

运动生理学参考资料

(下 册)



北 京 体 育 学 院

1985年10月

G804.2
32

运动生理学参考资料

(下 册)

北京体育学院

1985年10月

内 分 泌 与 运 动

佟启良 王义润 张问礼

一、内分泌概述

内分泌系统 (endocrine system) 是人体的一个重要调节系统。调节着人体的各种机能, 维持正常的生命活动, 以适应环境的变化。内分泌系统对调节生长、发育、再生, 以及种族延续等各方面都有重要作用。

(一) 内分泌腺和激素的概念

内分泌腺属无管腺, 所分泌的活性物质称为激素 (Hormone), 直接进入血液或淋巴, 作用于体内的靶器官, 调节其机能。

随着内分泌学的进展, 这种传统概念已不甚严密。血液中某些活性物质, 不一定是细胞本身分泌的。如血管紧张素, 是肾小球旁细胞分泌的肾素, 使 α_2 -球蛋白转化而成的。有些激素, 如消化管激素不进入血液, 直接作用于局部细胞。

此外, 内分泌与外分泌有时也难以严格区分。如睾丸间质细胞分泌的雄性激素 (androgen) 入血, 而曲精细管支持细胞合成的雄性激素, 停留在曲精细管内, 有可能使精子形成的局部效应。而附睾及输精管上皮生成的雄激素, 释放到精液中, 这种激素的作用途径与内分泌的传统概念都有所不同。

近代, 激素的概念较为广泛, 认为激素是某些特殊化的

细胞所分泌的传递信息的化学物质，可以从一组细胞传到另一组细胞，或从细胞的某一部分传到其本身的另一部分（如单细胞生物释放的化学物质）。这一定义强调了信息传递，而不注重传递的方式。不过这一定义尚未通用，目前大家仍延用传统的概念。

（二）激素的化学本质

按其化学结构，可把激素分为四类：

1. 肽类与蛋白质类激素

由几个或多个氨基酸构成。包括下丘脑激素、垂体激素、甲状旁腺激素、胃肠激素、降钙素和胰岛素等。

2. 固醇类激素

基本结构是类固醇（环戊烷多氢非）。如肾上腺皮质激素和性激素。

3. 氨基酸衍生物（胺类）

如甲状腺素和肾上腺素。

4. 脂肪酸衍生物

如前列腺素。

（三）激素作用的特点

激素的作用与神经调节相比，有其本身的特点：

1. 无始动作用。只能调节某种活动，使之发生变化，而不能使器官发生一种新的反应。

2. 激素的量极微，而作用效应大。其量多以微克（1/1000毫克）或毫微克（1/1000微克）计算。

3. 作用的部位和时间。有的激素作用部位广泛，如生长素几乎作用全身各部位，作用时间也长；有的激素作用部位局限，如丘脑下部的激素，只作用于腺垂体；有的激素作用时间较短暂。

激素不断生成，不断灭活。血浆中原有激素的活性消失一半所需要的时间称为半衰期。促肾上腺皮质激素和胰岛素的半衰期为数分钟，肾上腺素的半衰期以秒计算，甲状腺素的半衰期达数日。

(四) 激素作用的机制

1. 激素作用的特异性

激素经血循到全身，但只对能识别该激素信息的细胞才产生作用。这些细胞称为靶细胞。靶细胞的分布可能很广泛，也可能很局限，这就决定了激素作用的部位，靶细胞是否接受激素的作用，关键在于有没有相应的受体。

2. 肽类、蛋白质类和胺类激素的作用机制

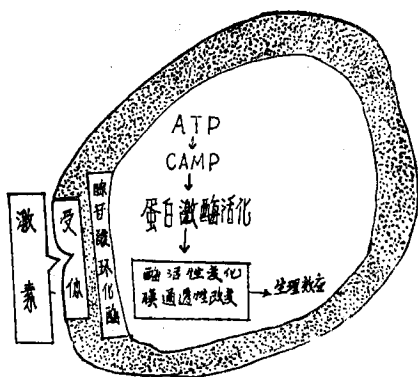
这类激素都是含氮激素，经血液到达靶细胞，首先与分布在细胞膜上的特异性受体结合。结合后能激活细胞膜上与受体邻近的腺苷酸环化酶。在该酶和镁离子的作用下，使细胞内ATP转变为环一磷酸腺苷(CAMP)。CAMP是一种单核苷酸，由一个腺嘌呤、一个分子核糖和一个分子磷酸组成。磷酸的两个酸根在核糖的第3'、5'位上进行酯化，形成环状结构。

CAMP作为第二信使能促进蛋白激酶活化(把激素看作第一信使)。

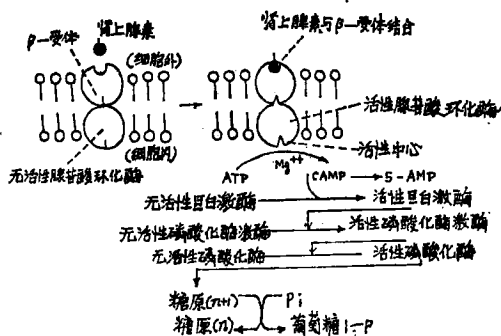
被激活的蛋白激酶催化有关的酶系统，改变酶系统的活性，从而调节代谢，引起特定的生理反应，见(图1、2)。

3. 固醇类激素的作用机制

这种激素的分子小，又是亲脂性物质，能透过靶细胞细胞膜，进入胞浆。激素与特异性受体结合成激素-受体复合物。此复合物在一定条件下通过核膜入核内，与核内的基因(DNA)相互作用，影响核糖核酸和蛋白质的合成过程，从而发挥作用。

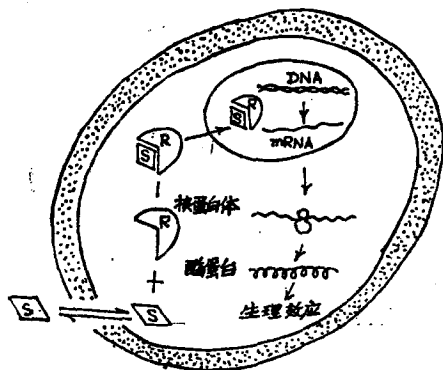


(图1) 含氮激素作用机制示意图



(图2) 肾上腺素作用于肝细胞膜上的受体引起
细胞内糖元分解过程示意图

激素-受体复合物作为第二信使,它与核内基因的相互作用,促进了按DNA模板转录成信息核糖核酸(mRNA), mRNA通过核膜进入胞浆,促进了某种特定蛋白质(酶)的合成,从而导致生理效应的发生,见(图3)。



(图3) 类固醇激素作用机制示意图

DNA是基因，由脱氧核糖、磷酸和碱基组成。

密码：DNA是合成蛋白质的模板，DNA上每三个碱基形成“三联体”，成为一个氨基酸的编号。

转录：信息核糖核酸（mRNA）的碱基排列受DNA控制，RNA是DNA一个单链的互补链。

翻译（蛋白质合成）：转运核糖核酸（tRNA），按照mRNA的信息把胞浆内的各种氨基酸带到核蛋白体上，以mRNA作为模板排列成蛋白质。

（五）研究内分泌腺机能的方法

1. 临床观察和动物实验

人类在同疾病斗争的过程中，积累了有关内分泌正常功能的知识。例如，海藻能治疗甲状腺肿。公元前400年的《黄帝内经》记载了糖尿病，称之为“消渴症”，谓“以饮一斗，小便亦一斗”。公元前三世纪《庄子》记录了甲状腺肿称之为“瘰”。

动物实验的方法很多，例如，用切除某内分泌腺的方法，观察动物机能失调的情况，借以了解其正常功能和作用；然后用注射该腺体的提取物或移植该腺组织的方法，观察动物机能的恢复情况，以检查原来的推断。此外，还可以给正常动物注射腺体提取物或移植腺组织，以观察内分泌腺功能亢进的表现。

2. 激素的分离、提纯和人工合成

从腺体或血液中提取激素，进行化学分析，了解其化学结构。进一步用人工方法合成具有生物活性的激素。我国成功地合成了胰岛素。

3. 激素的测定

(1) 生物法：一般先将血或尿中的激素进行提取，然后利用整体动物或离体器官测定提取物的生物活性。例如，根据提取物的抗利尿作用或升血压作用来测定抗利尿素的活性。根据鼠子宫的重量增加测定促性腺激素的活性。用血糖水平测量胰岛素的活性。

这种方法的优点是，特异性强，不必提纯。缺点是，方法繁杂，动物个体差异影响结果，需先浓缩。

(2) 化学法

将血或尿进行提取、净化，可以利用层析，将激素分离。然后利用激素与某些试剂起颜色反应或显荧光的原理，用比色方法定量。

近年来还发展了凝胶过滤，薄板层析、免疫电泳、气相层析和液相层析等方法。

(3) 同位素法

用同位素示踪作用，标记激素，可以了解激素在体内的代谢过程。还可以测定激素的浓度或其分泌率。

(4) 放射免疫法

此法特异性强，敏感性高，从1959年开始应用。用此法可以测定血、尿或其他体液中某激素的含量，开始时用于测定蛋白质和肽类激素，现在也用于非蛋白质激素的测定。

原理是抗原与抗体结合的免疫学原理。

方法与步骤：

①制做免疫血清：将欲测的激素提纯，反复给动物注射，制成含有抗体的免疫血清。

②培养：将一定量带有放射性标记的激素（抗原）与待测定的激素和一定量的抗体放入一试管内进行培养。

由于标记与未标记（待测）激素的竞争作用，如标记激素与抗体的量恒定，待测激素越多，则标记的激素与抗体结合的量就越少。

③制做标准曲线：用已知不同浓度的未标记抗原，测出标记抗原与抗体的结合量，制定一条标准曲线，以后只要测得一个样品结合率即可从标准曲线上查到待测激素的浓度。

4. 内分泌腺细胞的生物电活动

用较细的微电极，测得胰岛、肾上腺、垂体细胞的静息电位约为 $-40 \sim -70\text{mV}$ 。某些刺激能引起动作电位。

胰岛细胞的电活动。

Dean (1968年)，将小鼠的胰脏进行体外培养，插入微电极，发现 β 细胞的静息电位不稳定，有频率快电压低的波动，静息电位为 $-20.1 \pm 0.8\text{mV}$

培养液中葡萄糖浓度高到一定程度时引起动作电位。电位变化与胰岛素分泌量平行。

刺激胰岛素分泌的物质能诱发 β 细胞的动作电位，如亮氨酸、甘露醇等。

抑制葡萄糖引起胰岛素分泌的物质也能阻滞葡萄糖诱发 β 细胞的动作电位,如肾上腺素和二硝基苯酚等。

关于胰岛 β 细胞电活动的离子基础问题,Dean证明, K^+ 外流是形成静息电位的离子条件。如在灌流液中增加 K^+ 浓度,可使膜电位降低。

动作电位的产生不是 Na^+ 内流造成的,而是 Ca^{++} 内流的结果。

在肾上腺皮质、髓质、甲状腺和腺垂体的细胞内都记录了静息电位和动作电位。唯动作电位的诱发是不同的刺激引起的,也有不同的离子基础。

二、人体主要内分泌腺所分泌的激素及其主要作用

腺体	激素	激素的化学本质	作用
丘脑下部	生长素释放激素 (GRH)	多肽 (十肽)	促进腺垂体分泌生长激素
	生长素释放抑制激素 (GRIH)	十四肽	抑制腺垂体分泌生长激素
	生乳素释放激素 (PRH)		促进腺垂体释放生乳素

腺体	激 素	激 素 的 化学本质	作 用
	生乳素 释放抑制 激素 (PIH)	不清	抑制腺垂体释放生乳素
	黑色细 胞刺激素 释放激素 (MRH)		促进腺垂体释放黑色细胞刺激 素
	黑色细 胞刺激素 释放抑制 激素 (MIH)		抑制腺垂体释放黑色细胞刺激 素
	促肾上 腺皮质素 释放激素 CRH		促进腺垂体分泌促肾上腺皮质 激素
	促甲状 腺素释放 激素 (TRH)	三肽	促进腺垂体分泌促甲状腺素
	促性腺 激素释放 激素 (LRH)	十肽	促进腺垂体分泌卵泡刺激素和 黄体生成素

续表

腺体	激素	激素的化学本质	作用
腺垂体	生长素 GH	188 个氨基酸组成的多肽	①促进生长：包括骨及软组织增长 ②促进蛋白质合成 促进脂肪分解 抑制糖代谢
	生乳素 PRL	由 205 个氨基酸组成的蛋白质	①刺激乳腺分泌 ②维持黄体生存分泌孕激素 (在人体似作用不大)
	黑色细胞刺激素 MSH	由 22 个氨基酸组成的肽类	促进黑色素合成，使皮肤颜色加深。
	促肾上腺皮质激素 ACTH	由 39 个氨基酸组成的肽	促进肾上腺皮质分泌糖皮质激素
	促甲状腺素 TRH	糖蛋白	促进甲状腺释放甲状腺素

续表

腺体	激素	激素的化学本质	作用
	卵泡刺激素 FSH	糖蛋白	促进卵泡发育, 使泡细胞分泌雌激素
	黄体生成素 LH	糖蛋白	触发排卵, 促黄体生成, 黄体细胞分泌孕激素
神经垂体	子宫收缩素	9 肽	使妊娠子宫平滑肌收缩 使乳汁进入腺管
	血管加压素	9 肽	增加远曲小管和集合管对水的通透性, 有抗利尿作用 大剂量能使小动脉和毛细血管普遍收缩,
甲状腺	甲状腺素 thyroxine	氨基酸衍生物	促进蛋白质合成、维持正常生长发育, 促进神经系统发育 增加心肌代谢, 增强儿茶酚胺对心率的影响 影响性器官发育
	降钙素	32个氨基酸组成的多肽	降血钙 ①抑制骨钙的分解和释放 ②减少细胞膜 Ca^{2+} 的通透性 ③抑制肾小管对 Ca 、 P 、 Na 的重吸收, 使之随尿排出

续表

腺体	激素	激素的化学本质	作用
甲状旁腺	甲状旁腺素 PTH	由84个氨基酸组成的多肽	使血钙升高: ①使骨钙溶解入血 ②使破骨细胞增生、溶解骨钙 ③促进肾小管重吸收Ca, 减少排出 ④促进小肠对Ca的吸收
胰岛	胰岛素 insulin 胰高血糖素 glucagon	蛋白质 由29个氨基酸组成的多肽	①降血糖: 促进肝糖元合成, 抑制糖元异生, 促糖元分解 ②促进脂肪合成促进蛋白质合成、抑制脂肪和蛋白质分解 ①升血糖: 促糖元异生, 促糖元分解 ②促进蛋白质和脂肪分解异生为糖元 ③强心
肾上腺皮质	糖皮质激素 盐皮质激素	皮质醇 皮质酮 皮质素 醛固酮 11-去氧	①促进蛋白质分解, 抑制蛋白质合成 ②促进脂肪分解 ③促进肝糖元异生 (升血糖) ①保Na ⁺ 排K ⁺ : 促进远曲小管重吸收Na ⁺

续表

腺体	激素	激素的化学本质	作用
	性激素	皮质酮 11-去氧皮质醇 睾酮 雄酮 表雄酮 雄烯二酮 孕酮等	促进远曲小管分泌 K^+ ②胃肠道、唾腺、汗腺保 Na^+ 排 K^+ ③升血压 可能与性行为和副性征出现有关
肾上腺髓质	肾上腺素 去甲肾上腺素	儿茶酚胺	①对心血管系统、内脏器官、呼吸、排泄、消化的作用二者的作用有的相同，有的相反 ②对代谢的作用 升血糖、促进肝糖元分解 促脂肪分解
睾丸	雄性激素	固醇类	刺激男性附性器官的发育维持其功能 刺激副性征的出现和维持 促进蛋白质合成呈正氮平衡 刺激长骨生长和红细胞生成

续表

腺体	激 素	激 素 的 化学本质	作 用
卵巢	雌激素 EH 孕激素 PH	固醇类	刺激女性附性器官的发育维持 其功能 刺激女性副性征的出现和维持 调节月经周期 维持妊娠

三、应激反应的内分泌调节

(一)应激反应的概念

1936年,加拿大学者Hans Selye提出应激学说,逐渐为学术界重视,近年来与运动训练相联系,使应激学说的应用更加广泛。

早年Selye提出了应激(stress)的概念,认为应激是机体受到各种有害刺激后,产生的可使机体特异性抵抗力增强的非特异性反应。后来应激的概念更加广泛,认为应激反应是机体应付各种需要时的非特异性反应。

引起应激反应的各种刺激称为应激原(stressor),包括感染、中毒、创伤、疼痛、饥饿、缺氧、寒冷和精神紧张等等。激烈的运动对运动员来说也是一种应激刺激,这种应激反应属于生理应激。生理应激是一切日常生活中少见的强烈刺激所引起的反应和恢复过程的总称。

(二)应激反应的阶段性

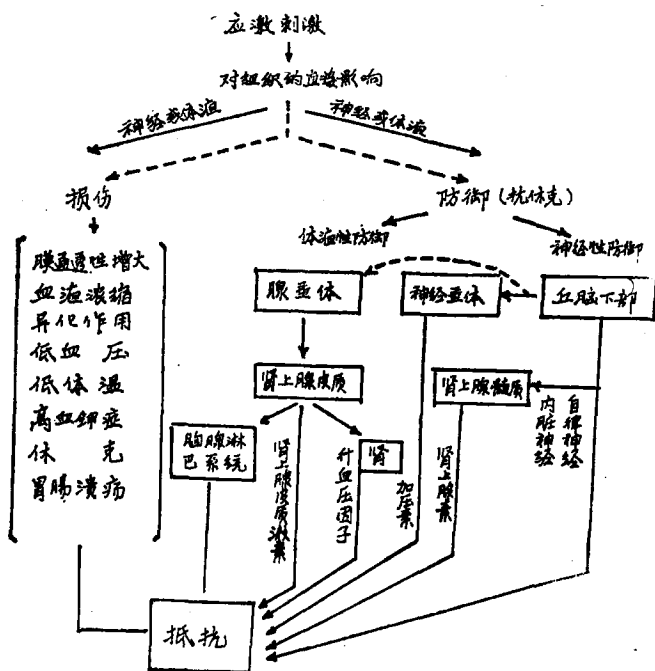
应激反应属于全身性的非特异性反应,称为全身适应症

候群，包括警戒反应期、抵抗期和衰竭期。

生理应激与病理过程有所不同，在绝大多数情况下，不致达到衰竭阶段。生理应激大体可分为三个阶段：

第一阶段是机体对刺激的直接反应及代偿反应。如运动时呼吸频率、心率加快，血压升高等；第二阶段是机体对刺激的部分适应或全部适应。表现为机体某些机能的提高，适应所接受的刺激；第三阶段是刺激停止后的恢复阶段。这时应激反应和适应反应逐渐消失，恢复了机体在受刺激前的状态。

(三) 应激反应的内分泌调节 (见图 4)



(图 4) 应激刺激与体内的防御机构

(依 Selye)