



实用运动医学

实用运动医学

曲線城 高云秋 浦鈞宗 陈吉棟 等編著

〔内部发行〕

人民体育出版社

一九六五年·北京

出版者的話

这本实用运动医学，是我国运动医学研究人員在总结多年研究心得的基础上編写的。編者提供了不少我国的經驗和資料。書中有关运动外伤的預防和治疗，綜合的体格检查方法中的特殊检查，以及医疗体育等，都具有一定的实用和参考价值。

出版这本书，主要是供医学界、体育界内部参考。本书是一九六二年脱稿的，近年来特别是去年冬季以来，各运动队都进行了不同以往的“三从一大”的訓練（从实战需要出发、从难、从严、进行大运动量訓練）。事物总是不断向前发展的，新的实践也将带来新的經驗，新的認識。这是需要我国运动医学工作者、教練員和运动員，在新的实践中，繼續探討和研究总结的。

一九六五年四月

统一书号：7015·1224

实用运动医学

〔内部发行〕

曲綿城、高云秋、浦鈞宗、陈吉棟 等編著

*

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出字第049号）

北京商标装潢印刷三厂印刷

新华書店北京发行所发行

全国新华書店經售

*

787×1092 毫米 $\frac{1}{16}$ 560千字 印张28 $\frac{4}{16}$ 插页16

1965年10月第1版

1965年10月第1次印刷

印数：1—3,700册

定价〔10〕4.50元

目 录

序 言	1
-----	---

第一章 运动医学的工作任务、 内容和組織	2
-------------------------	---

第二章 体育的生理学基础	6
一、肌肉活动的各种形式及其 对机体的影响	6
二、运动技巧和运动素质形成 的生理机制	10
三、訓練状态的生理指标	14
四、疲劳与恢复	18
五、工作适应过程、赛前状态 及准备活动	22
六、运动员高级神经活动的类 型	25
七、某些运动项目的生理特点	26

第三章 综合体格检查方法	33
一、一般史及运动史	35
二、体表检查	35
三、人体测量	37
四、各系统和器官的检查	44
五、联合机能試驗	50
六、化驗检查	54
七、特殊检查	54
(一) 心血管系统的X綫检查	54
(二) 心电图检查	63
(三) 心冲击图检查	100
(四) 心音图检查	105
(五) 动脉血压示波描記检查	109
(六) 肺功能检查	113
(七) 动脉血氧饱和度检查	142
(八) 运动场上的机能检查	146

第四章 健康分組	157
----------	-----

一、健康分組原則及标准	157
二、健康分組工作的进行	158
三、健康分組統計資料及事例	158

第五章 儿童、少年、老年人及 妇女的体育鍛炼	175
一、儿童少年的体育鍛炼	175
二、老年人的体育鍛炼	178
三、妇女的体育鍛炼	186

第六章 运动卫生	192
一、运动訓練卫生	192
二、个人卫生	193
三、运动場地卫生	195
四、自我身体检查(自我监督)	196

第七章 运动员的营养卫生	199
一、运动员营养卫生的重要性 及其工作内容	199
二、运动员合理营养的理論基 础	199
三、食物中毒的預防	222
四、专项运动的营养特点	224
五、运动员在比赛期的营养特 点	226
六、青少年运动员的营养特点	228
七、运动员在不同季节訓練时 的营养卫生特点	228
八、营养状况的評定	230

第八章 常見运动性疾病之診斷、 預防与处理	240
一、过度訓練	240
二、过度紧张	241
三、低血糖症	242
四、胃腸神經官能症	243

五、高血压·····	243	四、手及腕部的运动创伤·····	328
六、肝脏疼痛征候群·····	247	五、脊柱的运动创伤·····	338
七、血尿·····	248	六、跑、跳运动员的骨盆部创伤···	346
八、物理病因疾病·····	252	七、大腿部的运动创伤·····	347
九、高原适应不全症·····	254	八、膝关节部的运动创伤·····	348
十、其他·····	254	九、小腿部的运动创伤·····	378
第九章 运动创伤 ·····	258	十、踝关节部的运动创伤·····	385
总论 ·····	258	十一、足部的运动创伤·····	393
一、运动创伤的分类·····	258	十二、头部的运动创伤·····	398
二、发生运动创伤的原因·····	263	十三、运动员周围神经的微细损	
三、运动创伤的预防原则·····	267	伤·····	400
四、各类运动中常见的创伤及其		十四、腹腔内部的运动创伤(挫	
预防·····	268	伤)·····	405
五、运动创伤的一般急救处理···	282	第十章 医疗体育 ·····	410
六、运动员肌腱韧带与关节创		一、医疗体育的一般基础·····	410
伤的一般处理·····	289	二、医疗体育的生理作用机制···	418
七、运动创伤的统计·····	299	三、外科疾患的医疗体育·····	422
各论 ·····	301	四、内科疾患的医疗体育·····	433
一、肩部的运动创伤·····	302	五、神经瘫痪的医疗体育·····	441
二、肱骨的投掷骨折·····	315	六、妇产科疾患的医疗体育·····	445
三、肘关节部的运动创伤·····	318		

序 言

运动医学是个年轻的学科，我国在1956年才开始在医学院和体育学院成立这个专业。几年来随着国民经济和文教、体育、卫生事业的巨大发展，运动医学专业的发展也较快，不仅先后成立了独立的研究及医疗机构，而且培养了一定数量的专业干部。但是就目前国内所使用的运动医学书籍及资料来看，大部是国外的，不仅不完全符合我国的实际情况，而且数量也很少。因之，许多体育与医务工作者，都希望有一本能反映我国运动医学情况的书籍，作为解决实际问题的参考。这本“实用运动医学”，就是这样在同志们和领导的鼓励下写成的。

本书计十章，主要内容包括四个部分，即医务监督、运动员营养、运动创伤及医疗体育。是以四次运动医学进修班使用的运动医学讲义为基础，结合北京运动医学研究所的研究工作经验，和国内外资料编写成的。为了便于在实际工作中应用和进行科学研究，书中的某些章节，如体格检查的特殊检查方法、运动员营养及运动创伤等，还做了较详细的讨论与阐述。

本书的主要对象，是运动医学医生、运动队的医务人员、校医、防疫站医生、医学院和体育学院学生，以及体育教员和教练员。也可供一般医务工作者进行医疗、科研工作的参考。例如心肺功能等特殊检查的方法和指标，与内科及劳动卫生的劳动能力和机能鉴定有密切关系；运动创伤部分与一般骨科医师的工作直接相关；医疗体育与临床各科医师都有关系等。

最后，由于编者对运动医学的实际经验有限，理论的钻研也不深入，书内可能存在很多缺点或错误，因此恳切期望读者赐予批评与指正，作为今后修订时的依据。

编 者

1962.11.15. 北京。

第一章 运动医学的工作任务、内容和組織

运动医学在我国是一門新的学科，1956年才先后在我国医学院及体育院校增設此門課程。它是一門研究运动对机体影响的綜合科学，与基础医学、医疗医学、預防医学都密切关联，是随着体育事业发展的需要与科学的分工逐渐形成的。目前一般認為其目的与任务包括三个方面：

一、研究如何通过体育运动来增强人民體質的問題，并提供科学的理論基础。

二、利用現代各种医学科学方法，評定运动員的訓練程度，保証运动員进行合理的訓練，从而發揮最大的运动效能，以提高运动技术水平。

三、防治运动創伤及运动性疾病。

其服务对象有三方面：

一、群众性体育方面：研究并指导学校、工厂、矿山、老人、儿童及妇女等进行合理的有益于健康的体育鍛炼。

二、运动队和各种体育团体的运动員訓練（包括国防体育項目）。

三、病人的体育鍛炼方面：包括住院病人和非住院病人。

根据上述任务及服务对象，随着科学的分工，运动医学主要内容有：1.医务监督（以运动員的机能診斷，运动性疾病的防治，患病后訓練安排，运动卫生等工作为主）；2.运动創伤（以运动外伤的防治，伤后訓練安排等工作为主）；3.运动員营养卫生；4.医疗体育（以組織病人的体育治疗为主）。实际上，在运动医学的实践中，它們是彼此联系的，分工只是为了工作及深入研究的方便。例如做一个普通的体育教員，給学生上課时，对体弱組或患慢性病（如心脏病、不活动的肺結核、遺有残疾的各种麻痺）的在校学生的鍛炼安排，就需要懂医疗体育。作为一个运动医学的医生来講，則更需对上述内容有較全面的理解，如果只懂运动創伤不懂医务监督，有时就很难做到預防創伤，因为很多創伤是不适当訓練的結果。

运动医学的工作內容，有以下几方面：

一、对从事体育运动者进行防治观察

（一）对参加体育运动者进行体格检查。有三种形式：

1.初診检查 在开始参加体育运动时进行。应当解决三个問題：

（1）决定能否参加运动，例如有心脏病、肺結核等較严重的疾病，即不能参加任何运动。

（2）决定参加那些运动，例如在校学生經過初診检查后，应根据結果分組鍛炼。一般分成甲、乙、丙三組（又称基本組、准备組与体弱組），其中丙組又称医疗体育組，主要是組織在校患病学生的体育鍛炼。以上三組，根据健康与體質水平，各有其專門的教学計劃与教学大綱。对参加集訓的运动員，初診检查也很重要。集訓队的

运动量較大，如在集訓前不进行詳細的初診检查，常常严重影响某些運動員的健康，甚至造成事故。初診检查也可提供運動員的健康水平、机能情况的材料，作为运动量的安排、动作禁忌与否等的依据。

(3) 提出必須做哪些运动，例如有脊柱側弯的人，必須做矫正体操；工厂中不同工种的工人，应进行不同内容的生产体操，以預防职业病等。

2. 复診检查 運動員按照已定的内容鍛炼后，經過一定时期，应进行复查。学校学生一般一年复查一次。如限于人力不能全面检查，采用取样法检查（20%）即可。对集訓队队员，应按訓練周期，定期检查。复診检查的目的，是了解参加体育鍛炼后身体的变化情况。根据检查结果，如有必要，可改变分組、訓練方法或調整运动量。

3. 补充检查 在参加大型运动会重大体力負荷項目比赛之前，在伤病后或因其它原因而长期中止运动后再鍛炼时，都要进行补充检查。并根据检查结果，决定是否参加比赛或恢复运动，以及恢复运动时的注意事項。

体格检查的内容因对象而不同。一般学校学生运动量較小，其检查内容也較簡單（見運動員体格检查表）。对参加集訓的運動員，由于运动技术水平要求很高，发生伤病及不适当訓練的机会較多，利用一般運動員的体格检查内容常常不能說明運動員的健康状况或訓練程度，因而内容中，应根据專項、年龄及性别的特点，增加必要的特殊检查，例如心电图、心音图、心肺功能、脑电图等特殊检查。对病人参加体育鍛炼时，其检查特点除应了解疾病及全身情况外，应着重检查受害器官的机能情况，例如心脏病或高血压病人应重点检查心机能，但要注意做負荷机能試驗时，負荷量不宜太大。高血压病人检查时，也不应做閉气試驗或“U”形管試驗，否則可导致死亡或使疾病加重。

(二) 体育教学法的医学检查：运动医学医生应定期或根据临时需要，到运动場观察体育教学或訓練課。其目的是：

1. 观察教学分組是否恰当，运动量及内容是否符合要求，例如患有先天性心脏病的某些学生，可以毫无症状，机能也可以很好，他們如果被分到医疗体育組練習，运动量太小，达不到鍛炼身体的目的，分到乙組練習是否合适呢？进行临場观察，并了解运动时身体的反应就可以更恰当的做出結論。对集訓队队员进行临場观察尤其重要。这不仅可以帮助发现与肯定運動員是否有过度疲劳或外伤情况，并且可以了解運動員是否真正遵守医生的嘱咐，例如室内检查怀疑有过度疲劳，在运动当中又发现有情緒萎靡，动作失調，成績下降或临場机能检查不良等現象，即可肯定診斷无疑。又如临場观察中，如发现膝軟，即肯定膝部有伤，这些都是室内检查所不能获得的材料。从这些材料的分析，也可以进一步判断教学或教練課的内容与运动量安排是否恰当。

2. 检查教学法是否符合生理学原則。

3. 检查安全措施的情况。

根据以上检查结果向教师或教練員提出建議。

为了观察一次訓練中运动量的大小及其分配情况，应在运动前、課的各部分（开始部分，准备部分，基本部分，結束部分）及运动后，測定部分運動員的脉搏、血压及呼吸頻率，記錄并做出生理負担曲綫。整个曲綫的高峯应在基本部分，并在課后10分鐘时，基本恢复安靜时的水平。

(三) 組織并进行預防和医疗措施：这项工作是由医院的运动医学科、其他医疗

科室、集訓队队医、运动場医生、校医等共同进行。治疗工作包括运动創伤、运动性疾病及一般疾病的治疗。必要时应会同教練員和运动员进行体育医学会診（医生根据检查运动员的結果，提出訓練中的注意事項，教練員參照医生的意見訂出訓練計劃，运动员按此計劃进行練習，以后再复查，医生教練員与运动员再共同修改訓練計劃。这种工作方法叫体育医学会診或三結合工作方法），共同研究伤病原因、机制、治疗及以后的訓練安排。在預防工作中，除对一般疾病，如伤风感冒、腸胃道疾患、各种流行性疾病——等的預防外，最主要的是預防运动性疾病（如过度紧张、过度訓練等）和运动創伤等。医生应采取各种有效措施預防运动伤害事故，如禁止未經体格检查的人参加比赛，禁止无訓練的人或病后未完全恢复的人参加比赛，經常統計創伤，研究創伤发生情况和原因，在教練員会上提出报告，并討論研究有效措施，加以預防等等。

二、对运动場地进行卫生监督：对运动場地的卫生检查必須經常进行，在比赛前尤应細致地检查。运动場在設計与驗收时，应有医生参加，这样才能保証运动者良好的外界环境，預防因場地、房舍及器械的不良条件影响运动员的安全及健康。医生除平时經常检查場地器材、运动服装、气温、光綫、防禦設備……等条件要符合卫生要求外，主要是监督教員、教練員与运动员遵守卫生制度，并采取措施消除卫生工作中的缺点。

三、卫生宣传工作：宣传的内容很多，如运动员的个人卫生、飲食卫生、运动员創伤的防治、自我监督的方法、疾病的預防和急救等。对于集訓队的运动员，医生必須教会其进行急救及自我监督的方法。

四、組織比赛时的医学服务性工作：在运动会中集中較多的运动员进行紧张的比赛时，发生創伤以及传染病等問題的机会較多，故有必要組織医务人員参加。医生根据需要参加裁判委员会工作，对医生工作范围以內的問題的决定，裁判委员会必須执行。医生的工作任务主要是：

（一）制定运动员能否参加比赛的健康标准，检查运动员健康检查的証明，必要时做补充检查，禁止条件不合格的运动员参加比赛；

（二）检查比赛場所的自然环境及場地設備的卫生情况；

（三）采取各种措施預防运动創伤；

（四）检查运动员的生活制度及食宿卫生；

（五）組織临場救护工作，指定医疗机构进行伤病的治疗，并根据运动员的身体情况决定能否繼續比赛；

（六）监督比赛規則的遵守情况。

五、組織并指导医院、疗养院及疗养地的医疗体育工作。医疗体育有的单位把他放在物理治疗中，作为一个理疗的学科内容。事实上医疗体育是对病人的体育运动进行指导与监督；其内容远非一般的理疗的概念所能包括，例如在疗养院或疗养地短時間休养的工人或战士，其体疗内容和一般学生体育課或訓練課的内容差不多，因而一般狭义医疗体育内容絕难包括，一般的医生也不能指导他們从事有益的鍛炼，因此运动医学的医生承担这一工作更为恰当。

六、进行运动医学的科学研究工作：这项工作主要由专门的研究机构、医学及体育院校的运动医学教研組进行。一般运动医学医生，主要是根据平时的观察及体格检

查材料进行。

关于运动医学工作的組織：

利用运动医学的研究成果，对参加体育运动者进行系统的有組織的监督，是社会主义国家体育为人民健康服务的特点。

我国目前正在創造条件，逐步建立及推广这一工作。目前各个医学院的运动医学科都承担了这一工作。不少地区还建立了运动保健医院和运动医学研究机构。相信，随着我国工农业水平的巨大发展与体育事业的突飞猛进，我国体育运动的保健与組織机构也必将日趋健全起来。

(曲綿域)

第二章 体育的生理学基础

一、肌肉活动的各种形式及其对机体的影响

在身体训练方面，目前还没有一个完整的、公认的分类方法，但从运动生理学角度，为了叙述和分析上的方便，根据运动对机体的不同作用，而按肌肉活动分类。

运动生理学中，常按下列原则，将肌肉活动分类：

（一）按完成动作的结构分类；（二）按动作发展的身体素质分类；（三）按肌肉活动的特点分类；（四）按活动的强度分类。现分别简述于下：

（一）按完成动作的结构分类 将肌肉活动分为三大组：

1. 周期性运动，各个运动周期，按严格确定的次序，反复进行的活动謂周期性运动。在完成此种运动时，中枢神经系统内神经活动的兴奋和抑制过程互相交替进行，因此比较容易形成一定的动力定型和达到动作的自动化，属于周期性运动的有跑、竞走、游泳、滑雪等。

2. 非周期性运动，运动周期不是互相交替，其动作可以重复，但重复动作之间，不是有机的联系，这种活动称非周期运动。在完成此种运动时，神经活动的兴奋和抑制过程，不是互相交替进行，运动员完成这些动作的好坏与其神经过程的灵活性有很大关系，并且各种分析器的机能起着很大作用。属于非周期性运动的有体操、拳击、摔跤、投掷等。

3. 混合性运动，有周期性运动又有非周期性运动的混合动作，例如急行跳高、球类运动等。

（二）按动作发展的身体素质分类 身体素质是完成动作时人体机能表现的各种要素。主要是指力量、速度、耐力和灵巧等，但是大多数运动项目不是孤立地仅发展某一种身体素质。例如百米跑是属于速度项目的运动，但必须要有一定的力量及耐力，否则也不能获得好成绩；又如万米跑是属于耐力项目的运动，但必须有一定的速度，否则练习和比赛就无意义了。因此，绝大多数运动项目都在一定的程度上发展了身体的各种素质，但是为了教学及实用上的方便，按某项运动主要发展那些素质来分类，还是有用的。

1. 力量：完成动作时的力量，随着训练程度的提高而增加，停止训练后，肌力即下降。增加肌力的因素一般为：

（1）形成条件反射性联系。这是增加肌力的重要因素，运动员能协调地完成力量性练习，除了参加肌肉活动的皮层部分兴奋外，而且其相应拮抗肌的中枢活动受到了抑制，故必须反复练习达到巩固地建立兴奋和抑制之间的条件反射性联系。

(2) 肌肉本身的組織学变化。经过一阶段訓練后,运动员肌肉的肌纖維增粗,肌肉內肌糖元、磷酸肌酸皆增加。肌肉內蛋白(肌凝蛋白、肌纤蛋白、肌基質蛋白等)的增加与肌肉的力量有很大关系,并且肌凝蛋白的增加也增强了肌肉中三磷酸腺苷酶的活性。这种变化大大增加了肌肉的力量,停止訓練后肌力的下降,一方面是条件反射性联系的消退,另一方面肌肉本身的结构退化。

(3) 練習的运动量大小、速度和持續时间的长短,对发展力量有很大的作用。运动量小(小于肌肉最大力量的20%),若再加上速度不够快,时间短則不足以发展肌肉力量;过大的負荷量同样对发展力量不利。故需选择最适宜的訓練制度,并規定相应的負荷量、速度和持續时间。

2. 速度: 速度一般包括三个含义, (1) 完成动作时的快慢, 例如投擲项目; (2) 对外界刺激或复杂环境的反应快慢, 例如击剑、摔跤、球类活动; (3) 肌肉收縮的速率和空間轉換动作的快慢, 例如周期性运动中的竞走、跑、游泳等。

影响速度的因素有:

(1) 神經活动的灵活性, 这对动作的速度, 是一极为重要的生理因素。神經活动过程的灵活性愈高, 兴奋和抑制的交替愈快, 則肌肉的收縮和放松的替换愈快。随着运动员訓練程度的提高, 受到刺激后产生的应答性反应愈完善, 表现为反应时间的潜伏期縮短, 动作的协调性改善等。

(2) 植物神經所支配的各系統机能的协调性, 能迅速动员和协调机能的能力对动作速度有影响。

(3) 动作的节奏。有节奏的动作不断传入中枢神經系統后, 促进条件反射联系的形成。而破坏这种节奏后, 运动员的动作速度即受到影响。

(4) 肌肉組織的本身状态。肌肉收縮的速度取决于肌肉纖維中动用化学能的速度, 以及化学能轉变为机械能的速度, 即与三磷酸腺苷的分解、释放和再合成的速度有直接关系。肌肉內糖元的含量对速度也起一定的作用。

3. 耐力: 耐力与运动的速度及运动量的大小有着密切的关系。在最高速度或最大負荷时, 仅能維持几秒钟或几十秒钟, 例如百米賽跑。相反, 当速度慢、运动量小时可持續数小时到十几小时。通过經常系統的訓練, 耐力可以增加数倍, 这是因为神經活动对疲劳的耐受能力提高了, 形成了动作的动力定型, 动作已趋于自动化的完成, 心脏血管系統的适应能力也提高了。

耐力一般分为: (1) 一般性耐力, 经过相当长时间訓練后所获得的一种耐力, 其特点是运动员可以維持很长时间的活动能力, 如长跑、长距离游泳及滑冰等, 并且血液循环、呼吸、物質代謝皆可在很长时间内維持在較高的水平上。(2) 速度耐力, 能够以最高的速度, 一直維持到全部跑程的結束, 这种耐力对中跑运动员特別需要, 其引起机体内的变化是十分显著的。速度耐力的获得需要更长时间及安排專門的訓練制度。(3) 靜止用力的耐力, 这一耐力需要某一神經中枢較长时间維持兴奋状态, 这在体操运动中常可見到。(4) 力量耐力。影响以上各种耐力的因素有: ① 机体内能量物質的儲备量, 当儲备量愈足, 則完成耐力活动的持續时间愈长, 反之, 則不能持久; ② 运动时吸收氧的能力强弱。因为机体活动持續的长短与体内有氧分解提供的能量多少有极大的关系, 在氧不足的情况下, 身体内各系統功能活动受到抑制, 持續活动的时间縮短。在吸收氧的过程中, 机体的循环、呼吸等系統的功能好坏也起相当的作用;

⑤上述影响速度及力量的因素。它們对速度耐力和力量耐力也起作用。

4.灵巧,指完成复杂的协调动作的能力,并能随着外界环境的改变,很快地建立新的协调动作。灵巧素质极大多数是后天养成的,是条件反射活动的表现,是大脑皮层神经活动的灵活性和可塑性的表现。

(三)按肌肉活动的特点分类:1.动力性活动。运动时肌肉的收缩和放松经常交替,例如赛跑、滑冰、游泳等;2.静止性活动。运动时肌肉在较长时间內处于紧张性收缩状态,例如倒立。这类活动称謂静止性活动。影响静止性活动的因素为,(1)神经中枢兴奋区域的范围,随着训练程度的提高,兴奋区域集中和在兴奋性較低的情况下仍能完成动作。据韦俊文氏研究,静止用力时,大脑皮层內表现为負诱导;(2)机体耐受缺氧的能力强弱。静止用力时,呼吸器官的活动常受到限制,机体吸氧不足,因而表现出不同程度的缺氧状况。有训练者耐受缺氧的能力較强,因而完成静止活动的持续时间較长;(3)肌肉本身的变化,肌紅蛋白的含量和肌纖維的粗细对完成静止性活动也有关系。肌紅蛋白的含量愈高,肌纖維的增粗皆有助于完成静止活动和延长其持续时间。

(四)按活动的强度分类:主要指周期性活动,分为1.中等强度的活动;2.大强度的活动;3.极限下强度的活动;4.极限强度的活动。

1.中等强度的活动,运动时间持续35—40分鐘以上,属于这种活动的有长距离及超长距离的赛跑,长距离滑雪及騎自行車等。身体內的主要变化概述如下:

(1)心脏血管系统的变化,脉搏频率每分鐘可达到140—170次,收缩血压可增加10—25毫米,舒张压可增加或降低5—10毫米。脉搏的增加有时与运动员的训练水平有关,这在长跑运动员更为明显。例如检查馬拉松运动员的脉搏,训练良好的运动员到达終点时脉搏为每分鐘180次,比跑完20公里时脉搏(每分鐘160次)为高,而训练差者却相反,終点时脉搏为每分鐘142次,而跑完20公里后每分鐘脉搏为192次,表明随着負荷量的增加,沒有训练的人心脏逐渐无力,心輸出血量减少。一般血液循环的变化与完成活动的强度成正比的增加,强度愈大,心的每分輸出量和每搏輸出量愈多,在中等强度活动时,心脏每搏輸出量增至80—120毫升,每分輸出量增加到15—20升,比安静时增加3—4倍。

(2)呼吸系统的变化,呼吸次数明显加快、加深,每分鐘呼吸次数可达20—28次,肺每分通气量从安静的4—7升增至40—70升,可增加10倍左右。呼吸商(二氧化碳排出量与氧消耗量之比)起初大于1,这是因为活动初期吸氧量不足乳酸量增加,放出二氧化碳之故,后因二氧化碳储备量减少,摄氧量增加,呼吸商可降至0.8—0.7,整个跑程中氧每分鐘需要量为2—3升,而机体每分鐘可吸收氧1.8—2.9升,因此氧債不大(占氧需的14—16%),即氧的吸收量可大部分滿足氧的需要量,机体状态較稳定,称謂“稳定状态”。

(3)其他生化变化:中等强度活动时,血及尿內乳酸量增加不多(50—60毫克%),血內碱储备降低不超过12%。血紅蛋白因紅細胞增加而稍上升。血糖之变化是很明显的。跑完24公里后,血糖可从原来的70—75毫克%降至38毫克%;即降低50—60%。热量的消耗在超长距离活动时是很大的,总量可达2500大卡,因此体力消耗很大,运动员在跑完一次馬拉松赛跑时,体重可降低3—3.5公斤。

2.大强度的活动,活动持续时间为5—30分鐘,例如三千米、五千米、万米跑。

机体內在大强度活动时的主要变化为：

(1) 心血管系统的变化：在大强度活动时心血管系统的变化是很显著的，心率每分钟可达200次或更多，心脏每搏输出量大大增加，平均可达120—180毫升，而有训练的运动员可达每分钟180—200毫升，故比安静时增加3—4倍，每分钟输出量达25—40升，收缩压可增至150—180毫米或以上，舒张压一般降低5—10毫米，一般在五千或万米赛跑后即刻心脏可稍缩小，这是因为心肌张力增加之故。

(2) 呼吸系统的变化：呼吸次数每分钟可达25—30次，肺通气量显著增加，每分钟可达100—140升，这在各种类型的活动中增加最为显著，即比安静时增加20倍。整个跑程中，氧需要量比中等强度活动时大大增加，每分钟需氧5—7升，而每分钟氧吸收量为4.8—5.8升，故氧债为15—22%，比中等强度活动时为高，氧债的多少与跑程的距离有关。例如，五千米跑时氧债不超过需总氧量的12.5%。氧化不全的产物（乳酸、肌酸、尿酸）增加。呼吸商的变化与中等强度活动时相同，即活动初期呼吸商大于1，后逐渐下降至0.8左右。

(3) 排泄系统的变化：在大强度活动时排泄系统的变化也是很明显的，表现为尿量减少，尿内尿酸量增至200毫克%。跑后可出现蛋白尿（可达2—4%），出汗量大增，出汗量的多少与外界温度、湿度及运动员个人特点有关，因此在15—30分钟内，可减轻体重1—1.5公斤，热量总消耗750大卡左右。

(4) 其他生化指标的变化：大强度活动时血内乳酸量大大增加，由安静时9—15毫克%增至200—220毫克%；血碱储备降低40—50%，故氢离子浓度（PH）趋向酸性，呈7.0—7.2。血内尿素量，因蛋白质代谢的增加而增加，血中之红细胞、血红蛋白因血液浓缩量增加，白细胞数及血小板数也稍有增加。

3. 极限下强度的活动：活动持续时间为35秒—4分钟左右，属于这类活动的有400米、800米、1000米、1500米跑等。

极限下强度活动时，体内主要变化如下：

(1) 心血管系统的变化。心率每分钟为180—240次之间，心脏每搏输出量可增至150—210毫升，为各项运动中增加最为显著者。心脏每分钟输出量也增加，达到30—40升，此时收缩血压显著升高，可达190—220毫米，而舒张压一般也下降很多，所以心血管系统在极限下强度活动时变化是很剧烈的，这类负荷，对心血管系统的要求很高，没有训练或训练不够者，常常因心血管系统不能适应如此强烈的要求，迫使动作的速度逐渐减慢，甚至被迫中止运动。

(2) 呼吸系统的变化：呼吸次数每分钟可达35—40次，肺通气量每分钟为70—140升。整个跑程内氧需要量是很大的，每分钟为6—8升，而氧吸收量每分钟为3.5—5.5升，故氧债显著增加，可达45—70%，此时容易出现“极点”。因肌肉活动时乳酸量大大增加，故在运动中呼吸商可在1.0以上，须要经过1—2小时后才能逐渐偿还氧债。

(3) 其他生化指标的变化，血内乳酸量可增至200—250毫克%，血红蛋白增加10—15%，白细胞大大增加，主要为嗜中性细胞增加，淋巴细胞却下降。尿中乳酸量也增加，可出现蛋白尿，血糖可先轻度升高然后可能下降，下降时可降至49—60毫克%，在跑程中热量总消耗200大卡，体重可丧失250—300克。

此外，应该了解极限下强度活动时，因活动持续时间较短，心血管系统、呼吸

系統以及排泄系統的變化常常跟不上，或在活動之最後才表現出來。

4. 極限強度的活動：持續時間從幾秒鐘到30秒鐘。屬於這種活動的有100米、200米跑、50米游泳、500米滑冰等。極限強度的活動是在極短的時間內完成的，其顯著特點是機體內所有的生化過程（糖元酵解等）皆在無氧條件下完成的，機體內的主要變化為：

(1) 心血管系統的變化：在完成極限強度的活動時，肌肉極快和劇烈的收縮，大量靜脈血返流至心臟，血流速度加快，並從血庫（肝、脾）放出大量儲藏血進入循環血流中，故心臟活動大大增加，心跳每分鐘可從安靜時60—80次，一瞬間增至120—150—200次，而心臟每搏和每分鐘輸出量相對地增加不多，因為還來不及重新調配血液循環；收縮血壓也增加，有時可增加70—90毫米，靜脈壓也增加很多，靜脈壓增加多少與右心工作能力有關，當右心工作能力不足時，靜脈壓增加明顯。心血管系統機能良好時，脈搏和血壓皆顯著上升，當心功能不足時，脈搏在活動時顯著增加，而血壓上升不顯，這在少年、老年人及運動員過度訓練時見到。

(2) 呼吸系統的變化：在極限強度活動時，呼吸次數在跑程中只有2—3次，故肺通氣量及攝氧量也減少，相反因氧需量增加，故氧債很大，占氧需的80—90%，呼吸商可達到1.0—2.0，這是極限強度活動與其他活動顯著不同處。

(3) 體內其他生化變化：血內乳酸量增至200—240毫克%，血糖含量因肝糖元分解可稍增加。由於持續時間短，故總熱量消耗不大。

以上所述各種強度的活動引起的體內生理及生化的變化，總括於表 I—1 內。

二、運動技巧和運動素質形成的生理機制

運動技巧和運動素質的形成過程是兩個密切相關的過程。在運動訓練過程中，隨著技巧的掌握和提高，運動素質也不斷地改善。同時只有在全面訓練的基礎上，運動素質得到改善後，運動技巧才能進一步提高。

根據巴甫洛夫高級神經活動學說，人類生活領域中的知識、技能和技巧都是在複雜的條件反射聯繫的基礎上完成的，並且逐漸鞏固和日趨完善的。謝切諾夫在1860—1863年間提出了人的不隨意運動和隨意活動都是反射活動的看法，在謝氏工作的基礎上，巴甫洛夫進行了許多的工作。

巴甫洛夫在分析隨意動作的生理機制時指出，如果把某一條件刺激、光綫、聲音的作用與骨骼肌興奮或抑制的泛化反復結合起來，就會在皮層的視覺、聽覺、或其他皮層細胞與運動感覺細胞之間建立了暫時性的機能聯繫，並且隨著反復作用而日趨鞏固。根據謝切諾夫和巴甫洛夫關於隨意運動的學說，隨意運動是以皮層的動覺細胞和接受內、外界環境的多種多樣刺激後，兩者之間建立起來的條件反射聯繫為基礎的。動作技巧可以看作是運動性條件反射的複雜的綜合。

在動作技巧的形成和改善過程中，第二信號系統起着重大作用。第二信號系統是動物進化到人類階段才產生的。巴甫洛夫把第二信號系統稱為語言系統，如果把語言與相應的客觀事物和現象結合起來，就可成為條件刺激物。第二信號系統是人類最複雜的機能，是思維和語言的生理基礎，可以調節第一信號系統的活動和非條件反射。

在體育訓練過程中，第二信號系統活動有着重大作用，通過語言可以協助技巧的

表 I—1 各种强度活动时体内某些生理和生化指标的改变 (平均数)

	脉 搏 (次/分)	每 搏 输出量 (毫升)	每 分 输出量 (升)	血 压 (毫米 汞柱)	呼 吸 (次/分)	肺 通 气 量 (升/分)	全 程 氧 需 要 量 (升)	氧 收 量 (%)	氧 供 (%)	呼 吸 商	恢 复 时 间 (小时)	血 内 乳 酸 量 (毫克%)	维 生 素 丙 (毫克%)	热 量 消 耗 (大卡)	体 重 (公斤)	血 糖 (毫克%)
平 静 时	60—80	50—80	4.5—5.5	120/60	16	4—7	—	0.17 170毫升/分	—	0.65	—	9—15	0.5—0.9	1500 —昼夜	正 常	70—75
极 限 强 度 活 动	150—220	60—90	8—10	200/45	2—3	2—3	1.0—1.5 7—10升/分	0.1—2.0 10—20%	80—90	1.0—2.0 0.5—0.6	—	200—240	—	35	—	—
极 限 下 强 度 活 动	180—240	150—210	30—40	220/55	35—46	70—140	10—30 6—8升/分	3.5—3.5 30—35%	45—70	1.0	1—2	200—250	—	200	减 轻 0.25—0.3	49—60
大 强 度 活 动	200—220	120—180	25—36	180/50	25—30	120—140	50—130 5—7升/分	4.8—5.8 78—85%	15—22	0.70	5—10	180—200	0.4—0.6	750	减 轻 1—1.5	45—55
中 等 强 度 活 动	140—170	80—120	15—20	160/45	20—28	40—70	700—800 2—3升/分	1.8—2.9 84—86%	14—16	0.80	24—48	50—60	0.1—0.4	2500	减 轻 3—3.5	30—38

建立，并且糾正訓練过程中所发生的錯誤动作，教学时的講解与动作示范相結合，是符合巴甫洛夫关于第一和第二信号系統相互作用的观点。

在进行任何一种活动时，一定的刺激都按一定順序对机体发生作用，而在大脑皮层內产生和巩固了兴奋和抑制过程依次交替的固定联系，巴甫洛夫称这种联系为动力定型。在大脑皮层的調节下，骨骼肌、循环系統、呼吸系統及机体其他系統可发生一定的联系，由于皮层动力定型的形成和巩固，就使皮层的活动以及机体活动更节省化。在运动訓練过程中，能够产生一定的动力定型，即一定的条件反射。除了一定的皮层定型活动以外，在身体練習中也可以产生“創造性”活动，这在外界环境变化多端的球类运动、拳击、摔跤运动中尤其明显。这种“創造性”活动的生理基础是神經活动的灵活性和可塑性，这种特性保证了机体建立新的条件反射性联系，使机体更好地适应外界环境的变化，这种新的条件反射性联系是在早已建立的条件反射基础上建立起来的。因此，大脑皮层的定型活动与創造性活动并不是相互对立，而是使机体对內外界环境的某些条件形成新的特殊反应。

动力定型过程在教学最初阶段就已开始，故在初学时即应该学会正确的动作，否則，容易形成錯誤的定型动作。

根据条件反射的一般規律性，动作技巧的日益完善，决定于大脑皮层兴奋与抑制过程在時間上和空間上的准确性，以及神經冲动的强度和頻率。根据实验材料断定动作技巧形成的过程是有阶段性的，即划分为相互联系三个阶段。

第一阶段是以兴奋过程广泛地扩散（泛化）为特点。在进行活动时，强大的内外本体感受性冲动传入到中樞神經系統，由于內抑制过程尚未确立，因而在皮层內引起广泛兴奋和抑制区，由于兴奋和抑制的扩散便使动作发僵，很多不应参加該种技巧活动的肌群也参加了，应该收縮的肌肉兴奋强度不够。运动器官活动与內脏之間缺乏应有的精密联系，这样就会妨碍动作的完成，并且使活动消耗过多的热量。

第二阶段的特点是分化性抑制（內抑制）逐漸发生，皮层兴奋和抑制过程在時間和空間上集中起来，确立了分化，由于內抑制的发展，保证了条件反射的精确化和专门化，运动活动变得愈来愈协调，表现为消除了多余的和錯誤的动作，肌肉的僵硬現象也消失了。在这一阶段第二信号系統——語言起着重大作用；需要注意避免錯誤的动力定型，否則，待动力定型巩固后，糾正起来就較困难。

第三阶段称稳定阶段，动作已达到最高的协调性，皮层动力定型已巩固，并保证机体各个系統活动的协调性；动作技巧很多成分可以自动化，即“下意識”地在完成动作。关于自动化的生理机制問題，巴甫洛夫認為：只有当时处于最适宜的兴奋状态中的皮层細胞活动才能自覺到，而处于抑制状态的皮层細胞的活动意識不到。在完成动作时，必須能够意識到那些部分尚未掌握而經常地注意它。由于自动化的部分，是在稍受抑制的皮层細胞的参与下即能实现，故对于經常意識到的动作的完成，或其他“創造性”动作的完成，都是极其有利的因素，动作自动化后，机体就最节省。

运动技巧的巩固問題，同样依照条件反射的規律。但是不同的技巧其巩固期間不同（在不重复刺激条件下），协调性的动作技巧，需要經常的訓練，才能使条件反射巩固。否則就消退較快。

在完成动作时，有許多内外界刺激传入大脑皮层，大脑皮层經過分析与綜合后，实现各种阳性或阴性条件反射。运动、视觉、前庭分析器等的正常活动，对于动作技