

# 内分泌学

缪明 主编  
朱剑琴 李春宝 缪明 编

nei fen mi xue

高等教育出版社



高等学校教材

# 内 分 泌 学

缪 明 主编

朱剑琴 李春宝 缪 明 编

高等教育出版社

(京)112号

### 内 容 提 要

本书是由复旦大学、南京大学合编的一本教材。章节按各内分泌器官和组织进行编排。内容上既阐明了内分泌生理学的基本原理，又增添了有关该学科近年来的进展。叙述尽量体现简明和深度。

本书可作为高等院校生物系、医药院校、畜牧和农学院等有关专业高年级学生和研究生的教材，也可供从事内分泌研究工作者参考。

高等学校教材

### 内 分 泌 学

缪 明 主编

朱剑琴 李春宝 缪 明 编

\*

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

上海中华印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 595,000

1992年10月第1版 1992年10月第1次印刷

印数 00,001—13,139

ISBN 7-04-003634-7/Q·186

定价 8.45 元

# 前 言

关于内分泌学的知识在几千年前就被人们所认识,然而,直到本世纪 50 年代,内分泌学才形成一门真正独立的学科,并被应用于临床医学和畜牧业等实践工作中。近 30 年来,随着生理学、生物化学和分子生物学等学科的发展,内分泌学也有了新进展。它为临床医学、畜牧业及制药工业等,开拓了一个崭新的领域。

长期以来,在内分泌学的教学中,很难找到一本适合于我国高等院校生物系及医药、畜牧等有关专业高年级学生和研究生使用的简明教材,因此 1985 年在广州召开的内分泌学教材评选会议上决定,由复旦大学和南京大学共同编写一本教材。

本教材较系统而全面地阐述了内分泌生理学的基本原理,并反映了内分泌学近年来的进展,尽量体现简明和深度,采用较多的图表,以便于学习。主要内容包括:激素作用机制与激素受体,神经内分泌学,腺垂体,甲状腺,甲状旁腺激素、降钙素和维生素 D (胆钙化醇),胰岛,肾上腺髓质,肾上腺皮质,睾丸,卵巢,妊娠内分泌,胃肠激素、前列腺素和胸腺。

本书附有参考文献与激素英汉名称对照表,供学生自学参考。

在编写过程中,曾得到陈守良、魏开元、李永材、黄溢明、林浩然、温璋文、方天琪、刘学高等教授与专家们的指教与鼓励。在魏开元教授审阅过程中,曾诚意地指出初稿中的缺点与错误,并提出许多建设性的修改意见,在此表示衷心感谢。由于我们水平有限,错误与不足之处难免,希望读者批评指正。

编 者

1991

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1	<b>第五节 下丘脑—神经垂体</b>	
一、激素和内分泌概念 .....	1	<b>分泌的激素</b> .....	38
二、激素的分类 .....	2	一、神经垂体激素的合成, 运输	
三、激素的生物合成、释放、转		和分泌 .....	38
运、失活和更新 .....	2	二、神经垂体激素分泌的调节 .....	39
四、激素作用的特点 .....	4	三、神经垂体激素的生理功能 .....	40
五、激素的调节 .....	5	四、ADH 分泌和尿崩症 .....	41
<b>第二章 激素作用机制与激素</b>		<b>第六节 下丘脑“促垂体区”分</b>	
<b>受体</b> .....	9	<b>泌的激素</b> .....	42
<b>第一节 激素作用机制</b> .....	9	一、促甲状腺素释放激素(TRH) .....	42
一、含氮激素的作用模式 .....	9	二、促性腺素释放激素(GnRH	
二、甾体激素的作用模式 .....	14	或 LHRH) .....	45
<b>第二节 激素受体</b> .....	17	三、促皮质激素释放因子(CRF) .....	48
一、激素受体概念与特性 .....	17	四、生长激素释放因子(GHRF)	
二、激素受体的调节 .....	20	和生长激素释放抑制激素	
三、受体异常 .....	23	(GIH 或 SS) .....	50
<b>第三章 神经内分泌</b> .....	29	五、催乳素抑制因子(PIF)和	
<b>第一节 神经内分泌概念</b> .....	29	催乳素释放因子(PRF) .....	51
<b>第二节 下丘脑是神经内分</b>		六、黑素细胞刺激激素抑制因子	
<b>泌的核心</b> .....	30	(MIF) 和黑素细胞刺激激	
一、下丘脑的神经核 .....	30	素释放因子(MRF) .....	52
二、下丘脑的神经分泌系统 .....	30	<b>第四章 腺垂体</b> .....	56
三、下丘脑的神经联系 .....	32	<b>第一节 垂体的发生和解剖</b> .....	56
<b>第三节 下丘脑—垂体门</b>		<b>第二节 腺垂体的细胞学</b> .....	56
<b>脉系统</b> .....	34	<b>第三节 腺垂体分泌的激素</b> .....	57
<b>第四节 环脑室器官</b> .....	35	一、糖蛋白激素类 .....	57
一、正中隆起 .....	35	二、与 ACTH 相关的肽类激素 .....	62
二、连合下器官 .....	36	三、直接作用的激素 .....	70
三、穹窿下器官 .....	36	<b>第五章 甲状腺</b> .....	77
四、松果腺 .....	36	<b>第一节 甲状腺的形态结构</b> .....	77
五、终板血管器官 .....	37	一、甲状腺的大体解剖 .....	77
		二、甲状腺滤泡结构 .....	78

三、甲状腺滤泡上皮细胞的亚 微结构 .....	79	一、甲状旁腺的形态结构与发生 .....	105
<b>第二节 甲状腺激素</b> .....	80	二、甲状旁腺激素 .....	106
一、甲状腺激素的化学结构 .....	80	三、甲状旁腺功能障碍 .....	113
二、碘的代谢 .....	80	<b>第三节 降钙素</b> .....	114
三、甲状腺的碘化蛋白 .....	81	一、C细胞与鳃后腺 .....	114
四、甲状腺激素的合成 .....	82	二、降钙素的生物合成与代谢 .....	114
五、甲状腺激素的贮存与释放 .....	83	三、降钙素的生理作用与意义 .....	115
六、甲状腺激素的运输 .....	85	四、降钙素分泌的调节和影响 因素 .....	116
七、甲状腺激素的更新和代谢 途径 .....	86	五、C细胞功能异常与降钙素 的临床意义 .....	117
<b>第三节 甲状腺激素的生理         功能</b> .....	87	<b>第四节 维生素D<sub>3</sub>(胆钙化醇)</b> .....	118
一、甲状腺激素对组织代谢的 影响 .....	87	一、维生素D的生物合成与代谢 .....	118
二、甲状腺激素对生长发育的 作用 .....	89	二、维生素D以及代谢产物的 生理作用 .....	120
三、甲状腺激素对神经系统的 作用 .....	90	三、维生素D以及代谢产物分 泌的调节 .....	121
四、甲状腺激素对各器官系统 的作用 .....	90	四、1,25-(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub> 的作用机制 .....	122
<b>第四节 甲状腺激素的作用         机制</b> .....	92	五、抗维生素D综合症 .....	124
<b>第五节 甲状腺功能的调节         和影响因素</b> .....	93	<b>第五节 钙自稳态的激素控制</b> .....	124
一、甲状腺功能的调节 .....	93	<b>第七章 胰岛</b> .....	128
二、影响甲状腺功能的主要因素 .....	96	<b>第一节 胰岛的形态结构</b> .....	128
<b>第六节 甲状腺功能异常</b> .....	98	<b>第二节 胰岛素</b> .....	130
一、甲状腺功能亢进症 .....	98	一、胰岛素的化学本质 .....	130
二、甲状腺功能减退症 .....	99	二、胰岛素的生物合成、分泌 与代谢 .....	132
三、单纯性甲状腺肿 .....	100	三、胰岛素的生理功能 .....	133
<b>第六章 甲状旁腺激素、降钙         素和维生素D</b> .....	102	四、胰岛素的作用机制 .....	136
<b>第一节 钙、镁和磷的代谢</b> .....	102	<b>第三节 胰高血糖素</b> .....	139
一、钙和磷的代谢 .....	102	一、胰高血糖素的合成、分泌 与代谢 .....	139
二、镁的代谢 .....	105	二、胰高血糖素的生理功能 .....	140
<b>第二节 甲状旁腺</b> .....	105	三、胰高血糖素的作用机制 .....	141
		<b>第四节 胰岛素和胰高血糖         素分泌的调节</b> .....	141
		一、葡萄糖及其它营养物质 .....	141
		二、植物性神经对A和B细胞	

的作用 .....	143	第二节 类固醇的化学结构	
三、内分泌激素对A和B细胞的		和命名法 .....	165
作用 .....	144	第三节 肾上腺皮质类固醇	
四、旁分泌激素对A和B细胞		的生物合成和代谢 .....	167
的作用 .....	145	一、皮质激素的生物合成 .....	167
第五节 生长抑素与胰多肽 .....	146	二、类固醇激素的运输和代谢 .....	171
一、生长抑素 .....	146	第四节 皮质激素的化学结	
二、胰多肽及其可能的作用 .....	146	构和功效之间的关	
第六节 糖尿病 .....	147	系 .....	172
一、胰岛素依赖型(又称I型)		一、几种主要的天然激素 .....	172
糖尿病 .....	148	二、皮质激素的构效关系及其	
二、非胰岛素依赖型(又称II型)		类似物 .....	173
糖尿病 .....	149	第五节 肾上腺皮质激素的	
第八章 肾上腺髓质 .....	152	作用 .....	174
第一节 肾上腺髓质的组织学 .....	152	一、糖皮质激素的生理作用和	
第二节 交感—肾上腺系统 .....	153	药理作用 .....	174
第三节 肾上腺髓质激素的		二、盐皮质激素的生理作用 .....	178
生物合成, 贮存, 分		三、皮质性激素的生理作用 .....	180
泌和代谢 .....	153	第六节 肾上腺皮质激素的	
一、肾上腺髓质激素的生物合成		作用机制 .....	180
和贮存 .....	153	第七节 肾上腺皮质激素的	
二、肾上腺髓质激素的分泌 .....	155	调节 .....	181
三、儿茶酚胺的代谢 .....	156	一、糖皮质激素的调节 .....	181
第四节 肾上腺髓质激素的		二、盐皮质激素——醛固酮的	
作用 .....	157	调节 .....	182
第五节 肾上腺髓质激素的		第十章 睾丸 .....	188
作用机制 .....	158	第一节 睾丸的发生与形态	
第六节 肾上腺皮质和髓质		结构 .....	188
之间的相互关系 .....	161	第二节 睾丸的内分泌机能 .....	190
一、髓质和皮质在解剖学上和		一、睾丸的激素 .....	190
生物化学上的联系 .....	161	二、雄激素的合成、运输与代谢 .....	191
二、应激反应中髓质激素和皮		第三节 雄激素的生理作用 .....	194
质激素的协同作用 .....	161	一、对睾丸生精机能的影响 .....	194
第九章 肾上腺皮质 .....	164	二、对附属性器官和副性征的	
第一节 肾上腺皮质的组织		作用 .....	195
学和亚微结构 .....	164	三、对中枢神经系统的作用 .....	196

四、对代谢的作用	196	二、月经周期	221
五、促进红细胞生成的作用	197	三、月经周期中激素的调节	221
第四节 雄激素的作用机制	197	第六节 卵巢功能紊乱	223
第五节 睾丸内分泌机能的调节	198	一、性早熟——青春期提前	223
一、下丘脑和腺垂体对睾丸活动的调节	198	二、闭经	223
二、睾丸对下丘脑和腺垂体的反馈调节	198	三、绝经及更年期综合症	224
三、催乳素(PRL)对睾丸活动的调节	200	第十二章 妊娠内分泌	227
第六节 睾丸的生精作用与调节	200	第一节 受精与内分泌	227
一、精子的生成	200	一、卵的运行	227
二、精子的成熟	200	二、精子在女性生殖道中的运行	227
三、睾丸生精作用的调节	201	三、受精过程	228
第七节 睾丸的功能异常	202	四、受精卵的发育与运行	229
一、睾丸功能亢进	202	第二节 着床与内分泌	229
二、睾丸功能减退和男子性功能低下	203	一、卵巢对着床的影响	230
第十一章 卵巢	206	二、下丘脑和腺垂体对着床的影响	230
第一节 卵巢的形态结构	206	三、前列腺素(PG)	231
第二节 卵巢的功能	207	四、胚泡激素在着床过程中的作用	231
一、卵巢的生卵作用	207	第三节 妊娠与内分泌	231
二、卵巢的内分泌作用	209	一、妊娠黄体与早期妊娠的维持	231
第三节 卵巢性激素的生理作用及其作用机制	212	二、胎盘激素与妊娠过程	232
一、雌激素的生理作用	212	第四节 分娩与内分泌	235
二、孕激素的生理作用	214	一、激素对子宫活动的影响	235
三、卵巢性激素的作用机制	214	二、分娩过程的发动	237
第四节 卵巢活动的调节	216	三、母体机制在分娩中的作用	239
一、下丘脑对卵巢活动的影响	216	第五节 哺乳与内分泌	239
二、腺垂体对卵巢活动的影响	217	一、乳腺的发育与内分泌关系	239
三、卵巢对下丘脑和腺垂体的反馈作用	217	二、乳腺的生乳作用与内分泌关系	240
第五节 生殖周期	220	三、乳腺的非乳作用与内分泌关系	241
一、动情周期	220	第十三章 胃肠激素、前列腺素、胸腺激素	243
		第一节 胃肠激素	243
		一、胃肠内分泌细胞	243
		二、胃肠激素	244



三、脑肽、胃肠道肽、皮肤肽三者的关系 .....	251	第三节 胸腺 .....	260
<b>第二节 前列腺素 .....</b>	<b>251</b>	一、胸腺的解剖部位 .....	260
一、前列腺素的化学结构和命名 .....	253	二、胸腺的组织学 .....	260
二、前列腺素的生物合成和代谢 .....	353	三、胸腺的发育和成熟 .....	260
三、前列腺素的作用 .....	257	四、胸腺激素和胸腺的功能 .....	260
四、前列腺素的作用机制 .....	259	五、胸腺的退化问题 .....	263
		<b>附录 激素英汉名称对照表 .....</b>	<b>266</b>

# 第一章 绪 论

## 一、激素和内分泌概念

人和动物体内有许多特异化的腺体和细胞，它们能分泌一种或多种化学物质进入血液循环。这些化学物质经血流转运到身体的特定器官、组织和细胞而发挥作用，产生效应，从而精确地调节机体的新陈代谢活动。由于这些腺体和细胞的分泌方式是把化学物质直接释放入血液循环，而并不像一般消化腺那样经过导管分泌到消化管腔内，所以把这种分泌方式特称为“内分泌”(endocrine)；它们释放的化学物质称为“激素”(hormone)；激素作用的特定部位称为“靶”(target)，包括靶器官、靶组织和靶细胞。内分泌系统是指分散在体内各个部位的内分泌腺体和细胞的总称(图 1-1)。

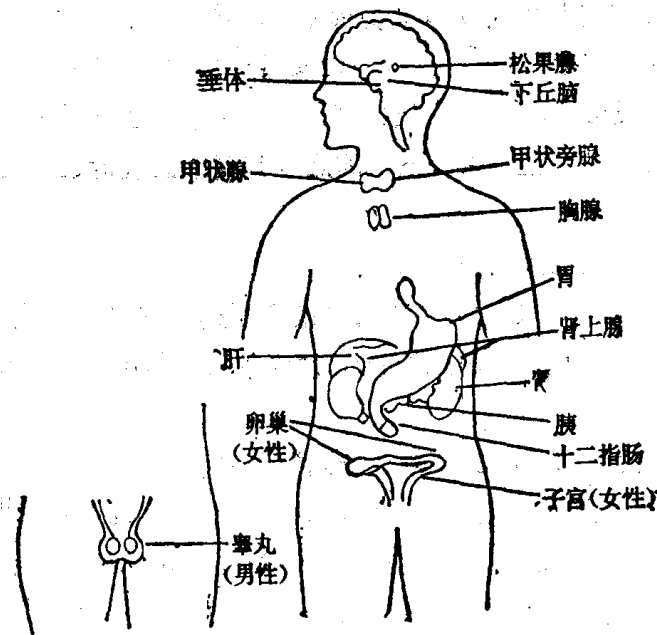
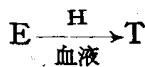


图 1-1 人体内分泌腺的位置

内分泌的基本概念可用下列模式表示



E 为具有内分泌功能的器官、组织和细胞；T 为激素的靶器官、靶组织和靶细胞；H 为激素。

整个模式是一个动态过程，包括三步：① E 分泌 H；② H 进入血液后与蛋白质结合、变化和转运；③ H 随血液到达 T 后产生生理效应。

## 二、激素的分类

激素按其化学性质可分为三大类:

(一) 蛋白质、多肽和氨基酸衍生物类激素 这类激素种类最多,主要分布在下丘脑,垂体前叶和胃肠道等处。

(二) 甾体激素(也称类固醇激素) 这类激素的分子结构都以环戊烷多氢菲为核心,如肾上腺皮质分泌的糖皮质激素、盐皮质激素和性腺分泌的性激素等。

(三) 脂肪酸类激素 主要是前列腺类激素,它们的结构特征为 8—12 个碳原子组成的五碳环不饱和脂肪酸。

## 三、激素的生物合成、释放、转运、失活和更新

### (一) 激素的生物合成

1. 蛋白质和肽类激素的生物合成 这类激素一般是先合成一个大肽链为前体,经过酶裂解后,生成有生物活性的小肽。指导这类激素合成的信息是在细胞核中 DNA 的密码上。DNA 的基因模板先被转录成信使 RNA(mRNA),然后 mRNA 分子从核孔转移到胞浆中。从电镜中能见到许多小的核糖体聚集成多核糖体,与内质网外膜结合成颗粒状,形成粗面内质网。在此处译成的肽键进入内质网池,再转入高尔基氏体中,激素分子在其中浓缩、加工成具有质膜包裹的分泌颗粒,并随胞浆内微丝-微管系统的运动带到细胞膜附近,最后通过出胞过程释放入血。

肽类激素前体的转化过程大致分为三步:

(1) N 端有一段 18—25 个氨基酸组成的“指令序列”或“信号肽”。这是核糖体根据 mRNA 传来的指令首先合成的。整个前体称为“前激素原”(pre-prohormone),在核糖体合成。

(2) 前激素原进入内质网后,脱去“指令序列”成为“激素原”(prohormone)。激素原中除有活性肽段外,还有无活性肽段。活性肽段的位置有的在前体的 N 端,如 ACTH 原,胰高血糖素原;有的在 C 端,如甲状旁腺素原;有的在中间,如  $\beta$ -脂肪酸释放激素。

(3) 把激素原转化为激素,转化过程中脱去其中的无活性肽段。

肽类激素的生物合成受神经和体液因素的影响。组织中不同的微环境,特殊酶的参与和调节因素的控制等都可使同一前体转化成不同类型的激素,如 ACTH、 $\beta$ -促脂素、MSH 和  $\beta$ -内啡肽都是同一前体“鸦片促黑素促皮质素原(pro-opiomelano cortin POMC)”的衍生物(详见第四章腺垂体)。各种组织由于加工“剪裁”的格式不同,所产生的相关的活性肽可发挥多种功能,例如,胃肠激素中的胆囊收缩素(CCK)的 CCK-33、CCK-8、CCK-4 都来自同一前体,但在小肠中,以 CCK-33 为主,可调节胆囊收缩和促胰酶分泌;脑中的 CCK-8 含量最高,是引起饱感的神经肽;胰岛中的 CCK-4 具有刺激胰岛素和胰高血糖素分泌作用。mRNA 翻译前水平上的调控也会影响活性肽的合成过程,如降钙素和其相关肽的基因虽然相同,但由于加工过

程中拼接的移位,结果形成2种 mRNA,从而表示顺序不同的蛋白质,例如,甲状腺C细胞除可形成降钙素(32肽)外,还能产生另一种能降低血钙的抗钙素(21肽)。下丘脑神经元主要生产降钙素基因相关肽。

2. 甾体激素、甲状腺激素和儿茶酚胺类激素的生物合成 甾体激素是以胆固醇为原料,通过细胞内一系列酶促反应合成的(详见第九章)。儿茶酚胺类激素是以酪氨酸为原料,经过细胞内一系列酶的参与,最终合成肾上腺素(详见第八章)。甲状腺素的生物合成比较特殊,虽然原料是碘和酪氨酸,但激素原是贮存在滤泡腔内的甲状腺球蛋白。当甲状腺受垂体释放的促甲状腺素刺激后,上皮细胞通过胞饮作用摄取滤泡腔内的甲状腺球蛋白,经过溶酶体水解酶水解后,释放出甲状腺素和三碘甲状腺原氨酸,这些激素到达细胞基部,需要时释放入血。

(二) 激素的释放 内分泌细胞除能合成激素外,还能以各种形式贮存。甲状腺激素贮存在滤泡腔的胶质中(即甲状腺球蛋白),可供2—3月之用。肽类和胺类激素贮存在细胞的分泌颗粒中,数量比较少。类固醇激素的贮存量极少,有时依靠血浆蛋白结合或游离调节释放量,好像是一个暂时的贮存库,这类激素主要是通过加速合成以满足当时的生理需要。激素贮存体往往随着激素释放信号的强弱而变得密集或稀疏。

内分泌细胞受刺激后,就从贮存体释放激素到细胞外和血液中,此过程为激素的释放。蛋白质、肽类激素是以颗粒形式释放,先是颗粒移到细胞膜附近与膜融合,然后释放出颗粒中的内容物,这一过程称为吐胞(exocytosis)。它要靠胞浆内微管和微丝系统的运动才能把分泌颗粒移到细胞膜上,因此是一个耗能过程。此外,在刺激—分泌耦联中,还依赖细胞外 $Ca^{2+}$ 进入细胞,增加胞内 $Ca^{2+}$ 浓度并激活腺苷酸环化酶或鸟苷酸环化酶生成cAMP或cGMP。

类固醇激素的分泌一般认为是由质膜到血液的单纯扩散,但最近对类固醇分泌细胞的研究认为,有些类固醇激素也可能经过颗粒出胞释放,但确切机制目前仍不清楚。

激素的作用能否得到合理发挥,关键在于机体接受信息后激素是否能及时释放、调整释放和停止释放,因此,激素释放涉及到一个灵敏和精巧的自动控制系统,以保证各种不同激素在接受到各自的刺激信息后,保持某种相应的释放速度。

(三) 激素的转运 激素释放后必须经过血液循环才能到达各自的靶细胞,这称为激素的转运。转运的路程有的很短,如下丘脑释放的激素经过垂体门脉系统到达垂体的靶细胞;有的较长,如垂体—肾上腺轴,垂体—性腺轴和垂体—甲状腺轴的转运。由于运输线路的不同,所以在转运方式上也各异,例如,下丘脑释放激素在垂体门脉中浓度高,含量微,经过短距离运输后到达垂体时仍保持一定的有效浓度;而垂体的促激素,先是以与血浆中的结合蛋白结合的方式运输,当机体需要时,激素又重新游离,转运到各自的靶,与靶上的受体结合,产生生理效应,这就免于遭到体内各种酶的破坏,不致使血浆中游离激素的含量发生急剧波动,起了暂时的“储库”作用,使之不断供应游离激素以满足机体的急需。

(四) 激素的失活和更新 若要使激素在血液中的含量维持恒定,那末内分泌腺的基础分泌与其激素的失活和清除率之间必须保持相等的速率。因为激素一旦释放到血液,主要作用是被靶细胞摄取而产生生理效应,其代谢产物在肝或其它组织中被酶降解而失活,并经肾从尿

中排出,所以激素要有基础分泌的补充。一般来说,在激素失活或清除的同时又有激素的不断合成和释放,这称为激素的更新。激素失活的速度常用半衰期(half-life)表示,即为激素在血液中的活性减少一半所需的时间。各种激素的半衰期不同,例如,肾上腺素的半衰期以秒计算;促肾上腺皮质激素和胰岛素的以分计算;糖皮质激素的以小时计算;甲状腺素的可达一周。此外,半衰期还因动物种系而异,例如,大鼠的精氨酸加压素的半衰期约一分钟,人的同一激素却在15—20分钟之间。

#### 四、激素作用的特点

激素虽然种类繁多,化学结构又各异,但仍具有一些共同的特点。

(一) 激素是一种生理调节剂 激素参与细胞的功能活动主要是增强或减弱细胞内新陈代谢的理化过程,并不提供任何营养和能量。例如,适量的卵泡刺激素可促使卵泡成熟;催乳素可促使发育的乳腺泌乳,但过量和不足都对机体产生有害作用。可见,它们只起调节卵泡和乳腺功能活动的作用,是一种生理调节剂。

(二) 激素作用的特异性 激素随血流遍布全身,与体内各种组织细胞有广泛接触,但一种激素只对它自己的靶细胞有作用。各种靶细胞之所以能识别特异的激素信息,是因为靶细胞的细胞膜表面或胞浆内存在着能与该激素发生特异性结合的受体。

激素与受体结合和相互作用的特异性是内分泌系统能进行调节机能的一个重要因素。有些激素,如生长激素、甲状腺素、胰岛素和肾上腺皮质激素几乎对全身的组织细胞都有作用,似乎并没有特别的靶细胞。然而,这些激素仍然只与细胞膜上或胞浆内的特异性受体相结合后才能激发细胞一系列的生理、生化过程,因此,从分子水平讲,它们仍有特异性。

(三) 激素的放大作用 激素在血液中的生理浓度很低,一般都在纳克/100毫升( $\text{ng}/100\text{ml}$ ),甚至皮克/100毫升( $\text{pg}/100\text{ml}$ )数量级。这样微小的数量之所以能产生显著的生物效应是由于激素信号逐级放大的结果,例如,下丘脑—垂体—肾上腺皮质系统中,0.1微克促皮质激素释放因子能促使垂体前叶释放10倍量(1微克)的促肾上腺皮质激素(ACTH),而1微克ACTH又能促使肾上腺皮质产生40微克糖皮质类固醇,这些数量的糖皮质激素可刺激肝脏产生5.6毫克糖原,全部过程从0.1微克放大到5.6毫克,即放大了56000倍。这种放大作用在激素作用中普遍存在,这说明为什么低浓度激素能引起显著生理效应的原因。

(四) 激素作用的相关性 不同的激素虽然有不同生理效应,但其作用并不是孤立的,而是彼此之间相互联系,互相影响的。激素作用的相关性有以下几种形式:

1. 协同作用(synergistic action) 不同激素对同一生理效应有协同作用,达到增强效应的结果,例如,生长激素、甲状腺素、肾上腺素、胰高血糖素和皮质醇都作用于糖代谢,虽然作用的途径各不相同,但共同效应比单一效应引起的血糖水平高。

2. 颞颞作用(antagonistic action) 不同激素对某一生理效应发挥相反作用,例如,上述激素的升血糖效应与胰岛素的降血糖效应相颞颞。又如,甲状旁腺素的升血钙效应与降钙素的降血钙效应相颞颞。

3. 允许作用 (permissive action) 有些激素本身并不能对某个靶器官直接产生某种生理效应,然而,它的存在却是其它激素引起生理效应的必需条件,例如,皮质醇对血管平滑肌并无直接的收缩作用,但当它缺乏或不足时,去甲肾上腺素的缩血管效应就难以发挥。在内分泌学中,把这种作用称为“允许作用”。实质上,它是协同作用的另一种表现形式。

4. 反馈作用(feed back) 它是激素自动调节过程中的一种主要作用,将在后面详述。

5. 竞争作用(competitive binding) 化学结构上类似的激素能竞争同一受体的结合位点。通常是其中一种激素浓度虽低,但对受体是高亲和性结合,而另一种激素浓度虽高,但对受体是低亲和性结合,如果二者在一起就会产生竞争受体的作用。例如,醛固酮是一种强盐皮质激素,在低浓度时就有作用;孕酮对醛固酮受体有低亲和性结合,因此,当孕酮低浓度存在时,有弱盐皮质激素效应,当高浓度存在时,可与醛固酮竞争同一受体,从而减弱醛固酮的效应。

(五) 激素分泌的节律性 正常生理情况下,激素是定时分泌的,并出现周期性变化,称为生物节律,或称生物钟。可分日节律(circadian rhythm)、月节律(lunar rhythm)、季节律(seasonal rhythm)和年节律(cirannual rhythm)。

日节律与光照/黑暗,觉醒/睡眠有关。例如,人的 ACTH 和皮质醇的分泌在早晨觉醒之前达到最高峰,夜间临睡之前降到最低点。因为人是白天活动,晚上睡觉,所以高峰出现在一天活动起始之前,这种日节律称“白昼节律”(diurnal rhythm)。大白鼠与人相反,属夜间动物,黄昏时,ACTH 和皮质酮的血水平最高,天亮之前最低,这种日节律称“夜间节律”(nocturnal rhythm)。旅行者,如果因两地的时差而使白昼/黑夜短期颠倒,并不会改变原来的日节律。然而,如果长期处于与原来时差相反的环境中,则原来的日节律会消除,并以新的日节律与之相适应。

妇女的促性腺激素和雌激素分泌是一种月节律,因而出现月经周期变化。有些鸟类的迁徙和孵育有季节性。有些鱼类和甲壳类的洄游和产卵一年只有一次。这些外部行为的特殊表现,都是因为激素分泌的季节律、年节律引起的生理效应。

激素分泌的节律性常因分泌该激素的腺体机能失常而消失或紊乱。例如,库兴氏病患者(肾上腺皮质机能亢进)的肾上腺皮质激素分泌节律往往消失。因此,激素分泌节律性的正常与否也可作为临床诊断的一项指标。此外,掌握激素释放的节律性对安排合理的劳动时间、用药时间和对动物生殖行为的控制等具有实用意义。

## 五、激素的调节

激素的分泌受神经和体液因素调节,主要有以下几种形式:

(一) 神经性调节 当内外环境发生变化时,传入中枢神经系统的信号经过整合以后传到下丘脑,影响下丘脑控制的激素分泌(图 1-2)。其中一种是神经直接调节激素分泌。神经垂体、肾上腺髓质和胃肠道激素的分泌就属于这类调节。例如,人在紧急情况时能快速地引起肾上腺髓质分泌儿茶酚胺类激素入血,其分泌量比安静时大几十倍;又如,婴儿吮吸乳头会反射性地刺激神经垂体释放催产素。另一种是间接神经调节,也就是神经-体液性调节。中枢神经

系统通过下丘脑分泌各种释放激素,进入垂体门脉系统的血液内,到达腺垂体,刺激腺垂体分泌各种促激素即属这类调节(图 1-2)。

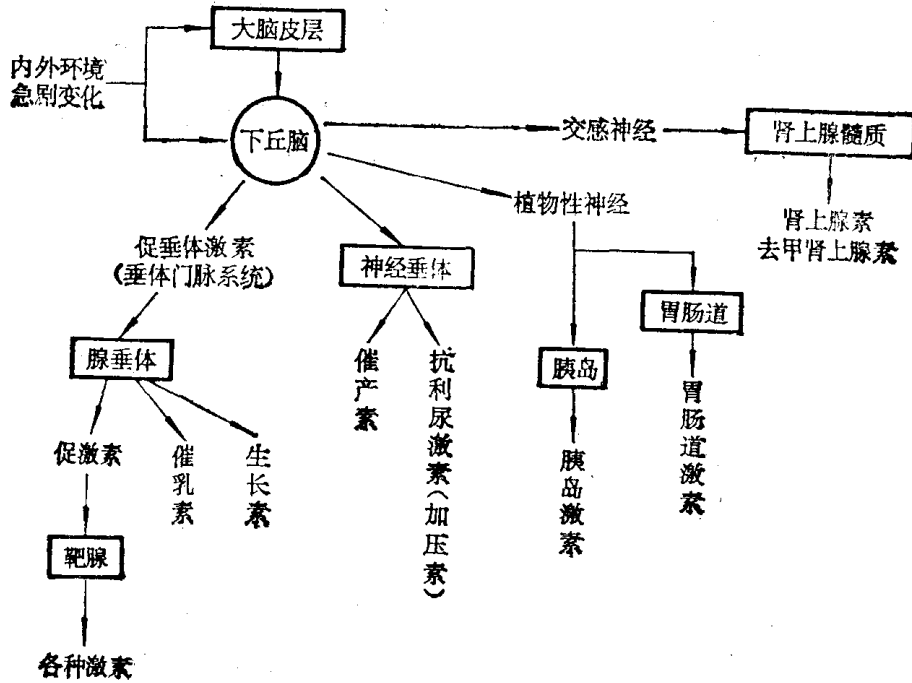


图 1-2 激素分泌的调节系统

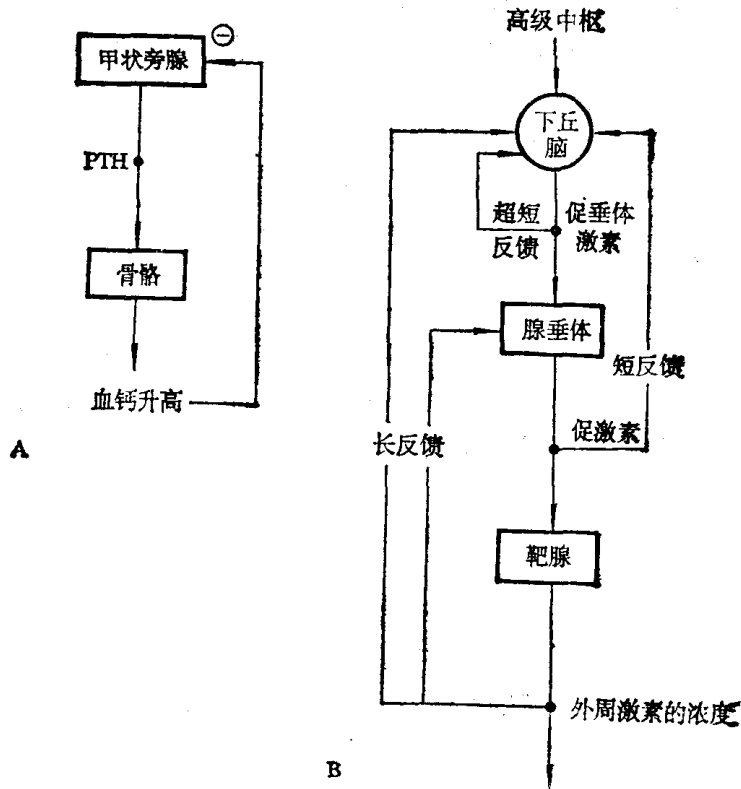


图 1-3 激素分泌的反馈调节

A. 简单反馈调节由一个闭合环路组成; B. 复杂反馈调节由多个闭合环路组成

(二) 反馈性调节 当一种激素分泌后,作用于靶细胞而引起特异的生理效应时,血液内该激素的水平几乎同时反馈控制激素的分泌。如果这种反馈控制是抑制原来激素的分泌,称为负反馈;如果这种反馈控制是增强原来激素的分泌,则称正反馈。其中以负反馈为多见。反馈调节是一种自动控制激素分泌的调节系统,属于闭合回路。反馈调节,有的只有一个闭合回路构成,有的有多个闭合回路构成并相互影响(图 1-3 A、B)。其中反馈路线可分为长反馈、短反馈和超短反馈三种形式,都属体液调节。

激素分泌除上述二种主要调节方式外,内分泌腺本身尚有一定自身调节的能力。这种调节虽不及前二种灵敏,调节幅度也较小,作为上述二种的辅助调节仍有一定的生理意义。

朱剑琴 李春宝 缪 晓



## 参 考 文 献

1. 程治平等(1984), 内分泌生理学, 人民卫生出版社。
2. 沈孝宙, 刘展环, 蒋正齐, 陆中定编(1983), 激素的生物化学, 科学出版社。
3. Allsa M. Campbell. (1986), *Monoclonal antibody technology*, Elsevier Amsterdam.
4. Aubery, G., Walton, W/D., Steven, R. V., Nancy, B. C., and Charles, L. R. (1983), *Comparative endocrinology*, John Wiley and Sons.
5. Bently, P. J. (1976), *Comparative vertebrate endocrinology*, Cambridge university press, London.
6. Geoge, H. G. and Harold, M. K. (1982), *Handbook of endocrinology*, CRC press, Inc.
7. Knobil, E. and Sawyer, W.H. (1974), *Handbook of physiology*, Vol. 4(2 pts.) *Endocrinology*, Washington, D. C., American Physiological Society.
8. Kohler G. and Milstein, C. (1976), *Eur. J. Immunol.*, 6,511—519.
9. Lee, J. and Laycock, J. (1978), *Essential endocrinology*, Oxford, Oxford university press.
10. Martin, C. R. (1976), *Textbook of endocrinology*, Baltimore, Williams and Wilkins Co.
11. Martin, C. R. (1985), *Endocrine physiology*, Oxford university press.
12. McCann, S.M. (1977), *Endocrine physiology*, II. *Int. Rev. Physiol*, 16.
13. Tepperman, Jay. (1980), *Metabolic and endocrine physiology*, Yearbook medical publishers, Inc, Chicago.
14. Thomas, J. A and Mawhinney, M. C. (1973), *Synopsis of endocrine pharmacology*, Baltimore, University Park press.
15. Turner, C. D. and Bagnara, J. T. (1976), *General endocrinology*, 6th ed, Philadelphia, W. B. Saunders Co.
16. Williams, R. H. (1974), *Textbook of endocrinology* (5th ed), Pjiladelphia, W. B. Saunders Co.