

人民體育出版社



激素与运动能力

激素与运动能力

[苏] 阿·阿·维鲁 著
普·克·克尔格

骆勤方 李家盈 译
施季刚 张凤棲 校

人民体育出版社

责任编辑：施季刚

激素与运动能力

〔苏〕阿·阿·维鲁 著
普·克·克尔格

骆勤方 李家盈 译

施季刚 张凤棲 校

人民体育出版社出版
中国建筑工业出版社印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所发行

*

787×1092毫米 32开本 $4\frac{30}{32}$ 印张 110千字
1990年9月第1版 1990年9月第1次印刷
印数：1-2,500册

*

ISBN 7-5009-0588-2/G·559 定价：3.00元

目 录

序言	1
第一章 有机体对于肌肉活动的适应能力的一般概念, 以及在适应过程中激素的作用及其作用机制	3
第二章 体力负荷时激素反应	12
交感—肾上腺系统的激素(肾上腺素和去甲肾上腺素)	12
胰高血糖素和胰岛素	19
生长素	24
垂体——甲状腺系统的激素(甲状腺素、三碘甲状腺素、促甲状腺素)	29
垂体—肾上腺皮质系统的激素[可的松、肾上腺皮质激素固酮、促肾上腺皮质激素(ACTH)、促肾上腺皮质激素释放素(CRH)]	35
调节水盐电解质体内平衡的激素(醛固酮, 高血压蛋白原酶(垂体)后叶加压素、甲状旁腺激素、降钙素)	44
胸腺(胸腺素)	53
第三章 激素对能量代谢的调节	55
激素对贮存于肌肉和肝脏的碳水化合物的动员作用(激素对肌糖元和肝糖元的动员作用)	56
胰岛素在工作肌葡萄糖吸收和利用的调节中所起的作用	62
肌肉负荷时激素对脂肪代谢的调节	66
激素对工作后的恢复糖元合成的影响	73

第四章	疲劳时激素的变化	76
第五章	在训练时内分泌腺机能的变化	87
	受过训练的机体在安静时内分泌腺的活动	87
	在训练时内分泌腺在身体负荷时反应的变化	92
	在训练时内分泌系统机能能力的增强	94
	受过训练的机体组织对激素的敏感性	104
第六章	发展和形成训练水平的激素机制	113
第七章	身体负荷时心肌机能调节的激素机制和心 肌抵抗力的变化	127
第八章	合成代谢类固醇在体育中	140
	合成代谢类固醇的简明特征	141
	合成代谢类固醇在调节机体工作能力中的作用	144

序 言

在机体的调节机能方面，特别是在对代谢过程的控制，内分泌腺产生的激素起着很大的作用。这些生物学活性很高的化合物，在非常小的浓度下就能产生影响。这种化合物就是一种重要渠道，中枢神经系统通过这个渠道来控制物质代谢过程。中枢神经系统通过神经和体液方式，对内分泌腺发生影响，在其影响下，内分泌腺的激素产物和进入血液的激素，含量都发生变化。因此，改变激素在血液中，以及在组织液和细胞内的浓度可实现物质代谢的激素调节。

激素对代谢过程的作用是通过改变酶的活性（活性提高或降低）或者改变酶分子的合成与分解强度来实现的。同样也可以通过改变细胞膜的通透性来实现。而细胞膜的通透性的改变可以使酶反应所必须的基质、电解质和酶反应辅助因子（辅酶）输入量的增加或减少。

激素对代谢过程的作用对于保证在比赛条件下最大限度地动员全部体能是很重要的。激素的这种作用对负荷后恢复过程的控制和竞技能力的能量、结构、机能的发展具有很大的作用。

1927年（涅维亚多姆斯基，1927年）在我国（注：指苏联）的文献中早已指出了在运动活动与内分泌机能之间的重要联系。此后，在近二十年间所公布的一些试验材料证明了上述的论点。

为了提高竞技能力而使用合成类固醇，使激素对运动成

绩的影响格外显著了。相应的制剂或人们所谓的“合成物”，是人工制造的分子有某些变化的制剂，该制剂类似男性激素。这些制剂的采用是对运动员体内机能关系的严重干扰。所以，不论从道德上，还是从医学上（施加这种干扰的危害性）考虑，人们把这些制剂列入兴奋剂而禁止采用。但是，这并不能排除在运动活动时它们对机体的作用。必须指出的是：不仅注射合成激素制剂有作用，而运动员自身的、在他们内分泌腺中不断生成的激素有更大的作用。

对肌肉活动时内分泌机能的研究结果已在许多专著和综述文章中总结过了（托什科娃，1974年；德里文库，1976年；维鲁，1977年；卡西尔等人，1978年）。大量的研究工作，不断地加深着有关知识，并有可能得到关于它们全部日趋完善的认识。目前，专著的作者在以下几个基本方面，努力总结所积累的实际材料，包括近些年来的材料：

- 1) 肌肉工作时内分泌机能的变化；
- 2) 在物质代谢调节及其对于体力负荷的适应方面，内分泌机能变化的意义；
- 3) 在运动效果方面内分泌机能的改善；
- 4) 在保持高水平竞技能力方面，内分泌机能的意义。

第一章 有机体对于肌肉活动的适应能力的一般概念,以及在适应过程中激素的作用及其作用机制

一般来说,运动员的成绩取决于:

- 1) 保证每一运动性练习有效完成的机能系统的 能力;
- 2) 对于在比赛期被动员的相应的机能系统能力分配的 有效性、及时性和合理性;
- 3) 为了获得最大功率、表现力、优美以及动作的 节省化,应当合理协调地增加肌肉的收缩力量。

许多器官,包括大量的细胞的相互作用是以上三个竞技能力要素的基础。机能完成的功效决定于细胞水平的三个基本组成部分:

1. 与细胞结构相适应的机能能力;
2. 机能的能量保证;
3. 机能的可塑性保证。

细胞结构的机能能力表现出决定遗传程序的特点和由于对生存条件的长期适应,特别是对运动活动的适应,而导致形态机能益臻完善的特点。机能的能量保证贯穿于能量代谢

的全过程。该过程形成和释放供机能活动以足够的能量。按弗·兹·梅尔松（1967年）的观点，能量供给和运输，以及由蛋白质生物合成并在整体条件下保证身体机能稳定性的细胞支持结构的恢复过程，是机能可塑性的保证。

有机体对肌肉活动的适应是在肌肉活动时迅速而直接实现的适应过程。该过程的首要任务包括：能源储备的动员，氧的运输和向工作肌运输氧和氧化酶，尤其是利用新的酶分子补充合成的方法，排除能量代谢最终产物和为保证肌肉工作可塑性创造条件。此外，迅速的适应过程，其重要任务是保障机体内环境的稳定性。

机体任何适应过程旨在维持和恢复机体内环境稳定性。针对协调的生理机能综合特点，保证机体内环境恒定，伍·布·坎农（1929年）提出“内环境稳定性”和“内环境稳定调节”的专门术语。按晋·克（1962年）的观点，每个机体都具有稳定性、易变性的动态变化特点。易变性是机体适应性反应的基础，可见，维持机体稳定的遗传性存在严格的常数（恒量），该常数稳定状态水平和与生命不相容的最大偏离水平之间具有最小的范围。同样，机体还有可塑性常数，它可在很大范围内变动。但其变化对其他机能具有适应作用。器官系统机能活动性的变化，表现在机能可塑常数的改变，对生命活动的完成以及维持严格常数的恒定，保障了必要的条件（渗透压、氧分压、pH值、体温、离子浓度、水含量和其他）。

在肌肉工作期间，为了预防由于氧化不全代谢产物的积累以及由于生物能反应产热增强而过热，致使pH值向酸性偏移。这就要求内环境调节活动机制处于紧张的工作状态，而且为在允许的范围内保持变量，消除超过允许范围产生其它

变量的危险而“奋斗”。体温普遍明显增高可能只依赖于散热机能的加强。为了不减少对工作肌肉的供血和氧，以及必要酶作用物更多地进入肌肉，皮下血管温度调节性舒张需要进一步增加心脏每分钟输出量。散热的有效手段——发汗——导致水的大量丧失。身体发生脱水的危险与此有关。所以抑制肾脏排水是很必要的。加剧出汗的结果同时丧失了大量必需的电解质(离子)，电解质从机体排除的强度同样应加以控制。

机体内环境稳定性反应所具有的特定方向是由对它的作用因素来决定的。这些作用因素可改变机体的稳定状态以及内环境。但是，人们早已注意到，在许多情况下，在特定的内环境反应的同时，适应过程决定于作用因素总的特点的变化和与作用因素特点无关的重复变化。

根据活动特点，把整体的适应分为特异和非特异两个组成部分，这是长久形成的观点。塞里(特·谢利耶，1939年，1950年)在这些方面创立并详尽地进行了论证，在各种应激因子的作用下，机体会出现性质同样的综合症，且不以作用的特点为转移。机体的状态具有一般非特异性变化总和扩展的特点。特·谢利耶将此命名为应激反应。制约产生和发展这些状况的因子叫做应激因子。

现在，在机体的适应过程方面已积累了丰富的实验资料，其中包括非特异性适应改变和应激反应状况的特征。可以认为，一般非特异反应是特殊稳定反应得以有效实现的重要手段。任何应激反应的作用或是直接经过内外感受器和传入神经通路，或是通过体液，通过机体的液体介质(血液等)到中枢神经系统的结构，支配机体的适应性活动。这些结构位于下丘脑和中脑的网状结构、杏仁复合体和海马。相应传出信息和体液信息建立起所有这些结构相互作用的复杂

总和，这些总和由于适应性反应（或者由于适应性反应缺乏效应和病理学改变的发展）、支配神经结构方面激素的反作用以及神经细胞机能代谢状况变化结果的信息而有所改变。

特殊稳定性反应的激活是支配结构工作的第一个结果。在少量强度不大的刺激物和内外环境变化以及具备预先作出适应这个具体作用的情况下，适应性活动受到特殊稳定性反应的限制。特殊稳定性反应以及生命活动的任何行为的完成都要求动力学的和可塑性机能的保证。最初顺利完成这个任务依赖于功能细胞的动力学条件和可塑性储备。

机体的动力学和可塑性贮备的必然动用乃是特异适应性改变的主要原因。与此同时，特异适应性的改变也决定了机体的一般防御能力必然被激活（指的是扩大免疫活性，加速血管收缩，消炎作用和某些其它反应）。

这样，非特异性适应性改变应该看作是适应过程的重要组成部分。这个部分可用术语“一般适应性机制”来恰当表征。一般适应性机制的激活显然是应激反应的基本特征。所以，应激反应决定于机体状态，具有一般适应性机制完备的特征。这些特征为特殊稳定性反应的实现和机体防御能力的动员提供了良好的环境保障。

一般适应性机制的基本组成部分包括（图1）：

- ① 机体动力学贮备的动员为机能的动力学提供保证；
- ② 机体潜力的动员、酶和蛋白质结构的适应合成；
- ③ 机体防御能力的动员。此时，无论是动力学保证，还是机体防御能力的动员，都要求调节蛋白质反应合成的机器运转。酶蛋白反应合成的重要局部机能是积极输送的保证。这样才能维持钠、钾、钙泵的有效工作。没有这些，任何机能的实现都不能成为完善的。

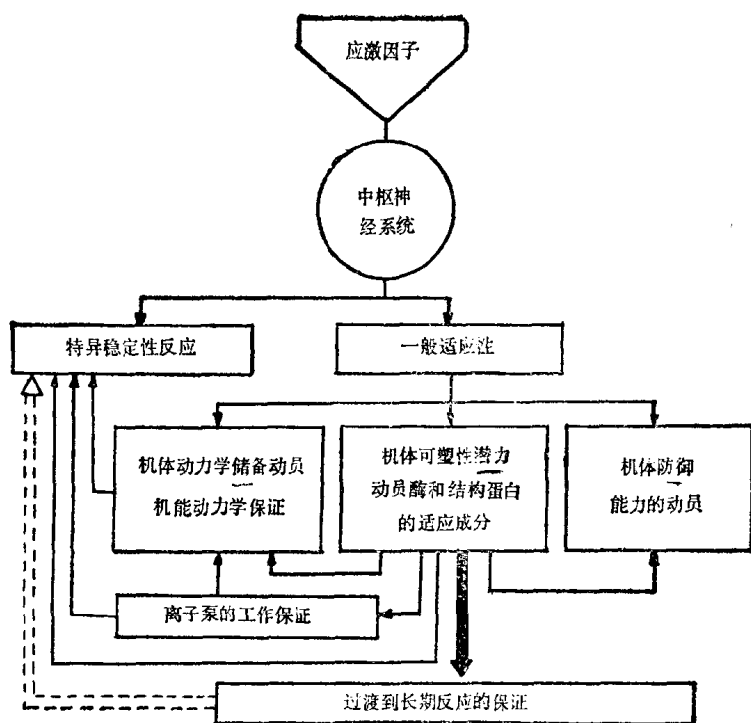


图1 一般适应性机制示意图

蛋白质合成是机能可塑性的保证。无论是一般适应的实现,还是特异性适应的实现,都有其一定的组成部分。由于细胞生理功能明显而长时间增强,将导致其结构对(密码)转录“翻译”的大量增加。然后以恒定的组另复制成核酸和蛋白质(梅尔松,1967年)。这造成了各种细胞结构形成的加强,因而其机能得以提高(在单位时间内完成更多的功能)。但是,这不一定能保证机体所有的组织和细胞可塑性同时增强。所以,在机体内需依据每一具体情况进行某种选择。

在这种情况下，与某应激因子的适应有联系的生理系统，其机能变化更加强烈。依靠其它系统和组织，生理系统的可塑性“优先”得到保证。

可见，在适应过程中，功能加强了细胞，其各种结构和酶蛋白的合成相应加强。因此，工作细胞的结构和机能强度也增加了（梅尔松，1978年）。基本稳定的适应是积极活动的结构数量增加及其增殖。有活性的机能结构及其胞质亚基因数量的增多是稳定适应的基础。

一般适应机制的控制正如固有的内环境恒定一样，是依靠各内分泌系统与神经影响协同的相互作用来实现。上面指出了在肌肉工作条件下的内环境恒定反应的重要意义。除此以外，在竞赛中，作为运动员活动基础所完成的机能总是要求相应的细胞结构保持极限或亚极限的活动。在训练课中的大多数情况下，也有同样作用。这同样给调节系统提出更高的要求，其中包括改变生化反应的速度和方向，并以此为基础实现新陈代谢系统的调节。生化反应的酶活性以及生化细胞调节反应进行条件的改变，靠细胞自动调节作用、激素和神经调节来实现（图2）。这同样也对内分泌腺的机能稳定提出了更高的要求。

有人详细地研究了不同强度和不同持续时间的负荷时内分泌腺的机能活动的变化特点以及和这些变化与机体的训练水平的关系。内分泌腺形态机能参数的研究，血液和唾液中激素的含量，激素及其代谢产物与尿的排泄可以在一定范围内判断内分泌腺分泌活动的变化，激素从血管床排除和它们的衰减作用。但是，为了全部了解静止状态和机体活动情况下新陈代谢中激素调节的问题，必须具备通过作用机制，在靶细胞中实现激素的生物学作用的知识。

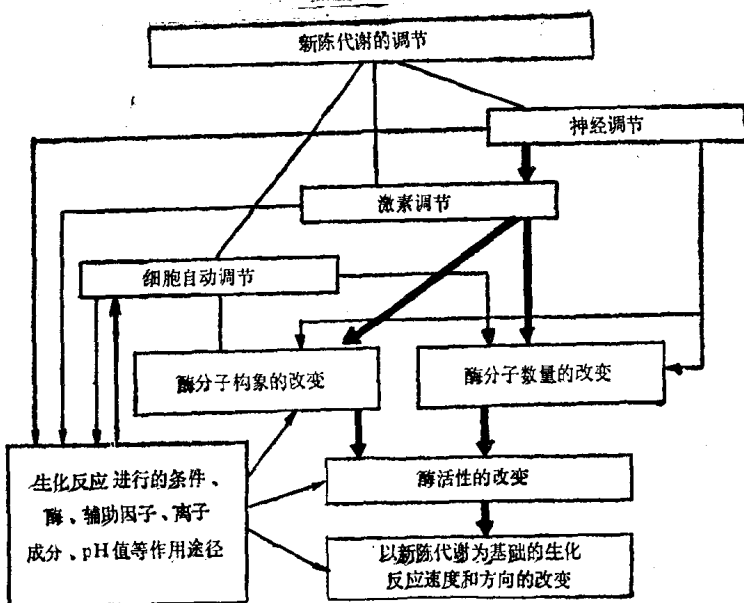


图 2 新陈代谢调节示意

对于类固醇激素的作用机制的概念与芝加哥大学的耶·弗·艾森及其同事的研究有关，他们在六十年代初就顺利地合成了具有特异活性相当高的 $3H$ -雌二醇，他们证实了大白鼠的子宫和阴道对激素的选择性吸收作用（詹森、雅各布森，1962年）。在近十年间，由于许多学者的努力，发现了细胞内类固醇结合蛋白是所有激素生物活性的基础（金、梅因沃林，1974年）。这些大分子是酸性蛋白，现在称为类固醇激素受体。在没有激素时，它们分布在细胞质，与激素有特异关系，具有较高的亲和力（程序分解常数为 $10^{-9} - 10^{-10} M$ ），并可逆转。

在靶细胞中有较高亲和力的结合位置的数量是有限的。在激素的生理浓度范围内，各亲和位置已经饱和。细胞质受体

与激素结合时，该蛋白结构发生特定变化，这与某些附加因素一起形成核内类固醇——受体复合物，转入细胞核内，并与染色体结合。类固醇——受体复合物和染色体的相互结合，对于运动过程和蛋白质（其中主要是引起靶细胞中固有变化的酶）的合成，目前还没有明确地查明。

可见，类固醇激素的作用是按下列的作用链来实现的：

类固醇 + 受体 $\rightleftharpoons$ 类固醇 - 受体 (CP) $\longrightarrow$ 核 $\longrightarrow$ CP $\longrightarrow$ 染色体 $\longrightarrow$ 酶 $\longrightarrow$ 生理效应。

关于肽和蛋白质激素的作用机制，应该说它们首先与处于细胞膜表面的蛋白质受体结合。在机能方面，这个过程提示：类固醇激素与细胞质受体结合，也就是该结合的特点是：亲和力较高，有限的容量和可逆性。显而易见，蛋白质激素不需要进入细胞内便可实现生物效应。

肽、蛋白激素以及其衍生的酪氨酸——儿茶酚胺等生理效应的机制，勃·萨特海伦和同事们的学术著作作出了非常重要的贡献（1966年）。他们揭示了环—磷酸腺甙（CAMP）的作用和肾上腺素介质一样，后来，很快在许多肽和蛋白质激素的作用方面也被证实了。必须仔细研究随之而来的激素与血浆膜蛋白的特异受体结合程序的作用链。激素与受体的结合，导致腺嘌呤基循环的激活。据推测，对于每一种激素来说具有特异性的受体，都是腺嘌呤基的调节组成部分。局限在细胞膜蛋白中的这种酶活性的提高，加强了环—磷酸腺甙（CAMP）和三磷酸腺甙（ATP）的合成。这个环核甙酸是激素的细胞内信使。它通过蛋白致活酶刺激各种细胞内蛋白的磷酸化作用。许多蛋白致活酶系被消耗，一些活性靠一磷酸腺甙，也靠这些酶的激活机制。依赖蛋白激酶起作用的。

列举这些资料表明，激素调节的效果在很大程度上决定于组织的激素供给，同时也借助某些实现激素生理功能的分子程序链的生理机能。目前，在这方面已经完成了单独的研究。在我们的实验室所得到的、关于衰竭性体力负荷对心脏的糖皮质激素作用下分子机制机能影响的资料证明：过度的负荷会导致这些机制的一定环节上的机能破坏。特别应指出的是：假如负荷后立即切除肾上腺的动物，在经过20小时紧张工作后，评定结合蛋白的含量表明：长时间极限负荷会导致心脏和红肌细胞质结合地塞米松的结合点数量减少。精蛋白硫酸盐结合蛋白的沉淀同结合蛋白测定的游离的受体形式，和与激素结合的受体形式可以确定，在心肌细胞质中该蛋白含量也是在极限负荷之后有所降低。这些动物在心脏细胞核中积蓄的肾上腺皮质激素受体复合物的数量与对照组比较有所增高。在该研究中，所得到的资料证明：糖皮质激素对心肌活动和代谢的调节的效果不只局限于激素对照组的供应，而且在较大程度上受到对该作用链的功能的限制，在提高了的身体活动的情况下，在心肌中通过该作用链来实现激素效应。虽然还有很多问题悬而未决，但这些研究结果使可能重新评价在衰竭性体力负荷下代谢的激素调节紊乱的发展机制。

第二章 体力负荷时激素反应

无论是对特异的内环境反应的控制，还是对一般适应机制发展的控制，激素的适应机制引起很多内分泌腺分泌活动的明显变化。由于内分泌腺分泌活动的改变，使血中的激素水平、激素与细胞受体的相互作用以及从机体排除都发生了改变。因此，激素的整体布局经常在新的相互作用水平上进行改造。

交感—肾上腺系统的激素 (肾上腺素和去甲肾上腺素)

交感—肾上腺系统的主要机能是动员机体的能量贮备和机能能力。因此，毋庸置疑该系统的活动是在肌肉活动的影响下增强的。

①凯诺恩是关于机体生存竞争动员机体机能中，交感—肾上腺系统作用的学说的奠基者，从他工作的一开始，就了解了体力负荷时该系统的活动（坎农，1929年）。与此同时还建立了训练—适应的交感—肾上腺系统影响理论（奥尔别利，1932年），这个理论是建立在以下实验基础上的：经多次刺激已完全达到疲劳时的骨骼肌，在刺激运动神经的同时，再刺激交感神经，其收缩幅度可增大。现在我们知道，交感神经的适应营养影响是以体液形式依靠血液的肾