

## 高校体育课生理负荷的聚类分析

邓伟明, 孙学川, 范晓燕, 简坤林

(中国人民解放军体育学院 体能训练研究中心, 广东 广州 510500)

**摘 要:** 为了更加深入全面地探讨高校体育课生理负荷强度分布与生理负荷量的特点, 避免因不同类型的生理负荷强度分布之间的互相叠加而造成总体分布曲线的偏差, 对采集 30 所高校的 458 名“标志”学生的 16 万个数据进行 K-Mean 聚类分析, 分成 3 类曲线, 平均生理负荷强度为: 113、132、151 次/min, 并分别建立了相应的数学模型, 用中国高校体育课生理负荷数据分析软件进行分析处理。

**关键词:** 生理负荷; 体育课; 聚类分析

中图分类号: G807.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2003)01-0047-03

### Study on the cluster analysis of physical workload of university's physical education

DENG Wei-ming, SUN Xue-chuan, FAN Xiao-yan, JIAN Gun-lin

(Physical Training and Research Center, PLA Institute of Physical Education, Guangzhou 510500, China)

**Abstract:** The rationality of the physical workload of university physical education (PE) is a main factor that evaluation the quality and scientificity of PE. In order to discuss the distributing and trait of physical workload of university PE more accurately, this paper collected one hundred and sixty thousand data from four hundred and fifty-eight marked students in thirty universities in China. The authors try to use the methods of K-mean cluster analysis to value the heart rate of PE, and build a series of mathematical models. In order to get the result more finely and accurately, the authors use the software of physical workload intensity data analyze system of university to carry out analyzing respectively. It provides a reference for evaluation of physical workload of university PE.

**Key words:** physical workload; physical education; cluster analysis

目前, 国内外学者对运动过程中的生理负荷强度, 常采用摄氧量、最大摄氧量百分数、代谢当量、血乳酸浓度、无氧阈、呼吸频率、心率、主观感觉运动强度表等指标表示<sup>[1-7]</sup>, 其中, 最常用的是运动时的摄氧量占最大摄氧量的百分比。但这些通常只是在实验室测定的指标, 要在运动中特别是在体育课中测定是很困难的。因此, 在实践中, 人们常用容易测定的心率作为运动时生理负荷强度的指标<sup>[6]</sup>。在体育课中, 心率作为评价生理负荷强度的指标被国内外学者和体育教育工作者广泛应用<sup>[8-10]</sup>。但在测定方法上, 其数据获取主要采用了定人、定时、间断人工采样, 给实际操作带来了困难, 同时也使获取数据的准确性受到影响; 在分析与评价方面, 多用较为简单的全课平均心率和心率指数等方法研究体育课的生理负荷强度, 并用所测心率的两点间分段连线等来分析生理负荷强度的变化趋势<sup>[11]</sup>。这些方法对于客观准确地分析和评价体育课的生理负荷存在一定的局限性。1991年孙学川等<sup>[12]</sup>通过对数据的平滑处理和建立相应的数学模型, 使对生理负荷的研究更为精细和微观, 为探讨此类研究

提供了方法学上的参考和借鉴。采用心率遥测技术, 通过对数据非线性平滑处理等方法对体育课生理负荷进行分析与评价的研究, 在国内外尚未见报道。

本课题对我国华北、华南、华东、西南(包括西藏)等地区 30 所重点高校体育课的生理负荷强度, 进行了大样本抽样测试, 并采用了聚类分析等方法, 从不同的侧面进行了分析, 为国家教育部门宏观了解、调控我国高校体育课改革, 有效提高大学生的体能素质提供客观数据。

### 1 研究对象

按照区域原则、学校类别原则、重点与非重点相结合的原则, 在充分考虑地域特点的基础上, 分别选取华北、华东、华南、西南及西藏地区共 30 所高校非体育专业一年级本科学生的普通体育课为研究对象。所选院校涵盖了理、工、农、医、师范等各个类别(其中有 60% 以上学校为进入“211 工程”的院校), 并且具有一定的代表性, 能够反映我国高校体育课的基本情况。

收稿日期: 2001-09-21

基金项目: 全国教育科学“九五”规划课题(199713)。

作者简介: 邓伟明(1964-), 男, 副教授, 硕士, 研究方向: 体育统计、计算机和体能评价。

### 2 研究方法

(1)随机抽样原则。以选定地区学校一年级普通体育课教师为单位,教师人数确定测试班级数,每位教师测其一次课,不重复测试。受测教师占该年级上课教师总数的 80% 以上。在测试班级中随机抽取符合样本标准的 1~2 名“标志学生”进行采样。

(2)“标志学生”的确定。思想素质标准:在体育课中一贯表现认真积极的学生(参考教师意见)。生物学标准:无专项运动训练经历,无心血管系统疾病史,身体健康的学生,并根据 1995 年颁布的国家体质调查标准确定标志学生的生物学指标。

(3)“标志体育课”的确定。

1)任务:以我国高校体育课的目的任务为依据,“标志体育课”应以增强体质、增进健康,学习掌握动作技术、技能和方法,培养思想意志品质为任务;

2)内容:按国家教委颁布的全国体育教学大纲中安排的内容;

3)类型:根据 1991 年版《学校体育》的分类标准选择普通体育课的复习课和综合课为“标志体育课”,使生理负荷的特点能够通过不同教材和教学组织形式得到全面的反映;

4)结构:根据体育课的性质和特点、学生身体机能活动状况的规律,以及 1991 年版《学校体育》中课的结构分类标准,选择由准备部分、基本部分和结束部分组成,且基本部分的时间不少于总课时 60% 的体育课为“标志体育课”。

(4)“标志体育课”采样的质量监控。调查、收集所选高校普通体育课大纲、进度、课程安排、教师人数、学生班组成以及体育课实施情况。为避免由于地域、气候等方面的差异对实验造成的影响,实验选择在春季的 4~6 月或秋季的 9~10 月进行。

测试前与各校体育部(系)协作,作好测试前的准备工作;与任课教师作好联络,争取教师的积极配合与重视,能按教案上课,按课堂常规和正常教学秩序上课;严格按“标志学生”的标准挑选受试学生,并让其明确测试目的,消除紧张,积极主动配合,按平时正常上课进行学习。测试中请各校体育部(系)领导指导,测试后将所测数据反馈给各体育部(系)作为教师体育课教学质量评估的参考资料。

测试人员要熟练地操作使用实验仪器,严格掌握实验标准,人员固定。测试前作好一切准备工作;测试过程中始终不离开现场,认真记录上课的内容、时间和练习数量等,并及时处理测试中的偶发情况;测试后,及时检查所测数据的可靠性。

(5)数据的采摘。用芬兰产 PE-4000 型心率遥测仪对标志体育课的标志学生进行实时采样,采样时间从上课开始,采样频率为 4 次/min,直至上课结束。测试结束后,将贮存的心率信号通过回放系统传输至计算机保存,并对所存数据编号、归类。

(6)数据的分析。用美国 Statsoft 公司开发的 Statistical for Windows Release 5.0 软件及中国高校体育课生理负荷分析软件(自编)对数据进行分析处理,采用的方法多项式拟合法、

K-Mean 聚类分析法、数模法<sup>[12]</sup>、求面积和时间的比值法。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 体育课生理负荷的聚类

为了更加深入全面地探讨中国高校体育课生理负荷强度分布与生理负荷量的特点,避免因不同类型的体育课和不同地区的高校学生的生理负荷强度分布之间的互相叠加而造成总体分布曲线的偏差,我们采用了 K-Mean 聚类分析法将中国高校体育课生理负荷强度分布分成 3 类,见图 1。

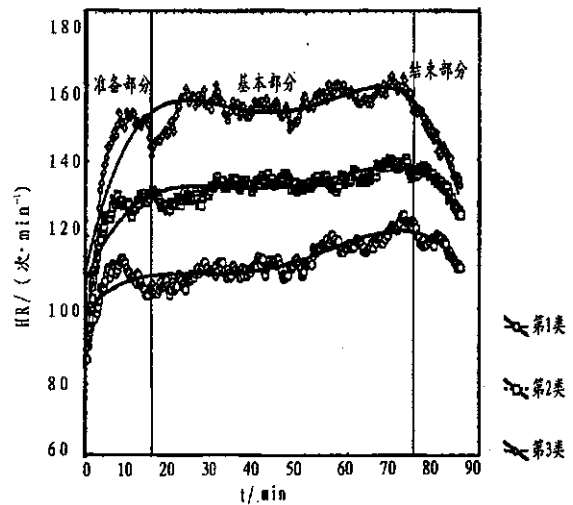


图 1 高校体育课生理负荷强度分布聚类分析

#### 3.2 多项式建模分析

对经聚类分析而得的 3 类,分别进行多项式拟合建模分析,并对模型的效果进行了方差分析检验(见表 1),得如下结果:

$$\begin{cases} y_1 = 99.441 + 0.337x - 0.004x^2 + 1.916 \times 10^{-5}x^3 - 2.948 \times 10^{-8}x^4 + \text{eps} \\ y_2 = 108.024 + 0.699x - 0.007x^2 + 2.815 \times 10^{-5}x^3 - 3.932 \times 10^{-8}x^4 + \text{eps} \\ y_3 = 110.771 + 1.335x - 0.014x^2 + 5.658 \times 10^{-5}x^3 - 8.031 \times 10^{-8}x^4 + \text{eps} \end{cases}$$

表 1 数学模型的方差分析检验

模型类别	复相关系数	剩余标准差	方差分析	P 值
y <sub>1</sub>	0.888 9	2.702 43	5 073.459	<0.001
y <sub>2</sub>	0.886 9	2.953 29	4 970.810	<0.001
y <sub>3</sub>	0.895 6	4.598 14	5 466.445	<0.001

#### 3.3 应用《中国高校体育课生理负荷数据分析软件》分析

由图 1 可见,中国高校体育课生理负荷聚类后的 3 类曲线的分布均为双高峰,类似“高原平台型”,其主要的差别在于生理负荷强度与生理负荷量的不同,将拟合后的强度分布曲线,采用《中国高校体育课生理负荷数据分析软件》进行分析处理。

由此可见,(1)3 类曲线的平均生理负荷强度分别为:113、132、151 次/min;最大生理负荷强度分别为:125、141、163

次/min,并对 3 类曲线分别建立了相应的数学模型(见表 1、3)。(2)全课拟合的最大生理负荷强度点分别为:121、138、159 次/min。(3)全课的生理负荷量总体为 65.777、118.295、200.255。第 1 类曲线的动员阶段、稳定阶段和疲劳阶段的运动负荷量大约呈 1:2:3 的关系,而第 2 类和第 3 类曲线各阶段的运动负荷量出现相似的比例关系(见表 2)。(4)从体育课的强度水平看,3 类曲线的生理负荷强度分别集中在 100~120、130~140、150~160 次/min 范围内,分别占全课总负荷量的 77.1%、98.5%、85.5%。第 1 类大约有 77% 强度在 50%~60% 之间,有 22% 强度在 60%~70% 之内,属于低中强度类的体育课;第 2 类是典型的中等强度类体育课,有 98.52% 集中在强度 60%~70% 内;第 3 类属于高强度类体育课(见表 4)。(5)从负荷时间看,第一类曲线在 100~120 次/min 范围内的时间为 73.0 min,占全课的 85.7%,第 2 类曲线在 130~140 次/min 范围内的时间为 80.2 min,占全课的 94.1%,第 3 类曲线在 150~160 次/min 范围内的时间为 65.95 min,占全课的 77.4%。

表 2 各类曲线的运动阶段的负荷量<sup>1)</sup>

模型类别	动员阶段	稳定阶段	疲劳阶段	总计
$\gamma_1$	10.916	21.654	33.207	65.777
$\gamma_2$	35.413	38.190	44.691	118.294
$\gamma_3$	64.881	63.777	71.596	200.254

1)阶段划分以两个拐点为依据

表 3 各类曲线的运动强度 次/min

模型类别	平均负荷强度	最大负荷强度	第一拐点	第二拐点	变化幅度
$\gamma_1$	113	125	110	116	12
$\gamma_2$	132	141	133	136	24
$\gamma_3$	151	163	154	157	44

表 4 各类曲线的强度水平负荷比值 %

模型类别	50%~60%	60%~70%	70%~75%	75%~80%
$\gamma_1$	77.097	22.903	0	0
$\gamma_2$	1.479	98.520	0	0
$\gamma_3$	0.201	5.192	9.138	85.469

#### 4 结论

(1)把中国高校体育课的生理负荷强度,应用数理统计学中的聚类分析方法,分成 3 类是比较合理的,能够反映出它们的差别。3 类曲线的平均生理负荷强度分别为:113、132、151 次/min;最大生理负荷强度分别为:125、141、

163 次/min。

(2)利用多项式拟合方法,对 3 类分别建立数学模型,加以定量精细刻画,以利于进一步分析。

(3)应用我们研究的《中国高校体育课生理负荷数据分析软件》来分析处理这 3 类曲线,得到更加详细的结果,为客观评价提供了数据依据。

(4)对我国高校体育课的生理负荷进行了抽样调查研究,取得的一系列成果,为决策部门提供一个参考依据。

#### 参考文献:

- [1] Abemmethy P, Batman P. Oxygen consumption, heart rate and associated with selected exercise - to - music class elements[J]. Br J Sports Med, 1994(1): 48 - 52.
- [2] Hawley J A, Noakes T D. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in time in trained cyclists[J]. Eur J Appl Physiol, 1992, 65: 79 - 83.
- [3] Rowland t, Goff D. Cardiac responses to exercise in child distance runners[J]. Int J Sports Med, 1998, 19: 385 - 390.
- [4] Konstantaki M, Trowberidge EA, Swaine IL. The relationship between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo[J]. J Sports Sci, 1998, 16: 251 - 256.
- [5] 李 萍,尹继红.运用“梅脱”值控制课堂运动强度的初探[J].湖北体育科技,1995(4):55 - 58.
- [6] Potteiger JA, Evans B W. Using heart rate and ratings of perceived exertion to monitor intensity in runners[J]. J Sports Med Phys Fitness, 1995, 35: 181 - 186.
- [7] 肖国强,邓树勤,吴蝉清.不同负荷方式对大学生最大吸氧量和无氧阈的影响[J].天津体育学院学报,1998,13(1):1 - 6.
- [8] Strand B, Reeder S. PE with a heartbeat - hi - tech physical education[J]. Journal of Physical Education, Recreation & Dance (JOPERD), 1993, 64(3): 81 - 84.
- [9] Strand B, Reeder S. Analysis of heart rate levels during middle school physical education activities[J]. JOPERD, 1993, 64(3): 85 - 90.
- [10] 孟 翔.用心率变化分析体育课的运动负荷[J].山西体育科技,1996(2): 32.
- [11] 从湖平.应用逐步回归方法预测体育课平均心率[J].湖南体育科学,1991(3):43 - 46.
- [12] Sun Xuechuan. A math model method to evaluate cardio - respiratory function in human[J]. Elven Science Publishers BV (Biomedical Division), 1990: 1015 - 1020.

[编辑:李寿荣]