

速度和耐久力的 生理特点

苏联 H.B. 吉姆金 著

人民体育出版社

力量、速度和耐久力的生理特点

苏联 H. B. 吉姆金著

童 新 译

人 民 体 育 出 版 社

Н. В. ЗИМКИН

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИЛЫ,
БЫСТРОТЫ И ВЫНОСЛИВОСТИ

изд. "физкультура и спорт"

Москва 1956

統一書号: 7015·782

力量、速度和耐久力的生理特点

苏联 Н. В. 吉姆金著

戴新译

人民体育出版社出版

北京體育場路

(北京市書刊出版登記證：新出字第019号)

北京崇文印刷厂印刷

新华书店发行

787×1092 1/32 120千字 印張 5 $\frac{20}{32}$

1959年3月第1版

1959年3月第1次印刷

印数: 1—7,000册

定价 [10] 0.70元

責任編輯: 陈文浩 封面設計: 喜 栋

內 容 提 要

本書对各种身体素質——力量、速度和耐久力的特征及其一般發展的規律作了詳細的論述，作者提供了許多實驗材料和理論根据，証实訓練中的負担量和停止訓練的时间，对于發展各种身体素質有着密切的关系；証实人体一側肌肉經過运动訓練后，可以大大提高另一側对称肌肉活动时力量、速度和耐久力；証实由于中樞神經系統机能的变化而能降低或提高各种身体素質，因此在晝夜不同的時間內，各种身体素質也有不同的变化。書中还指出各种身体素質發展时彼此間的关系，各种身体練習对于發展各种身体素質的影响，并为運動員們在訓練中断时或中断后，怎样保持和恢复各种身体素質的問題，提供了可靠的論据。

目 录

第一章	发展力量、动作速度和耐久力的一般生理机制	1
第二章	訓練时肌肉力量的发展	18
	在實驗室中測驗肌肉力量發展的結果	25
	在各种身体練習过程中根据訓練效果來發展肌肉力量的可能性	38
	肌肉活动或进行各种身体練習之后最大肌肉力量的变化	55

第三章 訓練时动作速度（速率）的发展	59
出現刺激时运动反应的潛伏期.....	65
运动反应时的准确性.....	74
非循环性运动的速度.....	77
根据实验室的实验材料来看循环性运动最高速度的發展.....	78
进行循环性的身体練習时最高的运动速度（速率）.....	89
第四章 訓練时耐久力的发展	99
耐久力及其种类.....	99
实验室实验結果所反映的耐久力發展的情况.....	103
从各种身体練習过程中的訓練效果看耐久力的發展.....	113
各种專門耐久力.....	115
第五章 力量、动作速度和耐久力发展之間的关系以及一种身体練習的訓練效果向另一种身体練習的“轉移”	128
第六章 力量、动作速度和耐久力在訓練中断时的保持和訓練中断后的恢复	151
第七章 力量、动作速度和耐久力在昼夜不同時間的变化	163
結束語	174

第一章 發展力量、動作速度 和耐久力的一般生理機制

人的力量、動作速度和耐久力的發展，決定於一系列的
因素，其中最重要的因素是：(1) 各種器官和組織結構的形
態特征；(2) 肌肉的化學成分和機體組織中物質代謝過程的
特性；(3) 調節肌肉和內臟器官活動的神經体液生理機制。

關於肌肉活動時人體結構的形態特征和生物化學因素等
作用問題，都具有獨特的意義，在有關的書籍中已有論述。
因此，在研究力量、動作速度和耐久力的發展問題時，有關
解剖學和生物化學材料，只是簡要地敘述一下。

各種身體類型的人都可以適當地選擇身體練習經常進行
鍛煉，以提高他們的力量、動作速度和耐久力。但很多項目
的紀錄成績，唯有具備某些身體特點時才能達到。例如，其
他方面條件相同，身材較高的人在籃球運動中就可以達到較
好的成績；身體較重的人就可以在摔跤、拳擊和舉重等運動
中取得較高的成績。因此，為了使條件相等，在拳擊、摔跤
這幾項運動中按體重等級參加比賽，也就是在重量方面只與
相差幾公斤的對手進行比賽。與上述情況相反，在體操中身
體太重的人成績反而不好。此外還有某些運動，例如田徑運
動，特別是跳高，身體過重的人成績也不好。

四肢的長短也有很大關係。大家都知道，體重相同，兩
臂較長的人所能舉的重量就比兩臂較短的人要少得多；但在

游泳时，就完全相反了，四肢长的人比四肢短的人要占些便宜。

有时在同一项运动中，最好某些运动由身体较轻的人来担任，而另一些运动则由身体较重的人来担任。例如，在双人技巧运动中，下面的伙伴一般应当比上面的伙伴魁梧粗壮，身体较重。

由此可见，有许多运动项目，特别是在必须创造纪录时，不应当忽视人的一般身材特点和体重。

由于锻炼而增加的肌肉群和肌肉力量也和骨骼结构的变化有密切的关系（列斯葛夫特，1892年，1905年）。在动物肌肉承担一定负担量的试验里（福里德1901年、科奇科娃1927年、克留格尔1927年、科维什尼科娃1951年、布纳克1954年、克列班诺娃1954年等），或对从事体育运动的人进行测试时（库拉钦科夫1950年、1951年、1952年、普利维希斯1950年、阿斯坦宁1951年等），都发现他们的骨骼起了重大变化。特别引人注意的是从事运动和体力活动的人都增大了骨骼的横切面，骨松质更为结实，缩小了髓腔，有腱肌固着的骨骼隆突增大。

各种肌肉活动的效率是和肌肉结构及肌肉附着在骨骼上的形式有密切关系的。

凡是纤维排列不同的肌肉，它们所能承担的紧张程度也有所不同。一般根据纤维排列的性质把肌肉分为三大类：

(1) 并列纤维，(2) 梭形纤维，(3) 羽状纤维。

肌肉纤维最长的是并列纤维，其次是梭形纤维，最短的是羽状纤维。因此，同样重量的肌肉，羽状肌肉结构的生理直径最大，其次是梭形肌肉结构，最小的是并列纤维肌肉。因为肌肉的紧张强度在颇大范围内决定于生理直径的大小，

所以同样重量的肌肉，并列纖維肌肉的强度比梭形纖維肌肉，特别是比羽状纖維肌肉的强度小得多。

并列纖維的长肌虽然力量較小，但它的运动在协调方面却比梭形肌肉和羽状肌肉要迅速而精细。因此，肌肉在进化过程中根据它在机体里所担任的职能而发展成纖維排列性質不同的各种肌肉。

静态用力或动态用力的肌肉纖維形态基本上也有所不同。低級动物这些纖維在顏色上有区别：白色纖維肌肉收缩迅速，不强直，或称动态纖維肌肉；紅色纖維肌肉收缩缓慢，易强直，或称静态纖維肌肉。哺乳动物的肌肉顏色区别就不很明显。它们的差别在于：强直性肌肉纖維顏色較深，暗淡无光，非强直性肌肉纖維的顏色則比較浅而鮮明。顏色暗淡的纖維比顏色淺鮮的纖維小些，厚生質較多，因此所含的原子核数量較多。肌肉纖維中的肌原纖維分布也有区别。顏色淺鮮的纖維中的肌原纖維是均匀地分布在全部纖維里的，可是顏色暗淡的纖維里的肌原纖維却集成若干肌肉群。

例如股部縫匠肌和双头肌就属于含有顏色淺鮮的纖維的肌肉，腹肌則属于含有顏色暗淡的纖維肌肉。此外还有许多肌肉是含有两种纖維的混合肌肉，就是既含有顏色暗淡的纖維，也含有顏色淺鮮的纖維。因此，它們能适应静态活动和动态活动的紧张用力。

訓練以后，肌肉纖維的结构就会发生变化，同时还会发生特殊性質的变化。正如雅科夫列娃（1954年）的研究証明：在动态活动中訓練肌肉时，肌原纖維的排列和肌肉纖維中原子核的形状、数量和排列都要向非强直（动态）肌肉方面变化，在静态活动中訓練时，則向强直肌肉方面变化。

訓練可以增加体重，增大骨骼肌肉的寬度，如果长期間

完全不活动，例如綁着石膏綑帶，就会出现相反的效果：肌肉萎縮，同时体重減輕，直徑縮小。

值得注意的是在同样力量强度的訓練中，身体承受一定的負担量时，可以使肌肉纖維变粗（福斯，1935年，雅科夫列娃，1954年）。至于担任各种細微協調动作的肌肉，其特征是纖維很細。在动物发展过程中，动作越增多、越复杂化，該項肌肉里的纖維就越向精細方面进化。

由于进行各种身体訓練而产生肌肉纖維新生物的問題，直到目前还没有搞清楚。有关解剖学的材料証明：在进化过程中，經常进行很多活动的肌肉，其纖維数量增加了，而在活动量小的肌肉中，纖維数量减少了。例如，人体从俯爬姿式改成直立姿式，于是两腿的肌肉就比两臂的肌肉有显著地增加。人們不常使用的耳壳肌則几乎完全萎縮了。

对动物进行的專門实验（克列班諾娃，1948年），并没有发现肌肉纖維在經過訓練活动后发生数量上的变化。也許一个动物在一生中所增加的肌肉纖維数量并不显著，因此被寻常观察到的各种变化所掩盖，只有經過好多代的訓練才能显露出来。所以肌肉纖維的新生物問題至今还悬而未决，有待于将来繼續研究。

肌肉活动的性質还反映在血管分布上（科維什尼科娃，1936年）。在靜态用力中，由于长期不断地收縮强直性肌肉，就使支脉密布的动脉网更加发达。同时，毛細管就要膨胀，成为血液的儲藏所，延緩或停止血液的流通。动态用力能促进兩側支脉分叉时呈銳角的主动脉发展。

非强直性（动态的）肌肉和强直性（靜态的）肌肉在神經分布上也有所不同：神經纖維数量与肌肉量的比例关系不同，末梢神經纖維与神經干間的分叉方式不同，运动型动脉

粥样化的形状和分布不同，运动型动脉粥样化和运动神经纤维的结合状态也不同。在变更活动的性质时，在神经支配器的结构里，也可以看到运动型动脉粥样化的各种形状和它的面积，还可看到末梢神经小支分叉之间的数量对比关系发生变化（科维什尼科娃，1954年，雅科夫列娃，1954年等）。

由此可见，肌肉经常活动，运动支撑器官的结构也会发生重大变化。最值得注意的是：肌肉负担量不同时，这种变化的性质也显然不同，这种情况大概是和适应某一活动特征的进程有密切关系。我们可以根据许多理由来假定：提高力量、动作速度和耐久力，以及提高各项运动成绩，在一定程度上是和训练时发生的各种适应性的形态与结构的变化分不开的。

肌肉活动，其中包括肌肉纤维本身的收缩，决定于复杂的综合化学过程。最近三十年来，自从巴拉金和艾姆布晋在试验室里开始研究（艾姆布晋和加勒斯1927年、巴拉金和费尔德曼1928年）以后，其他研究家又继续钻研，结果发现了肌肉、大脑组织和其他器官经过一次短时间的身體练习或长期训练以后，产生了一系列生物化学变化（参阅巴拉金观察工作报告和专题论文，1935，1937，1945，卡什普尔，1948，雅科夫列夫1949，1955，雅科夫列夫和雅科夫列娃，1953）。

受过训练的肌肉的能力电位（磷酸肌酐和糖元等含量）高于未受过训练的肌肉，酵素的活力（磷酸化作用、脱水作用等）较大，酯基变得更容易接受酵素的作用（雅科夫列夫，1949年）。毫无疑问，肌肉的这种生物化学变化对提高运动成绩起着重大作用，并能促进力量、动作速度和耐久力的发展。

其他器官和組織在肌肉訓練过程中发生的生物化学变化，例如提高血液緩冲性能和血液硷儲，也具有重大意义。

改善肌肉活动的神經調節对于发展力量、动作速度和耐久力的意义。改进力量、动作速度和耐久力的重要因素不在于神經末梢的变化，而在于神經中枢对肌肉活动調節机能的改进。

神經中枢影响肌肉組織的方法很多：可以直接影响肌肉、調節肌肉中的化学过程，也可以間接影响肌肉，如改变肌肉的血液供給，改变腎上腺和其他内分泌腺的活动等。由此可见，在各种身体練習中所以能够逐渐地表現力量强度、动作速度和耐久力的能力，就是因为神經系統不但对肌肉，而且对机体的其他器官和組織都具有复杂的綜合性的調節影响。

肌肉緊張度的生理机制。各种身体練習中所需要的力量并不一样。有些場合，例如举最大限度的重量时，必須用极大的力量，但在另一些場合肌肉發揮的力量就較小。

在某些場合，例如进行十分協調的动作时，各种肌肉所發揮的力量必須彼此确切地相适应。大家都知道，絕大多数动作都需要許多肌肉同时活动，其中每种肌肉由于固着点不同而可以向若干个方向进行动作。在良好的協調动作下使發揮出来的全部力量投向必要的方向，达到必要的程度，这就要依靠参加活动的每种肌肉都在一定程度內把复杂的收縮作用配合好。如果其中某种肌肉的收縮程度超过（或不及）其必要的程度，那么动作的協調性就被破坏。

横紋肌只在受到中枢神經系統的冲动时才收縮。因此每种肌肉的收縮程度首先决定于中枢神經系統的适应和营养調節的影响。

关于肌肉活动有一系列的神經調节生理机制，以决定肌肉各种紧张度的可能性，例如以不同数量的肌肉纖維收縮，通过冲动的不同頻率来刺激肌肉活动，通过交感神經对肌肉发生适应和营养影响等。

各种肌肉在形态方面都是由許多肌肉束綜合組成的，每束含有大量的独立肌肉纖維。由于肌肉形态具有上述特点，整个肌肉（个别肌肉束或个别纖維群）才能够收縮。

对肌肉的神經分布特点进行組織学研究的結果，証明每个离心运动神經元的纖維在接近肌肉时，就开始分出枝叉，并在肌肉纖維上分布神經（由20到160）。这就发生了重疊現象。因此，許多肌肉纖維中都含有若干种来自各个神經元分枝末梢軸突的运动末梢。

只通过一个神經元冲动肌肉时，发生收縮的往往不是一个肌肉纖維而是該神經元所分布的整个肌肉纖維群。由一个运动神經元所分布的各肌肉纖維群，可以构成一些同时活动的基本单位，因此叫做机能运动（活动）单位（伊克尔斯和謝林敦，1930年，克拉尔克，1930年，1931年，克里德，傑尼布罗溫等，1935年）。烏赫托姆斯基写道：“运动单位是独立的基本神經組織，帶有一束适应于神經纖維的基本肌肉纖維^①。”

可以不用全部肌肉纖維而只用少量肌肉纖維来收縮肌肉，这是規定收縮程度的主要因素之一。正如謝林敦及其同事們的研究所証明：在反射性收縮时，往往只能引起2—3个运动单位的活动（克里德、傑尼布罗溫等，1935年）。在肌肉里，这些单位数达几百，而在人的大块肌肉里竟有数千，

① A.A.烏赫托姆斯基全集第4卷，第24頁，列宁格勒大学出版，1945年。

为此，运动单位数量的不同而使肌肉发挥的紧张度相差到几十倍和几百倍。

以不同数量的运动单位来确定肌肉收缩的程度，这种办法在瓦赫果尔捷尔（1923年）和艾德里安（1935年）等人的电流生理学研究中已经得到证实。烏夫亮德（1952年）的肌动电流图研究，证明对一个肌头进行植腱术和适当的锻炼以后，同一肌肉的各个肌头纤维不但分别开始机能活动，而且还起相互感受作用。各种运动单位的独立机能活动，在宽广肌肉，例如宽广的背部肌肉的活动中表现得特别明显。

调节肌肉紧张度的另一因素是肌肉冲动的性能。早在1886年，H. E. 伏維晉斯基在神经肌肉制剂的试验中就证明了肌肉收缩度是和肌肉冲动频率有极密切的关系。伏維晉斯基在刺激强度频率是否适当的试验中，曾经看出在增加冲动频率时，首先肌肉收缩加强。但只要这种频率一超过最有利的程度时，肌肉的收缩度就要随之降低。但最适当的冲动频率并不是一个不变常数，由于外部影响（如加热和中毒等等）和肌肉活动后（特别是疲劳时）所起的变化，都能发生变动。

因此，中枢神经系统可以通过肌肉冲动的频率变化来改变肌肉的收缩程度。

除了运动神经的影响外，还可以通过交感神经来调节横纹肌的收缩度。

早在19世纪80年代里，巴甫洛夫（1883年）和加斯凯尔（1884年）就曾举心肌为例，证实肌肉的收缩度是可以通植物性神经由中枢神经系统的营养影响来调节的。后来П. A. 奥尔别里（1923年、1924年、1938年）及其同事（吉涅钦斯基，1926年，斯特列里卓夫，1926年，列别金斯基等人）又证实了中枢神经系统的营养影响不仅能影响内部器官

功能，而且还能影响疲劳状态下的横纹肌活动。最近几年来，列赫特曼（1955年）证明了通过交感神经也可以对未疲劳的肌肉发生影响（图1）。

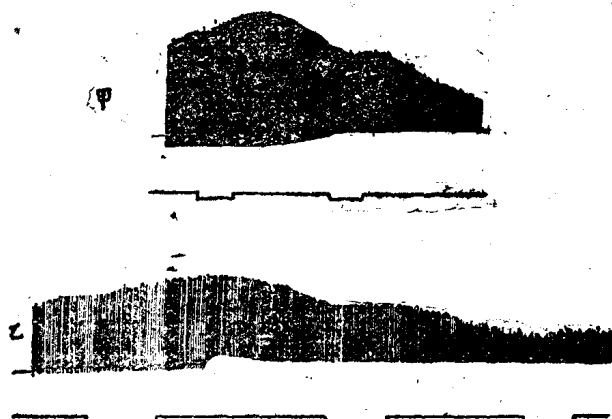


图1：(甲)对蛙的未疲劳肌肉的交感作用，(乙)在开始疲劳的情况下交感作用的反复再生情形。

植物性神经对肌肉的物质代谢发生影响时，用Л. А. 奥别里的术语来说，还要发生适应和营养影响，因为肌肉的刺激感应能及其营养也都发生了变化了。现在已经证明：交感神经一般对物质代谢过程发生影响，其中也对酵素活力发生影响。

髓层肾上腺激素（肾上腺素）和具有同样决定效果的药物（麻黄素、氨乙醯替对乙氧苯胺），对于组织的营养和刺激感应能，也发生跟交感神经一样的影响。

任意活动时所产生的强度也决定于对抗肌的状态。只有在激烈运动和举很重的重物时，才能靠一个肌肉群的收缩，例如靠屈肌和伸肌来移动四肢。在一定程度内的轻快的活动，几乎永远是靠着放松肌及其对抗肌的肌肉纤维各部分同

肘收縮。

当延髓的某些部分（例如震颤麻痺患者的紋状体）的活动失調时，对抗肌就要發揮強烈的紧张，以致一切运动反应的开始都要大大迟滯。正如別尔列（1950年）和別依麦尔、別尔利（1951年）所指出的，患者最先发生肌强直，使各相对的肌群的收縮力彼此平衡起来。只有經過一些時間，当一个肌群开始強烈收縮而另一肌群的强度下降时，关节才能运动（图2）。

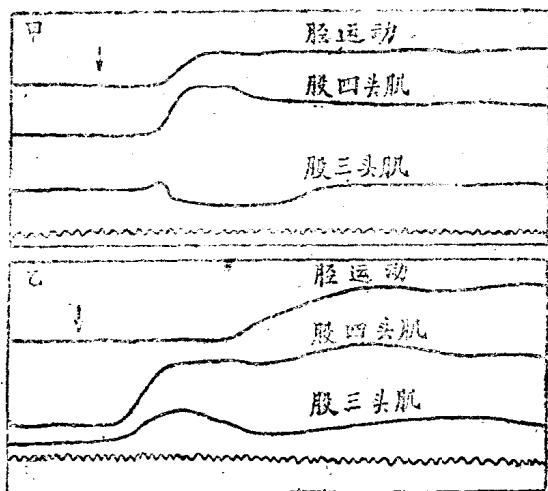


图2 常人（甲）和震颤麻痺患者（乙）的膝运动、股四头肌收縮和股三头肌收縮之間的关系。下面的曲綫是标志的时间——0.01秒。

由于对抗肌（股四头肌和三头肌）的同时收縮并因此开始了膝动作，因而發生迟滯現象，所以震颤麻痺患者的膝反射時間的潜伏期特別長。

上述材料証明，在确定机体肌肉用力程度时，可以把調节肌肉活动的各种生理机制都加进去。此外还必须补充指

出：肌肉的外部因素（例如神經系統調節血液循環、呼吸和分泌過程的功能），特別是在長期體力緊張時，也具有重大的意義。

在做非循環性練習時迅速互換各種動作的各個階段，在做循環性練習時多次重複某些同樣的動作，都和神經中樞各種過程的靈活性以及肌肉收縮的速度有密切關係。平滑肌不象橫紋肌那樣能夠迅速轉換收縮階段和鬆弛階段。強直纖維最多的肌肉收縮和鬆弛比，平滑肌快得多。但是，強直性肌肉里“收縮——鬆弛”循環階段比非強直肌肉長1—2倍，因此，各關節肌肉的運動當然速度各不相同。用強直纖維最多的肌肉進行運動的關節，運動量最大。這些肌肉的神經中樞，顯然也具有很大的靈活性。

在長期工作中能夠維持高度勞動能力，多半還要依靠改進機體的運動機能和植物性機能的神經調節。

大家都知道，橫紋肌肉纖維不能長期處於收縮狀態。因此，在長期工作時，收縮階段必須和休息階段輪流交替。調節肌肉活動的神經中樞在頗大程度上也應當如此。神經細胞的反應性很強，不能長期處於興奮狀態。對神經系統活動進行電流生理學研究，同時記錄大量神經中樞的電性活力時（利瓦諾夫和安納尼也夫，1955年），證明神經中樞的細胞里興奮點和抑制點鑲嵌式經常交替變化，這種情況是符合於巴甫洛夫和謝林敦的概念的。我們認為其所以長期保持靜止性肌強直，是由于輪流吸引神經細胞和神經支配的運動單位參加活動的緣故，即使在動態用力時，工作和休息交替得過快，以致神經細胞來不及恢復原有正常水平的情況下，也會發生同樣情形。

由此可見，為了正確地理解長期活動時調節肌肉活動的

神經機制的本質，就必須注意神經細胞的最大反應性和它們由興奮狀態迅速變為抑制狀態、以及運動機能單位的肌肉纖維為適應這種情況，由收縮狀態變為鬆弛狀態的可能性。

神經細胞和各種末梢結構的活動也都符合於輪流工作的原則。

發現神經系統輪流活動情況是非常困難的，因為在機體里經常不能對個別神經元素進行刺激。但在很多情況下還是可以發現輪流活動的現象。在對個別感受器（例如觸覺、痛覺和視覺分析器）發生影響時，就沒有輪流活動現象，效應只能維持一個短時間（幾秒鐘或幾十秒鐘）。但是如果不是個別而是大批觸覺或視覺感受器受刺激時（就是說分析器的各種元素可以輪流發揮作用時），效應就可以在長時間（幾分鐘甚至幾小時）內穩定不變。

機體末梢部分，除了肌肉纖維的活動以外，在毛細管（克羅格，1927年）、神經原（拉也娃，1929年，法伊杰里別爾格，1941年）和汗腺（庫諾，1934年）的機能中都有輪流活動現象。

當肌肉受到神經的沖動其頻率符合於肌肉神經器的不安定性時，就可以看出活動時間延長的現象。肌肉有疲勞現象時，神經系統的適應和營養影響特別有效，因而具有很大意義。此外，通過神經系統使其他肌肉機能協調一致，只吸引工作中必要的肌肉來參加活動，對保持肌肉的活動能力也有重大意義。

植物性機能在肌肉活動時的作用。短時間用力時可以依靠現有的化學電位（三磷酸腺甙、磷酸基肌酸、肝糖等）的厭氧分解來進行肌肉活動，可是在較長時間的活動中，肌肉就必須大力加強血液循環以便輸入氧、糖和其他營養物質，