care; 2001(28):49.
- [3] JAMES D. GILBERT GEORGE, PATR. W. FELLINGHAM. VHHRSAND A. PHILLP E. ALLSEN, GARTH FISHER. VO_{2max} estimation from a submaximal 1 · mile track jog for fit college-age individuals[J]. Medicine and science in sports and exercise, 1993, 25(3):401-406.
- [4] TOKMAKIDIS SP, LÉGER L, MERCIER D, PÉRONNET F, THIBAULT G. New approaches to predict V. O_{2max} and endurance from running performance [J]. Sports Med, 1987 (27):401-409.
- [5] DAVIS JA, EDITOR. Direct determination of aerobic power. In: Maud PJ, Foster C, editors. Physiological Assessment of Human Fitness. Champaign (IL): Human Kinetics; 1995 (4):9-17.
- [6] MAUD PJ, FOSTER C. Physiological Assessment of Human Fitness[M]. Champaign, IL: Human Kinetics, 2006.
- [7] American College of Sports Medicine. Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription (6th ed) [M]. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins, 2010.
- [8] MONTOYE HJ, AYEN T, WASHBURN RA. The estimation of VO_{2max} from maximal and sub-maximal measurements in males, age 10-39[J]. Res Quart Exerc Sport, 1986(57):250-253.
- [9] THOMAS SG, WELLER IMR, COX M. Sources of variation in oxygen consumption during a stepping task [J]. Med Sci Sports Exerc, 1993(25):139-144.
- [10] NAGLE FS, BALKE B, NAUGHTON JP. Gradational step tests for assessing work capacity [J]. Appl Physiol, 1965 (20):745-748
- [11] SHEPHARD RJ, THOMAS S, WELLER I. The Canadian Home Fitness Test: 1991 update [J]. Sports Med, 1991 (11):358-366
- [12] SHEPHARD RJ. Current status of the step test in field evalu-

ations of aerobic fitness; The Canadian Home Fitness Test and its analogues [J]. Sports Med Training Rehab, 1995 (6):29-41.

[13] JETTE M, MONGEON J, SHEPHARD RJ. Demonstration of a training response by the Canadian Home Fitness Test [J]. Eur J Appl Physiol, 1982 (49):143-150.

[14] WELLER IM, THOMAS SG, GLEDHILL N, PATERSON D, QUINNEY A. A study to validate the modified Canadian Aerobic Fitness Test [J]. Can J Appl Physiol, 1995 (20):21-221.

[15] GOLDING LA, MYERS CR, SINNING WE. Y's Way to Physical Fitness; The Complete Guide to Fitness Testing and Instruction (3rd ed.) [M]. Chicago: YMCA of the USA, 1989.

[16] SCOTT AL, BROZIC A, MYERS J, IGNASZEWSKI A. Exercise stress testing: An overview of current guidelines [J]. Sports Med, 1999 (27):285-312.

[17] EBBELING CB, WARD A, PULEO EM, WIDRICK J, RIPPE JM. Development of a single-stage submaximal treadmill walking test [J]. Med Sci Sports Exerc, 1991 (23):966-973.

[18] WILMORE JH, ROBY FB, Stanforth PR. Ratings of perceived exertion, heart rate, and treadmill speed in the prediction of maximal oxygen uptake during submaximal treadmill exercise [J]. Cardio Rehab, 1985 (5):540-546.

[19] SJOSTRAND T. Changes in respiratory organs of workmen at an ore melting works [J]. Acta Med Scand (suppl), 1947 (196):687-695.

[20] ASTRAND PO, RHYMING I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work [J]. Appl Physiol, 1954 (7):218-221.

[责任编辑 江国平]

(上接第37页)

3 结论与建议

3.1 结论

1) 与欧美女排, 中国女排的发球和接发球均不够理想, 发球得分能力不强, 接发球到位率偏低; 2) 在二传到到位率上, 中国女排与对手国相差不大, 主要因为二传手的个人调整能力; 3) 中国女排的扣球和拦网要优于意大利队, 但与美国女排相比, 还存在一定的差距; 4) 中国女排的一攻和防反效果在于意大利队的比赛中发挥都比较理想, 且都优于对手; 但在决赛中, 虽一攻效果略好于对手, 但在防反这一环节上做得不够, 不如美国女排, 反击扣死率和防守成功次数都低于对手。

3.2 建议

1) 中国女排应加强发球的攻击性, 在比赛中积极贯彻发球战术, 利用找人、找区和找点等以达到破坏对方有效组织进攻的目的; 2) 进一步提高接发球技术, 注意接发球时的脚步移动和判断取位, 接发球队员之间应该分工明确, 强调严密的配合, 减少失误; 3) 改善扣、拦技术, 充分发挥自己的网上高度优势;

强调扣球时的手法和线路变化; 拦网时的准确判断和移动取位, 注意拦网队员之间的密切配合; 4) 在思想上高度重视一攻和防反, 尤其是防守反击; 加强拦网队员和后排防守队员之间的配合, 提高有效拦网率, 为后排防守创造出更多的机会, 为防守反击奠定基础。

参考文献

[1] 李毅钧. 排球理论与方法 [M]. 西安: 西北大学出版社, 2000:16-66.

[2] 虞重干. 排球运动教程 [M]. 北京: 人民体育出版社, 2011: 33-102.

[3] 展更豪, 牛晓雷. 第9届世界杯女子排球赛中国队技术统计分析 [J]. 中国体育科技, 2004, 40 (6):46-49.

[4] 李庆宁, 樊东声. 2007年世界女排大奖赛决赛中国队得失分比较分析 [J]. 南京体育学院学报 (自然科学版), 2007, 6 (4):35-37.

[5] 展更豪, 顾圈良. 对中国女排在第28届奥运会排球赛上的技术统计分析 [J]. 北京体育大学学报, 2006, 29 (5):14-17.

[6] 谢国臣. 第15届世锦赛中国女排一攻与防反战术运用效果研究 [J]. 天津体育学院学报, 2007, 22 (6):550-552.

[责任编辑 魏 宁]