

Margaria 台阶无氧功率实验研究进展

洪涛¹, 廖爱萍²

(1. 中国海洋大学 体育部, 山东 青岛 266003; 2. 华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510631)

摘 要:回顾了 Margaria 无氧功率台阶实验方法的创建和早期发展历程。列举和分析了目前该实验方法在用力负荷、用力幅度、指标标定方法等方面存在的不足和问题。介绍了近年来为完善和改进该方法所进行诸项研究成果和进展, 评价其学术价值和应用价值, 指出了未来发展的前景。

关键词:无氧功率; 台阶实验; 研究进展

中图分类号:G804.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2004)02-0051-03

The study progress of margaria anaerobic power step test

HONG Tao¹, LIAO Ai-ping²

(1. Department of Physical Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. College of Physical Education and Sport science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: The paper reviews the creation and developing progress of the Margaria anaerobic power step test, enumerating and analyzing the problems and defects in workload, work range and index fixing method of this step test. It also introduces the recent research results and study progress of several studies, which are for the method improvement and consummation. The paper discusses the academic value and applying value of these studies, pointing out the developing prospect of the studies.

Key words: anaerobic power; step test; research progress

1 台阶无氧功率实验概况

无氧功率是指机体在最短时间和无氧条件下发挥出最大力量和速度的能力。无氧功率台阶实验方法是利用全速跑上一定高度的楼梯来测定人体无氧功率的简易方法。无氧功率台阶实验方法由 Margaria 始创于 1966 年, 是 1977 年以前最主要和最常用的无氧功率测试方法。具体的测定方法是用 2 m 的助跑, 然后以 2 阶为一步, 以最快速度跑 6 个台阶, 这种方法使用 2 年后, 在 1968 年由 Kalamen 对 Margaria 的实验进行了修改, 二人共同制定了 Margaria - kalamen 蹬楼梯动力实验方法。让受试者在楼梯前的平地上划一条 6 m 的助跑线, 然后从起跑线起跑猛冲, 以 3 阶为一步, 以最快速度蹬跑 6 个台阶。把电动秒表开关(踏垫)分别放在第 3 阶和第 9 阶处, 然后计算出从第 3 阶至第 9 阶的时间。Margaria - kalamen 无氧功率($\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) = 体重(kg) × 第 3 阶至第 9 阶垂直距离(m) ÷ 第 3 阶至第 9 阶跑楼梯时间(s)。

20 世纪 80 年代台湾的黄彬彬的实验结果证明, 少儿、妇女或老年适合于“二级一步法”, 而正常男子和有训练者用“三阶一步法”能测出更高的无氧功率, 台北林正常的实验证明, 台阶无氧功率与受试者的体重关系密切, 测试结果在某

种程度上受身高、腿长的影响。

台阶无氧功率实验方法最大的优点是测试仪器价格便宜、实用, 测试方法和条件简便, 是一种容易普及推广的无氧能力测试方法, 非常适合于非实验室条件下各级运动队的选材和机能评价。1968 年 Margaria - kalamen 修正法问世以后, 这种方法一直沿用至今^[1-3]。

2 Margaria - kalamen 无氧功率台阶实验方法存在的问题

尽管目前国内外所有运动生理教科书仍旧沿用 1968 年修改过的 Margaria - kalamen 台阶无氧功率实验方法, 但这一方法的科学性和准确性多年以来一直受到众多运动生理学者的质疑^[1,2]。一是, 测试时动作幅度的合理性问题。首先, 跑台阶时形成垂直高度是固定的, 每步跨台阶的级数是 2 级或是 3 级, 每步跨台阶的垂直高度也是固定的, 这个固定的每步跨台阶的垂直高度决定着受试者的每步用力动作幅度。实验对受试者的身高腿长没有限制, 让身高 1.9 m 的受试者和身高 1.4 m 的受试者采用同一固定的跨台阶高度显然是不合理的。前者可能每步跨 3 级台阶非常轻松, 而后者可能

收稿日期: 2003-05-29

作者简介: 洪涛(1956-), 男, 教授, 硕士, 研究方向: 运动生理与运动训练。

非常费力。相反,身高 1.4 m 的受试者采用“二级一步法”,可能很合适。而身高 1.9 m 的受试者则可能感觉动作幅度太小,使不出劲,不能产生下肢肌肉的爆发力。人体下肢肌肉的爆发力效能最大发挥的动作幅度不是大得非常难受,也不是小得太轻松,而应是一个因人而异的个体适宜状态。那么这个适宜动作幅度应该多大,动作幅度用什么指标来规定?怎样才能使各种身高和腿长的人在一个统一合理的动作幅度进行无氧功率测试,这些问题对台阶无氧功率实验方法的科学性有重要的意义,必须认真的解决。

二是,计算公式中阻力负荷合理性问题。大多数进行台阶无氧功率实验的人都注意到这一现象,即:公式中功率(P)的值与负荷(体重 m)的相关程度很大。往往当两个受试者跑台阶时间相等或接近时,无氧功率较大的人也一定是体重较大的人。许多体重较小的优秀短跑或跳跃运动员用这种方法测得的无氧功率反而小于体重较大的非运动员。多年来这个现象始终困扰着广大教练员和运动生理工作者,人们不得不对 Margaria - kalamen 台阶无氧功率测试方法的计算公式提出以下疑问:

1)该方法测得的是不是人体下肢最大无氧功率,能否测得个体最大无氧功率是无氧功率测试方法科学性和实用性的重要依据。最大无氧功率是在人体的速度和力量最佳匹配点条件下实现的^[4,5]。无氧功率测试时力量的发挥决定于阻力负荷的大小。能够诱发个体最大无氧功率的负荷是个体适宜负荷^[4-7]。2)Margaria - kalamen 公式中的负荷是受试者的体重(m)。体重负荷(m)是否就是适宜负荷,该方法没有科学性的确认。3)如果体重负荷不是诱发最大无氧功率的适宜负荷,台阶无氧功率测试方法的科学性就受到怀疑,那么多大的负荷是适宜负荷,是否可以通过其他手段使台阶无氧功率实验中的阻力负荷达到适宜负荷。4)适宜负荷如何确定。5)台阶无氧功率实验中适宜负荷与最大无氧功率及受试者体重的关系如何。

3 无氧功率台阶实验方法的近期研究进展

20 世纪 90 年代后国内外学者开始针对 Margaria - kalamen 无氧功率台阶实验方法所存在的问题进行较深层次的方法学研究,给出了每步跨台阶垂直高度与跨台阶级数对照表(见表 1)以及台阶高度与身高对照选择表(见表 2)并分别采用 20% 身高、30% 身高和 40% 身高作为每步跨台阶高度对 43 名男性大学生和 21 名男性运动员进行了台阶无氧功率测试^[8](见表 3)。

表 1 每步跨台阶垂直高度、级数及全过程所用步数

每步垂直高度	每步跨台阶级数	全过程所用步数
20% 身高	2	3
30% 身高	3	2 或 3
40% 身高	4	2 或 3

表 2 台阶高度选择与身高

身高	台阶高度
160	16
170	17
180	18
190	19

表 3 三种方案所测无氧功率均值比较

每步垂直高度	受试者	例数	无氧功率/($\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
20% 身高	学生	43	85.65 ± 18.14
	运动员	21	115.70 ± 8.29
30% 身高	学生	43	118.42 ± 16.21
	运动员	21	146.07 ± 12.63
40% 身高	学生	39	125.4 ± 17.32
	运动员	21	160.07 ± 12.97

结果发现无论大学生组还是运动员组,其 20% 身高每步跨台阶高度方案所测到的无氧功率最低,30% 身高每步跨台阶高度方案所测到的无氧功率次之,40% 身高每步跨台阶高度方案所测到的无氧功率最高,获得了到 1995 年为止的有史以来徒手状态下最大的台阶无氧功率。

以 1.7 m 身高的受试者为例,40% 身高每步跨台阶高度为 0.68 m,已大大超过了 Margaria - kalamen 方法的每步跨台阶高度的固定值 0.525 m。这一结果提示,跑台阶方法测得的无氧功率与每步跨台阶的动作幅度有明显的依从关系。找出个体最佳用力幅度是获得个体徒手最大台阶无氧功率的关键。研究者认为人体下肢适宜用力幅度应该与身高或腿长成比例,因此,用固定不变的绝对值标定跨台阶高度确定动作幅度的方法,对不同身高的受试者是不合理的。从生理学和解剖学的角度考虑用身高百分比或腿长百分比指标标定每步跨台阶高度,确定动作幅度的方法更具科学性。研究者提出最佳每步跨台阶高度应通过至少 3 个方案筛选获得。获得的起始标准为:男大学生不低于 30% 身高。男跑、跳类运动员不少于 40% 身高高度^[8]。此类研究的意义在于提出了适宜跨台阶动作幅度概念,解决了以往跨台阶实验中跨台阶垂直高度(动作幅度)固定不变的不合理问题。该研究提出的适宜跨台阶身高百分比标定法使不同身高腿长的受试者在同一解剖生理学基准线上进行测试,提高了异地异样本测试的可比性。

1997 年,杨善君等^[9]提出相对台阶无氧功率概念。通过对投掷球类运动员和短跑跳跃运动员的台阶无氧功率实验对比发现:投掷球类组的台阶无氧功率绝对值明显大于短跑跳跃组,而相对值却明显低于短跑跳跃组(见表 4)。

表 4 不同体重样本各指标比较

指标组别	m/kg	t/s	h/m	$P/(\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	P/W	$v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$
投掷球类组	82	0.53	1.02	157.8	1.92	1.92
短跑跳跃组	67	0.49	1.02	139.5	2.08	2.08

研究者指出无氧功率相对值实际上就是每公斤体重所产生的速度,速度越大说明爆发力越好,相对值可以有效排除不同体重给台阶无氧功率测试结果造成的干扰,真正体现受试者的肌肉质量和无氧工作能力。

1995 年洪涛等^[10]对台阶无氧功率实验中的负荷提出质疑,分别采用徒手、5%体重和 20%体重的外加负荷(重量可调沙衣)等 3 种负荷方案对 16 名短跑和跳跃项目运动员进行了台阶无氧功率对比实验。方法采用 Margaria - kalamen 修正法,台阶高度选择 17 cm。实验结果表明:外加负荷(5%体重、20%体重)所获得的台阶无氧功率为(162.4 ± 20.1)、(174.6 ± 19.7)kg·m·s⁻¹,明显大于徒手方案所获得的无氧功率(154.7 ± 18.2)kg·m·s⁻¹($P < 0.01$),而且 20%体重外加负荷方案所获得的无氧功率又明显大于 5%体重外加负荷方案的无氧功率($P < 0.01$)。

研究者认为台阶无氧功率可能与外加负荷的大小有依从关系,推断通过发现适宜外加负荷能够获得真正的最大个体台阶无氧功率。

1999 年,洪涛等^[11]对外加负荷台阶无氧功率进行了进一步的研究,分别采用了徒手和 8 个负荷级别方案进行了对比实验,结果表明:台阶无氧功率与外加负荷成抛物线型曲线相关关系 $P = 139.51 + 1.66W - 0.04W^2$ 。最大无氧功率所对应的外加负荷是抛物线曲线的顶点,该点的外加负荷即为适宜负荷,相当于 28%体重(图 1、2)。

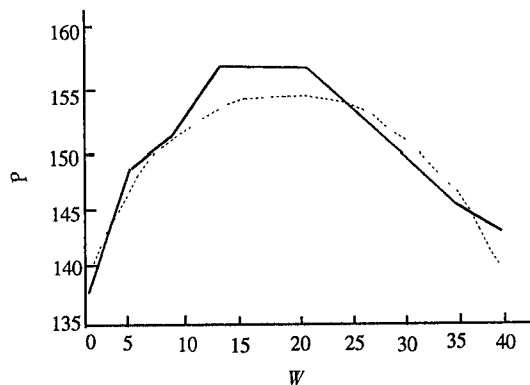


图 1 无氧功率与外加负荷的关系曲线

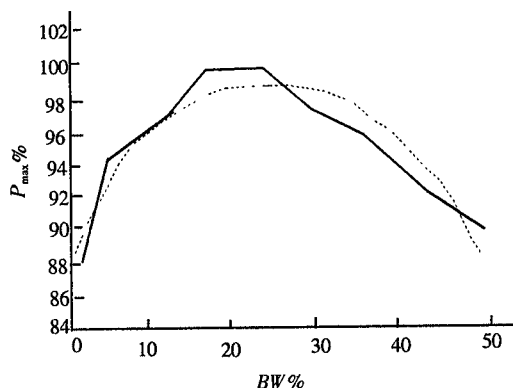


图 2 以体重百分比标定外加负荷的功率负荷曲线

该实验给出的适宜负荷筛选范围为:(21% ~ 36%) BW, 以体重百分比标定负荷,其功率负荷的曲线方程关系式为:
 $P_{\max \%} = 88.345 + 0.756 \times BW\% - 0.0133(BW\%)^2$ 。

根据以上实验结果,研究者认为 Margaria - kalamen 修正法所测得的台阶无氧功率只能算为徒手状态下的台阶无氧功率。功率计算公式中的体重负荷只能算做最低级别的负荷。由体重负荷测得的无氧功率只相当真正最大台阶无氧功率的 88%,真正的最大台阶无氧功率只能在适宜负荷的状态下才能获得。此次研究对无氧功率台阶实验方法有以下几点贡献:1)发现了外加负荷与功率的关系,获得了真正意义上的最大个体台阶无氧功率,彻底解决了 Margaria - kalamen 实验方法中负荷的科学性问题。2)澄清了 Margaria - kalamen 实验方法中功率和负荷的概念,使人们认识到人体体重只是台阶无氧功率实验级别中最低的一级负荷。徒手台阶无氧功率实验评价的主要是中小强度下的速度能力。3)提高了台阶无氧功率实验的科学性和实用性。外加负荷的体重百分比标定法和多级别负荷测试使不同体重、不同项目、不同水平的受试者在负荷相对合理以及各自爆发能力充分发挥的前提下进行比较,提高了实验的可比性和应用范围^[11]。

参考文献:

- [1] 体育院校通用教材. 运动生理学[M]. 北京:人民体育出版社,2002:272-275.
- [2] 佟君良,杨锡让. 运动生理学[M]. 北京:北京体育学院出版社,1991:264-270.
- [3] William D McArdle, Frank I. Katch, Victor L Katch. Exercise Physiology[M]. Lea & Febiger Publishers, 1991:201-202.
- [4] 贺春晓. 青少年最大无氧功率适宜负荷及其影响因素的探讨[J]. 体育科学,1990,10(3):44-49.
- [5] Rodney Rhoaes, Richard Pflanzler. Human Physiology [M]. Saunders College Publishing, 1989:429-493.
- [6] 王 健,洪 峰. 无氧能力间接检测方法研究进展[J]. 中国体育科技,1999(3):58-59.
- [7] 浦津宗. Wingate 无氧功率实验进展[J]. 中国运动医学杂志,1989,8(2):96-99.
- [8] 洪 涛. 台阶无氧功率实验方法新探[J]. 山东体育学院学报,1994,10(1):35-38.
- [9] 杨善君. 绝对台阶无氧功率和相对台阶无氧功率的实用价值[J]. 体育学刊,1997,4(1):33-34.
- [10] Hong Tao. The study of the extra-load anaerobic power step test[J]. Proceedings of the 18th FISU/CESU Conference, 1995(8):410-411.
- [11] 洪 涛. 台阶无氧功率实验中负荷与功率关系的研究[J]. 体育与科学,1999,20(1):34-37.

[编辑:郑植友]