

运动能量

——关于有氧训练
和无氧训练研究

谢

肖国强 著

人民体育出版社

运动能量代谢

——关于有氧训练和无氧训练研究

肖国强 著

人民体育出版社

(京) 新登字 040 号

图书在版编目 (CIP) 数据

运动能量代谢: 关于有氧训练和无氧训练研究/肖国强著.
北京: 人民体育出版社, 1998.

ISBN 7-5009-1540-3

I. 运… II. 肖… III. 气体代谢 (运动生理) - 运动训练-
研究 IV. G804.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 25487 号

人民体育出版社出版发行
中国铁道出版社印刷厂印刷
新华书店经销

*

850×1168 毫米 大 32 开本 7.5 印张 200 千字

1998 年 6 月第 1 版 1999 年 7 月第 2 次印刷

印数: 3,151—6,250 册

*

ISBN 7-5009-1540-3/G · 1439

定价: 11.00 元

社址: 北京市崇文区体育馆路 8 号 (天坛公园东门)

电话: 67143708 (发行处) 邮编: 100061

传真: 67116129 电挂: 9474

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与发行处联系)

作者的话

运动生理学的研究在体育运动科学与训练中，是非常重要的一个组成部分，作为一名运动生理学者，对体育运动的科学与训练的研究自然在所负重。在“奥运争光计划”和“全民健身计划”相继实施的今天，体育运动的科学研究对于广大教练员、体育教师、运动员以及一切从事体育运动科学研究者已成为刻不容缓的任务。

我有感于此，在导师王义润先生、石河利宽先生的指导下，从事运动生理之研究多年，重点着眼于运动与能量代谢的研究。其研究论文分别发表在国内有关体育运动科学研究的杂志中。现将我的研究成果汇成书册，抛砖引玉，希望能够为我国体育院校、师范大学体育系、体育科研所、医学院运动生理的硕士、博士研究生的科研提供参考资料。在此，我还要对我的导师王义润先生、石河利宽先生表示深切的感谢。同时，对于支持与援助我进行研究的国内外老师、学友以及我的受试者们表示深切的感谢。这一切凝聚着中、日两国体育科学研究者的友谊与对体育运动科学研究的无私奉献。

由于本人水平有限，其研究疏漏之处在所难免。敬请各位同仁指正。笔者对王义润先生、石河利宽先生及邓树勋先生为本书所写的序言表示感谢。

肖国强

1997年6月2日

序言一

本书是作者经历十余年硕士、博士学位学习生涯，总结出科研成果的一部分。全书共分四部分，第一部分是体育科研程序介绍；第二部分是最大吸氧量、无氧阈的测定方法及在体育实践中的应用和发展；第三部分是作者的硕士、博士论文十余篇及其摘要；第四部分是作者多次参加国内外体育科学报告会的论文内容。全书围绕作者十余年的研究中心——最大吸氧量、无氧阈开展了较深入、全面、详细的研究和文献探讨。例如，在方法学上，首创在运动场用无损伤测定法研究无氧阈的发生规律，对运动实践有很大帮助，受到运动员、教练员的欢迎和好评。在实验设计方面，进行了高温、常温、脱水、非脱水条件下，运动员在渐增负荷运动过程中，血乳酸、无氧阈、最大吸氧量发生变化的对比，发现脱水、非脱水对无氧阈有显著性影响；血乳酸水平的提高并不是因体内缺氧；在高温脱水条件下，用通气阈值（VT）不能推测乳酸阈值（LT），这些论点在中外文献中尚未见到，为运动过程中血乳酸增加的机制提供了进一步的说明。本书不仅对运动生理学教师、本科生、研究生有直接的参考价值，对运动员、教练员及体育爱好者在理论联系实际方面也有很大裨益。

北京体育大学
运动生理学教授
王义润
1997年6月2日

序言二

肖国强作为中国政府派遣的留学生，在日本中京大学体育学部运动生理学研究室从事多年的学习和研究工作。他将这些研究成果，以《高温、常温环境中进行渐增负荷运动，热脱水、非脱水对血乳酸的影响》作为博士论文提出，于1996年3月由日本中京大学授予博士学位。

中国和日本的语言、食宿、生活习惯不同，他来到没有一个熟人的中京大学学习和从事研究工作，这需要极大的努力奋斗和拼搏精神，才能取得优异的成绩和博士学位。我作为指导教师，援助和指导他的实验及论文。我很敬佩他对学术问题认真钻研和持之以恒的态度。

在此，我衷心的祝贺肖国强在日本研究的成果汇集出版，并期望肖国强继续深入研究取得更大的成绩。

顺天堂大学名誉教授
中京大学教授
日本运动生理学学会会长
医学博士
石河利宽

1997年6月2日

序言三

运动生理学的研究是体育科学的重要领域，最大吸氧量和无氧阈的研究又是运动生理学的重要内容。肖国强博士在其攻读硕士和博士学位过程中，十余年来在这方面潜心研究，取得了一系列成果。此书是肖国强博士将这些系列成果汇集成册，并加以系统化，整理出版。无论对运动生理学学术研究还是对运动实践应用均有重要价值。

本书内容丰富，不仅有肖博士在研究工作中的实践心得及科研方法程序介绍，同时，还有该领域当今研究进展。不仅对高等院校教师、学生有重要参考价值，同时对科研人员及生理学工作者、教练员等也有重要参考作用。我期望此书的出版将对运动生理学领域关于最大吸氧量和无氧阈的研究起积极促进作用，使这一领域的研究更向深入发展，取得更高质量的成果。

华南师范大学体育系

运动生理学教授

邓树勋

1997年6月2日

目 录

第一章 体育科研程序与方法.....	1
第二章 最大吸氧量、无氧阈的测定方法 及在体育实践中的应用和发展	14
一、最大摄氧量的间接测定法	14
二、运动员“无氧阈”的研究及其意义	24
三、最大吸氧量与运动员选材	32
四、关于肌肉运动时乳酸代谢——“无氧阈”研究的进展··	53
第三章 科学论文	69
一、反映“无氧阈”的无损伤性测定方法——潮末呼出 气 CO ₂ % 峰值	69
二、反映中长跑不同项目运动员生理特点的“无氧阈” 测定方法	84
三、少年中长距离游泳运动员血乳酸阈值的追踪研究 ...	90
四、渐增负荷运动中“有氧阈”、“无氧阈”以及主观感 觉的探讨	93
五、在渐增负荷运动中不同环境条件对血乳酸堆积、乳 酸阈值及血乳酸堆积的影响	95
六、在高温、常温环境中进行渐增负荷运动，热脱水 对血乳酸堆积的影响.....	106
七、在高温、常温环境中进行渐增负荷运动、热脱水对	

LT、OBLA 及 RPE 的影响·····	120
八、高温、常温、热脱水和非脱水对血乳酸的影响·····	136
九、关于中国大学生无氧阈主观感觉的探讨·····	177
十、三种不同负荷方式对男大学生最大吸氧量和无氧阈 的影响·····	187
十一、优秀手球运动员最大吸氧量、无氧阈及主观感觉 的探讨·····	198
第四章 科研报告及论文摘要 ·····	206
一、反映“无氧阈”的一个无损伤性测定方法——潮末 呼出气 CO ₂ % 峰值·····	206
二、反映中长跑不同项目运动员生理特点的“无氧阈” 测定方法·····	209
三、在渐增负荷运动时不同环境条件对血乳酸堆积、 LT 和 OBLA 的影响·····	211
四、渐增负荷运动时环境温度对通气阈值和乳酸阈值 的影响·····	213
五、在高温、常温环境中进行渐增负荷运动，热脱水对 血乳酸堆积的影响·····	216
六、高温脱水对最大吸氧量和直肠温度影响的探讨·····	218
七、急性高温脱水对代谢及体温变化的影响·····	220
八、不同温度的变化对血乳酸阈值的影响·····	222
九、在高温、常温环境中进行渐增负荷运动，热脱水对 LT、OBLA 及 RPE 的影响·····	224
十、优秀手球运动员最大吸氧量、无氧阈及主观感觉的 探讨·····	226
附：发表论文及刊物 ·····	228

第一章 体育科研程序与方法

十多年前，王先生给我们讲授了一堂永远难忘的一课：如何进行体育科学研究。从此，使我们在体育科学研究途中用这把钥匙打开了重重大门，并逐渐地学会了如何进行体育科学研究。每当我遇到难题之时，便重温先生的指导而不断地进行着研究。今天在我学成回到祖国之后，深感先生的指导对于一个体育科学研究者来说是非常重要的。重温先生的指导而结合自己的实践体会，将使自己今后在科学探索的道路上不迷失方向，具备解决科研难题的信心和力量。

一、确定研究方向

在进行体育科学研究时，首先要确定自己研究的课题，也就是研究的方向，才能够确定自己研究的论文题目。研究方向往往是很大的，而且范围很广又不具体。这种方向只能体现一个研究者的基础知识面的广度。例如：研究方向为心肺功能的有氧代谢，这种方向包括有氧耐力、呼吸循环耐力、心脏耐力、末梢循环耐力、肌肉耐力等等。这就要求研究者要了解这些方面已有的研究，通过调研和阅读文献，弄清过去和现在的研究有哪些论点有争议和尚未解决的问题。在进行研究时，通常自己的研究方向应与指导教师的思维一致。在确定研究方向并了解掌握研究方向中一些具体的研究工作后，应找出具体的研究

问题,用辩证唯物主义的观点去分析哪些是本质的和非本质的,哪些是必然的和偶然的。把这些问题排成队,分析出问题的各个方面,把比较大的、笼统的问题分解成比较细的和具体的问题。要了解这些问题之间的联系,才能知道应从哪些具体问题进行研究。如上述心肺功能在氧代谢方面,经调查研究和学习,了解到它有8个方面,以及它们之间的联系,发现呼吸循环系统有氧耐力的研究可以进行具体的深入研究。我们必须从小的问题、具体的问题入手。从具体到一般,这是人类认识事物的正常程序,也就是我们进行体育科研的正常程序。王先生常对我们讲,作为一个硕士研究生要具备三个条件:一是要有巩固的基础理论知识;二是学会科研方法;三是争取在自己原有的基础上,在科研工作中有所突破。这就是说作为一个体育科学研究者,必须从小的和具体的问题入手。如果忽视这种方法,而是从范围广、意义大、层次多的问题上去研究,例如从上述8个方面去进行心肺功能有氧代谢的研究,对于刚刚开始从事体育科学研究而没有受过基本训练的人来说,是非常困难的。

确定研究方向,经过深入调查研究,选出具体的问题进行研究,这就是在确定研究方向并做了上述大量调查研究工作之后,进行定题工作。

二、确定研究题目

体育科研工作的第二步为定题。所谓定题就是确定论文的题目。题目的命题应措词确切,语言简练,要使读者一目了然。如果题目定得字多、范围大而不具体,则目的性不强,往往造成论文内容与题目不符,使科研工作走弯路。

三、文献查阅、整理与保存

在定题之后，应该进一步缩小调查研究、查阅文献的范围。查阅文献应围绕题目范围进行，尽量搞清楚这个问题研究的深度，过去和现在的研究是否存在不同观点以及第三者中间调和观点。了解这些问题就要求我们要学会查阅文献。

查阅文献都是通过阅读文章的内容时而引导的。例如：“运动时血乳酸上升，心率增加，pH 值下降 (3)” 在这段内容后面有小写的文献索引号“3”，这样可在文章后或书的最后文献章节部分查阅。我们就可以找到有关的图书期刊发表的期刊名称、作者、题目、时间以及页号数。通过一篇论文中与自己研究有关的内容，便可查出许多论文资料的出处，用这种方法可查阅出自己所需的论文。记得我在学习硕士课程时，确定研究方向之后，王先生给我一本专业书，让我去阅读，找出所需的索引、文摘等资料。通过阅读一本专业书，找出与研究方向有关的内容，查出内容的索引，这样便可引出这个内容的文献来自何处。在我读博士课程时，石河先生也一样，给了我一篇论文资料。由于我在硕士课程的学习期间，经过了科研方法的基本训练，所以我很顺利地进行了查阅所需文献的工作。当然这种方法需要费许多时间去查阅所需的文献。在电脑联网科学技术日益发达的今天，围绕研究方向查阅文献可以通过论文中的关键词(Key word) 及其不同词语的组合，通过电脑便很快的将过去不同年代以及最新发表的论文从世界各地在联网的范围内查阅到手。这就高速而大幅度地缩短了查阅文献所用的时间，为我们提供了捷径。

文献查到手，一定要会阅读。我们阅读论文时，不能像看小说一样，这不是享受和休息，而是用尽脑筋的工作。首先是

粗读，看一下题目、摘要、研究的背景、方法、结果、考察和结论等内容中的大标题和小标题，然后浏览一下图、表及文献的多少。这叫做走马观花。这样就对文章有了大概的了解，然后再精读。所谓精读就是在搞清楚论文的研究目的、研究方法、研究结果以及论点的基础上，要进行思考，要善于联想自己的选题与研究有用的知识。除了研究方法之外，特别是在论文的考察与讨论部分，要把这些知识记录下来，并加以思考、对照自己实践中的需要，去不断发现问题，研究问题，同时要引出更多的思考，阅读更多有关文献，力争掌握与自己课题有关的不同学术观点。所收集的论文要复印到手，在文章中找出重要论点，分析阅读并作重点笔记。作阅读笔记时应注意：1. 论文的目的性是否明确；2. 研究工作时是否指出要解决的问题；3. 已经做过的工作是否有文献，包括前人未做过（或前人已经做过的工作之上）的新的东西；4. 论文方法是否正确，数据是否可靠。我们既要学习他人论文中的有用之处，又要分析数据是偶然性还是有规律的。比如统计学中往往整体的数据中或样品中一个的增减便可影响两组数据比较时的相关系数的大小。因此，要对一些问题敢于提出疑问，找出不足之处，找出反证，培养自己的分辨能力。最好的方法是通过论文讨论的小型会议，向大家宣讲他人的一篇论文，通过回答大家的提问，来学习和提高阅读论文的能力。

我们将需要的论文复印之后，要进行分类、保存，以便学习使用。例如：对论文资料进行不同研究课题的分类；某个论点的同异分类；不同研究课题的分类；某个课题的不同年龄或不同性别的分类；人或动物实验等等。掌握的资料越多越好。为了便于在资料室查阅文献，这就要求我们做以下的工作。

四、制作文献卡

文献卡可分三类：一类是索引卡。要把所需要的参考资料做成索引卡，只要用卡片便可容易查到所需要的资料期刊出处。二类是摘录卡片。此卡片主要摘录文章中有价值的内容。要重点突出，题目（作者、题目、刊号、日期及页数）、目的、简单的方法、主要数据、论点及结论。要求简单明了，这类工作实际上是论文摘要（Abstract）。可以将论文摘要复印剪裁做成卡片保存。这种工作简单节省时间。当然通过自己对他人的论文做摘要工作，将学会提高自己的阅读论文、分析总结和归纳水平。三类是心得体会卡片。也就是读某篇论文后的心得体会。无论哪类卡片，文章的题目、卷数、期刊、年月日、页数及作者的姓名都要写清楚，以便查阅。当然，卡片的制作应根据自己的需要，在上述三类基础上对于文章研究的目的、方法、结果中的数据、图表；讨论中的主要论据、论点、数据和图表以及主要结论等等，都可以根据自己的需要各取所需制成卡片。

在大量收集阅读文献工作之后，也就是在做预备性实验之前，应该系统地完成一篇围绕自己研究课题的文献综述文章。

五、文献综述

文献综述是为自己选题、研究目的、研究方法、论文主要讨论理论提供依据。文献综述可分四部分。

（一）前言

首先说明这篇文献综述的目的是什么，说明将要讨论的概念、定义，简单地说明几个需要讨论、争论的题目，使读者明白即将进入这些问题的讨论。例如关于“无氧阈”的研究，首

先要说明无氧阈研究的意义，其次简单地说明无氧阈的概念以及不同观点。这样就使读者明白即将讨论什么问题。

（二）讨论部分

这部分是综述的主要部分，提出问题并用两种不同观点的有名学者的学说和论据来分析、讨论问题，并应解决这个问题。这就要求必须写出这个问题的历史背景、现状及发展方向，同时也要求写出这个问题的理论发展情况、创造性的结果、理论上的贡献及实践上所解决的问题。例如：在讨论部分应对于“无氧阈”的研究历史背景、何时、何人为何提出这种定义，其背景是什么，不同观点的研究有哪些内容，现在的争论有何发展。通过讨论部分的综述，使读者明白了不同观点研究的来龙去脉，研究问题的理论发展，创造性的研究结果以及至今还没有解决的问题和将要解决的问题。

（三）结论部分

概括分析部分的主要内容、主要观点，可以对此提出自己的观点是赞成或是反对。如果自己从未涉及过这个问题，则可以归纳大多数已被科学实验证实过的观点，但不能漏掉少数人的不同见解。

（四）参考文献

引用文献可按 A、B、C、D 字母顺序排列作者姓名、题目、刊物名称、卷数、页数及年月日。说明引用材料有根据，尊重他人的劳动，同时使读者查阅资料方便。

文献综述要重点突出，用的材料要真实，决不能歪曲文章原意。文献综述的内容一定要实事求是，若是自己的观点则一定要注明。

文献综述之后，应进入科研计划。只有在写过文献综述之后，才能制定出符合客观实际情况的科研计划。

六、制定科研计划

制定科研计划包括：(1) 题目（以及指导教师姓名）；(2) 研究的目的；(3) 选题依据；(4) 实验方法；(5) 实验预算；(6) 参加人或协作单位。

（一）题目：是指科研的定题。

（二）研究目的：明确、简单，一个或两个目的，科学论文多以一个目的为主。

（三）选题依据：从文献综述中找出自己的依据，简单说明问题是如何发现的，这个问题的研究情况、存在问题，以此而推出依据。

（四）实验方法：是指实验是用什么方法，包括使用仪器（名称）、各种测定指标、实验步骤、是否分阶段，其内容要详细并包括完成时期等。

七、进行预备性实验

制定科研计划之后，在进行正式实验之前，应做一个预备性实验。自然科学不只是文献综述，重要在于通过实验达到预期的目的。因此，通过小样本的实验，来确定科研计划是否可行。小小的预备性实验，麻雀虽小五脏齐全。成功了则将心中有数，对科研计划的实行建立信心和决心；失败了则找出原因，修改科研计划并少走弯路，成功率高，为正式实验打好基础。

八、进行正式实验

是指按科研计划进行正式的实验。实验日期、受试者的组

织（包括动物实验的顺序步骤）、表格记录纸张的准备等等都应同预备性实验一样齐全。

九、科研工作报告

其内容同科研计划，包括：（一）研究目的；（二）依据；（三）实验方法；以上略。

（四）实验结果和分析。将结果用统计学处理，然后用表、图来说明，应简单明了。在自然科学论文中所采用的表格应以大家易读明了的表格。现代科学技术高度的发展，用电脑编制的程序，以惊人的速度制成准确而漂亮的图表。无论科学技术如何发展，我们所绘制的图表一定要使读者一目了然。

（五）分析讨论

对实验的结果进行分析讨论，可以与他人的研究结果进行比较，指出相同之处及不同之处，在理论上进行分析，找出原因。

（六）结论

一般可写出几个结果（2~3），特别要将自己与他人的结果不同加以区别，简单地说出自己的看法。

（七）文献

写法同文献综述中最后文献部分的写法。

（八）附录

有参考价值的数据、图表可编入附录中。

十、前期报告和中期报告

上述如何进行体育科学研究从1~9阶段性工作中，通常需要开两次报告会。一是前期报告。“制定可行计划”之后，要进