

# 运动训练的生理学 和生物化学基础

人民体育出版社

# 运动训练的生理学 和生物化学基础

恩·恩·雅科甫列夫  
苏联 阿·符·科罗布科夫 著  
斯·符·雅納尼斯

蔣琳 苗兰卿 譯  
王大觉 校

人民体育出版社

Н. Н. Яковлев

А. Б. Коробков

С. Б. Янанис

Физиологические и биохимические основы  
теории и методики спортивной тренировки

“Физкультура и спорт”

Москва 1957

統一書号: 7015·1040

运动训练的生理学  
和生物化学基础

人民体育出版社出版·北京体育馆路·  
(北京市书刊出版业营业许可证书字第049号)

京华印书局印装

新华书店北京发行所发行

全国新华书店经售

850×1168 1/32 180千字 印张8 插页 平装 2

1969年7月第1版

1969年7月第1次印刷

印数: 1—2,000册

定价〔10〕平装 1.20元

封面设计·何 超

# 目 录

精 言..... 1

## 第一章 练习问题

练习学说发展历史概述..... 5  
在运动训练影响下有机体得到改善的生理学机制.....12  
运动时所发生的始动、营养和血管的反射性影响.....14  
在运动影响下营养性作用对有机体机能改善的意义.....18  
运动的生物化学规律.....19

## 第二章 训练程度的特征

训练对身体发展和骨关节装置的影响.....28  
在训练的影响下肌肉中生物化学和形态学的改变.....29  
在训练的影响下内脏和血液中所发生的生物化学和机能方面的变化.....35  
在训练的影响下中枢神经系统中所发生的生物化学方面和机能方面的改变.....40  
    在练习过程中中枢神经系统各个部分的机能改变 .....41  
    中枢神经系统中兴奋和抑制过程相互作用的形成是训练程度的重要标志 ..... 42  
    训练过程中神经中枢间协同关系和交互关系的形成 .....46  
    分析器区分机能的升高是训练程度的一个标志 .....48  
    大脑皮层可塑性的提高是训练程度的一个标志 .....51  
    牢固的条件反射联系的建立是训练程度的一个标志 .....53  
    第一和第二信号系统相互联系的建立是训练程度的标志..... 53  
    肌肉活动时机体的运动机能和植物机能的协调.....54  
    在训练状态中进行标准工作和最大限度活动时机体机能的变化56

### 第三章 运动技巧

形成运动技巧的一般生理学原理.....	62
条件反射的形成是形成技巧的基础.....	62
各分析器对形成运动技巧的意义.....	65
阴性和阳性条件反射是技巧不可缺少的组成部分.....	70
动作的外部形态和运动技巧的生理学基础.....	70
植物性机能对形成运动技巧的意义.....	71
思维对形成运动技巧的作用.....	75
动作的自动化.....	79
运动技巧的形成.....	81
技巧的转移和分化.....	89

### 第四章 运动素质的生理学和生物化学特点

力量.....	99
速度.....	105
耐久力.....	119
运动素质的相互关系.....	128
运动素质的消退.....	144
运动技巧和运动素质(力量、速度和耐久力)的相互作用.....	148

### 第五章 运动训练获得成效的基本条件

目的性.....	152
自觉性和注意力.....	158
练习的系统性.....	161
作业的手段、方法和形式以及训练环境的多样化.....	168
因材施教.....	176

### 第六章 训练方法

重复训练方法.....	196
-------------	-----

交替訓練方法	199
間歇訓練方法	202
比賽訓練方法	204

### 第七章 安排教練課的生理学和生物化学基础

机能准备 (进入工作状态)	212
准备运动	218
課的基本部分	222
課的結束部分	227

### 第八章 运动訓練計劃問題

准备时期	230
基本时期	236
过渡时期	244
結束語	249

## 緒 言

苏联体育的順利发展，沒有穩固的理論基础是不可能的。所以，1948年12月27日苏共中央的決議曾指出：必須更广泛地开展体育的科学研究工作，特别是有关运动的理論、方法和技术等問題的科学研究工作。

近代的科学資料和教練工作的实际經驗証明：各項运动的教學和訓練都有它一定的特点，但同时也有許多共同規律。研究这些規律，乃是体育理論学科的一个組成部分。

体育理論是一門社会教育科学。它和任何一門苏联科学一样，是以馬列主义理論为基础的。体育理論把苏联的教育原理具体地应用于体育运动工作中。

这一基本原理决不縮小体育理論的自然科学基础的巨大意义，也决不縮小从生物学上来論証許多重要的运动訓練教育原理的必要性。

为了正确而合理地安排教育过程，非常需要关于机体机能活动規律的知識。生物学科，首先是生理学和生物化学能給我們这方面的知識。

巴甫洛夫曾確認，各种教养和規律性都是人在整个生命过程中逐漸积累起来的一系列条件反射。因此，为了正确地进行体育教育，必須很好地了解高級神經活动的基本規律。这方面的例子，举不胜举。像什么是必要的力所能及的訓練負担量問題，活动和休息的比例問題，訓練和比赛后恢复期的合理安排等問題，难道不需要关于活动时期和活动后恢复期生理过程的知識就可以有效地得到解决嗎？

难道勿需掌握巴甫洛夫关于高級神經活动类型的学說，以及沒有关于人体对外界环境各种条件的个体反应的客观規律的知識就能够科学地論証運動員訓練的个体性嗎？

为了順利地发展体育和运动的理論，因而也是为了有成效地发展它的实际工作，不仅必須运用运动生理学的材料，而且还要运用机能生物化学的材料。

物質代謝过程和生物化学的轉化过程是生命的物質基础，因而也是所有生理过程的基础。巴甫洛夫很早就曾說过，生理学的最終任务乃是了解生理机能的物理化学基础。

沒有这些材料，便不能了解各种运动的力能学和运动时机体内所产生的变化等一些极重要的問題。要知道，运动練習时的呼吸系統和循环系統的机能，就是保証活动时能量的供应。

但是不能不承認这样一个事实：巴甫洛夫的生理学和机能生物化学的資料还没有很深入地貫徹在体育理論里。甚至作为訓練和教育等許多問題的自然科学基础的巴甫洛夫高級神經活动学說，目前在体育和运动的理論与实践方面还没有很好地生根。

在許多已經发表的有关运动訓練問題的著作中，仍然还有只对所采用的手段作些形式上的叙述，开出作业的日程計劃，而不能有理由地解释为什么获得了成績，也不指出为什么一定要这样，而不是那样去安排訓練。

在許多情况下，有人以为简单地用生理学名詞代替心理学名詞和教学法名詞，就可以根据巴甫洛夫学說来解决体育理論和方法上的一些問題了。当然，这种形式上的代替，比如，把“技巧”換为“动作定型”，并不意味着真正地改造了体育理論。

并且，近代生理学和机能生物化学所积累的一些材料証明，在体育运动的理論方面，把教育学和生物学更加紧密結合起来的时机已經到来了。教練員和生理学家以及生物化学家在工作中有效地协作的經驗，証实了这一看法的合理性。苏联中央体育科学研所在田徑方面的研究，以及列宁格勒体育科学研所在滑雪、划船运动等方面的研究可以作为例証。



上述情况也正是促使本書作者试图把教育学的材料和生理学、生物化学的材料結合起来的一个原因。著者的任务是：从生理学和生物化学方面推断教練員和教师的先进經驗，并借此在某种程度上解决体育运动理論和方法方面所存在的問題。

在这本書內，著者沒有涉及体育理論的所有方面。著者的任务是非常局限的，也就是揭示运动訓練的一般理論和方法的生理学和生物化学基础。

在体育理論上，运动訓練这一概念包括着一个广泛范围内的現象，即包括与采用各种措施为有效地解决身体发育的任务、解决訓練和培养道德、意志、智力和动作等品質的任务有关的各种現象。除了这种广义地理解运动訓練以外，在生理学著作中，以及在运动实际工作里，常把“訓練”这一名詞理解为：为了改善和发展某些特定的素質而多次反复进行某一动作的整个过程。

从生理学方面对那些主要同个人的道德和思想面貌有关的感情、意志、道德和智力等个性品質的培养方法进行分析虽然是很誘人，但是著者不得不从这一术语的狭义方面来叙述訓練的成效問題。因为在文献中这一問題还叙述得不够，并且缺少相应的实验工作。

由于这一原因，著者不专门地叙述象初期教法和糾正錯誤的方法等問題。

本書对象是体育科学工作者、体育院校和体育教研組的师生，以及运动医师。

本書叙述了肌肉活动的生理学和生物化学的材料，記載了对訓練中的运动员所进行的生理学和生物化学的觀察結果。这些材料主要是苏联科学家在从事体育运动研究工作的科学机构和教学机构中获得的。这些与苏联体育理論的基本教育原理相結合的材料，不仅丰富了現有的体育运动工作，同时，正如著者所預測的，在某种程度上还可以为体育的实际工作和运动訓練的发展开辟出一些新的途径。

虽然本書中有許多教育学方面的建議和結論，但本書不是运

动訓練的实际教学参考書。然而这些建議和結論涉及到一般的原理和規律，并且需要根据各项运动的特点，根据不同年齡組和不同的訓練程度进一步創造性地使之具体化。

本書的任务还在于指出运动訓練过程中的一般規律，同时也应強調指出：企图为各种具体情况找出一个統一的提高运动能力的方法是錯誤的。

著者先从一般性的問題，如練習問題和訓練状态的特点問題开始敘述；然后闡明一些具体問題，如运动技巧的形成、运动活动素質特点的发展等；再其次，敘述运动訓練成績的基本条件，进而闡明訓練方法的生理学和生物化学的評價，以及安排教学和訓練作业的生理学和生物化学的原理；最后，敘述运动訓練的計划。

## 第一章 練習問題

練習問題，無論在教育學上，以及在體育理論上，都有很大的意義。合理地安排運動訓練，只有在了解練習這一教育過程的規律的條件下方能做到。如果不把練習的生理學和生物化學的原理揭示出來，也就是不把有系統地進行身體練習機體即能提高其工作能力這一原理揭示出來，教育過程是不可能完善的。

當着手討論這一重要問題的時候，我們應該強調：在體育運動工作中，“練習”這一個詞有雙重意義，即練習過程（運動）和練習手段。下面我們運用“練習”這一詞時，是從它第一個含義說的，而談到“運動練習或身體練習”時，是從它第二個含義運用這個詞的（譯者按：俄文Упражнение這個詞的雙重意義較難表達，它一意為練習手段，另一意為練習過程，即相當於我們所理解的“運動”或“體育活動”二詞的概念；因此，譯者根據文中情況有時譯為練習，有時譯為運動，但兩者涵義區別不大）。

### 練習學說發展歷史概述

在整個有機界發展的理論方面，特別是在高等動物發展的理論方面，近代的科學思想特別強調這樣一個原理：機體的全部機能活動是它與外界的平衡過程。巴甫洛夫曾經說過：“活體能作為一個體系生存於外界，僅僅是因為這個體系與外界保持不斷的平衡”，“有機體所處的周圍環境是極其多種多樣的，並且它處於經常的變化之中”。①

① В.И. 巴甫洛夫全集，第三部，1942，俄文版198頁。

由此可見，巴甫洛夫把动物以及人体看作是與它外界环境处于相互作用中的一个体系。

在进化过程中，随着机体的发展和完善，它們与外界的相互作用愈来愈变得多样化起来。

机体的构造愈复杂，它与外界的联系愈是多样化。

人与外界的相互作用是极其多种多样的，因为人除了与外界有极复杂的生物化学的平衡形式以外，他还产生了与第二信号系统有关的人的特殊反应。

人与外界相互作用的过程，已发展为一个用来改变和改造外界环境的积极而自觉动作的完整体系。

在劳动过程中，人作用于自然界，同时本身也发生了改变。馬克思說过：“劳动首先是人与自然之間的一个过程，在这个过程中，人用他自己的活动来引起，来调节，来統制人与自然之間的物质变换。人以一种自然力的資格，与自然物质相对立。因为需要在一种对于他自己的生活会用的形态上占有自然物质，才推动各种属于人身体的自然力，推动臂膀和腿、头和手。但当他由这种运动加作用于他以外的自然，并且变化它时，他也就变化了他自己的自然”。<sup>①</sup>

在社会发展的过程中，社会教育問題愈来愈具有重大意义。

这样便产生了专门的教育訓練和实用教育学，特别是在体育方面便产生了身体練習。

身体練習很早就为人們所熟知。在所有古代国家的教育体制中，对身体練習都給了很大的重視。

早在公元前3000年，古代东方的一些国家中，便已产生了技巧运动的跳跃、头倒立、滾翻等类型的动作。

整个历史实践，以及运用身体練習的日常經驗，已令人信服地証实了：身体練習对練習者的身体发展和工作能力的提高都有良好影响。但是到了19世紀，当拉馬克(Ламарк)和达尔文的进化学說深入自然科学的时候，練習过程才成为科学研究的对象。

① 查本論，俄文版第八版，1931，第一卷，119頁。

根据拉馬克的說法（动物哲学，1809年），有神經系統的动物，其加强練習的器官会不断发展、增强和加大，而沒有練習的器官，便不断衰弱而縮小。为証实这一原理，拉馬克从动物界进化过程中列举了許多例子。但是，他站在形而上学的唯物主义观点上，他不能揭示出在工作器官中所产生的結構变化的生理学机制的本質。

在維里盖里姆·魯（Вильгельм Ру，1895）和列斯加夫特（Лесгафт，1905）的著作中，进一步发展了拉馬克的思想。列斯加夫特掌握了大量实际材料，他不仅令人信服地証明了練習对各器官发育的意义，同时也証明了机体根据活动的种类和特点而在形态学上加以适应的具体特点。至于談到維里盖里姆·魯，他的著作首次作了揭示練習机制的尝试。他繼續发展了拉馬克的思想，即認為：由于“营养刺激”的作用，在活动着的組織中，同化过程开始增强，繼而超过異化过程，結果便使活动着的机体发生改造。

后来，練習問題的发展产生了两个学派。一部分学者根据19世紀50年代广泛流行的局部观点，把注意力主要集中于器官和組織的局部变化上，把練習仅看作是周围工作器官的适应性反应。而另一部分学者站在比較进步的哲学观点上，把整体的变化看作是練習的基础。

例如杜薄雷蒙（Любуа-Раймон，1881），从理論观点討論練習問題时，証明身体練習主要是神經系統的練習，并且反对当时广泛流行的一个观点，即認為練習仅能促进运动器官的发育。

19世紀60年代，俄罗斯自然科学的迅速发展是与許多奠定近代生理学基础，从而也給練習学說奠定了基础的卓越科学家的名字分不开的。在这些科学家中首先要推包特金（Боткин），他提出了神經論的原則，并且明确地指出了中枢神經系統在机体与外界环境相互作用的过程中对联合和調节整个机体机能活动的意义。从此也就得出他的一个唯一正确的科学原理，即机体的整

体观念，而否認机体是一个在某种程度上自主的細胞、組織和器官的总和。

俄罗斯生理学之父謝切諾夫（Сеченов）的著作对練習理論的发展有更为重大的意义。

謝切諾夫在建立神經系統活动的反射論上，以及在揭示中枢神經系統的抑制現象上有极大的功績。这对調节机体机能活动的复杂过程的理解，有重大意义。謝切諾夫关于肌肉系統在起着感觉器官的作用这一观点，給近代运动协调学說奠定了基础。謝切諾夫努力研究整体的神經活动，亦即专门研究神經活动在机体内是怎样进行的。这不仅使他能够发现肌肉活动时出現疲劳的原因，同时也能指出，并且科学地加以論証防止疲劳的方法。謝切諾夫确定了一个极重要的事实：安靜与以一定形式組織活动相比，是防止疲劳效果較小的一种方法。謝切諾夫的这一原理为积极性休息学說提供了基础。目前，教师在制定訓練計劃，在确定教練課和生产体操中合理的运动程序时，广泛地运用着这一原理。

謝切諾夫的特殊功績还在于对生产动作的生理学机制进行了分析。

随着訓練学說的发展，以及它在体育运动上的运用，就有必要把多种多样的身体練習加以分类。这一分类是由拉格兰什（Ларранш）第一次在他的“运动生理学”（1889）一書中提出的。在这本著作中，拉格兰什涉及到运动生理学和运动卫生学的許多重要問題，并且按力量、速度和持續時間把运动練習首次作了分类。在这一書中，他也敘述了动作的自动性問題。拉格兰什所提出的許多理論，直到現在仍不失其意义。

后来，練習問題的研究特点，是补充实际材料，从神經論观点或者是从旧的局部观点試圖闡明練習的生理学机制。

在20世紀初，冲茨（Цунц）和舒布尔格（Шубург，1901）用了当时极精細而完备的方法对行軍过程中战士操練情况进行生理学的分析。他証明，在操練中，由于活动的影响，氧的需要量有所減少，而机体的有效动作比率却有所增加。冲茨和他的

学派的古典著作，給后来研究肌肉活动力学的許多实验打下了基础。在研究各种劳动时，也有人証实由于进行了练习，有效动作比率升高了，活动时氧的消耗量减少了。这种生产率的提高，当时是用下列两个因素来解释的：1. 由于消除了多余动作，动作的协调有了改善；2. 肌肉質体增大了。

然而，后来，西蒙松（Симонсон）和利謝尔（Рисер）对仅用上述因素来解释受訓者在单位活动时能量消耗的减少产生了怀疑。在1927年，这两位学者为了排除练习时改善动作协调的因素对产生活动能力的影响，而选择了直臂抓举杠鈴这样一个在协调结构上很简单的动作作为研究对象。实验証明，在长时间的經常练习之后，不仅能减少进行单位工作时的总消耗量，同时恢复反应的速度也有所增加，特别是表现在活动过程中所产生的乳酸較迅速的消失上。英姆勃坚（Эмбуден）和加勒斯（Габс）的著作（1929），以及巴拉津（Палладич）和他的学派（巴拉津和費尔德曼 Фердман，1928年；費尔德曼和法伊恩什米特 Файншмидт，1930年——等人）的著作，也属于这一时期的經典著作。这些著作确認在练习影响下，肌肉的势能，以及与肌肉活动化学变化有关的許多有机化合物在肌肉中的合成均有所增长。在运动影响下，肌肉内势能的升高，当时解释为在休息过程中因工作而消耗的能量来源得到超額恢复的结果。这一原理烏赫托姆斯基（Ухтомский）作了很好的解释：“做工作不消耗某种能量来源是不可能的，这是一个无用爭辯的真理。但是活体的同化能力很大，能够不断补充經常的消耗，这也是一个毫无疑問的事实。正如实验所証实的那样，这种代偿性的同化能力之大，常常使活动器官都蓄积着能量物質，特别是工作势能。兴奋性刺激能使器官中工作能量的消耗过程升高，但同时补偿消耗的同化过程也增强了。这种相反的同化过程如此之强，以致常常不仅能弥补过去的消耗，而且使工作势能的积蓄量比它原先的水平还要高”。①

① А.А.烏赫托姆斯基选集，第三部，1951，113頁，俄文版。

但是，后来的研究工作証明，仅用活动器官中生化过程的变化来解释練習程度是不全面的。

西蒙松和利謝尔在設置他們的試驗时曾經認為，直臂挺举重物是一种简单的动作，因而这时由于練習而产生的协调改善这一因素对活动能力的升高最終不起什么影响。他們对这一問題无根据的推测，正如后来柯西洛夫（Косилов，1913）的研究所闡明的那樣，是錯誤的。柯西洛夫非常正确地指出：举起重物时，一开始就要求上肢保持伸直的状态是难以完成的，因为这一点在协调方面不适合日常的动作經驗。此外，这一动作违反減輕負重的原則。根据这一原則，在自然动作条件下，随着肌肉的縮短，抵抗重力的時間便减少。这一缺点使西蒙松和利謝尔不去重視动作协调的改变是一个提高活动能力的重要因素，因而他們所获得的結果就非常片面。

柯西洛夫在他的研究中对比了气体代謝和动作协调的一些資料，并作出結論說：活动能力的升高与动作协调的变化是平行的。同时，动作协调是練習过程中提高活动能力的一个极相关的原因。

所有这些材料，說明了在練習影响下整个机体机能的神經协调发生改造这一重要意义，但这并不排除工作器官（肌肉）在生物化学和形态学方面发生改变的意义。

近代自然科学中唯一正确的唯物主义观点，承認复杂机体的所有形态和机能都受它生存条件的制約。这一个生物学（也包括生理学）上的先进的唯物主义的世界观，是由許多先进的思想家所創造的。但是，自然科学中的一个新时代——真正唯物主义的，同时又是创造性的自然科学的时代——是由伟大的俄罗斯生理学家巴甫洛夫所开辟的。适应过程是生物界的发展基础。个体适应外界条件，以及使外界条件适合机体的要求的机能，在高等动物是由大脑皮层来实现的。巴甫洛夫說过，大脑皮层就是这样一个器官，它專門用来經常地实现机体与外界愈来愈完善的平衡，它是相应地并且是直接地反映外界极其复杂的綜合現象和它



的变化的一种器官，在某种程度上它也是不断发展动物体的特殊器官。

巴甫洛夫说过，大脑半球主要是，也可能唯一是，各分析器脑部的末端。所有高级的和低级的机能（无论是动物性的或植物性的）在皮层中都有它的代表区域。

在大脑皮层中进行着把单个的、分离的因子联合成统一的整体体的过程，亦即按神经接通和形成条件联系的机制，进行着内外影响的综合过程。

在练习影响下，在人体各器官和各系统的活动中所发生的变化，是适应反应的结果。而产生这一结果的基础，乃是非条件反射的实现和条件反射的形成的机制。

整个机体的活动是互相联系着的应答反应（条件反应和非条件反应）的复杂总合。机体的这种反应的总合，是由大脑皮层调节的。

肌肉活动时，条件反射对调节机体各个系统的机能的意義，首先在观察各种起赛前状态和起赛状态时得到了说明。这时，心脏活动的增强，呼吸的增大和加深，肝脏中糖元的动用，以及其它供给肌肉活动能量的许多过程，都比由于血液中出现过量的二氧化碳刺激了呼吸和血管运动中枢以及其它生理过程而使呼吸和血液循环活动发生改变这种内分泌机制的作用出现得早。

肌肉活动时，在饱满的情绪的影响下，工作能力的急剧升高也证实了中枢神经系统的良好作用。每一个运动员都可以举出许多例子，说明在比赛时突然的感情兴奋可以使他产生预料不到的力量、速度和耐久力，而这些力量在平常情况下是不可能有的。

大脑半球皮层的影响不仅在活动开始时存在，而且在整个活动过程中，都在非条件反射和条件反射的作用下，根据内外界变化的条件对整个生理过程进行着直接而精细的调节。由此可见，肌肉活动能引起所有生理机能协调的改造，并引起工作器官形态学和生物化学上的改变。