

研究生教学用书

全国高等农业院校教学指导委员会推荐

动物生殖生理学

Animal Reproductive Physiology

朱士恩 主编

 中国农业出版社

全国高等农业院校教学指导委员会推荐研究生教学用书

动物生殖生理学

朱士恩 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物生殖生理学 / 朱士恩主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 3

研究生教学用书

ISBN 7-109-10591-1

I. 动... II. 朱... III. 动物学: 生殖生理学-研究生-教材 IV. Q492

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 011973 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 23.25

字数: 558 千字

定价: 49.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

近年来,随着动物生物技术的迅速发展,而作为生物技术理论基础的动物生殖生理学,就显得更为重要,特别是近些年来,且生物技术的研究方向逐步由细胞水平向分子水平发展,人们的研究热点也逐步转向生殖与生殖调控。为此,在培养高层次人才方面迫切需要一部全面论述动物生殖生理的研究生用教科书。

为适应研究生培养改革的需要,推进教学改革,加强研究生课程建设,提高研究生的教学质量,创立一流的研究生教学水平,中国农业大学设立了研究生第一批重点建设课程,其中《动物生殖生理学》教材的编写是被列入的重点课程内容之一。该教材由中国农业大学动物科技学院朱士恩教授为主编,是国内目前惟一的一本由动物胚胎的性别分化、配子的发生与发育、受精、胚胎发育、妊娠、分娩、泌乳及生殖免疫调控进行全面系统论述的研究生用教材。教材的写作特点是内容全面系统、新旧观点结合、论述深入浅出、图表文字并茂。编委会成员、编者和审稿人基本上是本单位的学科带头人,全部是硕士和博士研究生导师,在所从事领域的教学和科研方面颇有造诣。

本教材适用于农业和综合性院校从事生殖生物学、发育生物学、生殖内分泌学、细胞生物学、分子生物学、动物生理生化、动物细胞学、兽医产科学、动物遗传育种与繁殖学等专业的研究生和教师参考用教材,同时也可为本科生和从事动物胚胎生物技术研究领域的科技人员提供参考。

本教材的出版,无论是对本学科领域的研究生培养,还是对科研水平的提高,乃至我国的动物生物技术相关学科的发展将会起促进作用。

中国科学院院士

中国畜牧兽医学会有理事长

朱士恩

2005年8月

前言

动物生殖生理学是研究动物的发生、发育及其繁衍规律的一门重要的基础科学，是开展动物繁殖生物技术的理论依据。近年来随着繁殖生物技术的迅速发展，动物生殖生理调控技术尤为重要。为此，中国农业大学于2003年将《动物生殖生理学》课程列为研究生重点课程建设项目。其建设的总目标是建设国内一流的课程，具体任务之一是编写出一本以细胞和分子水平相结合，反映出新世纪动物生殖生理学的新理论、新方法和新技术的适宜研究生使用的高水平教材。

项目立项后，由主编朱士恩教授首先拟定教材编写大纲，并组织编者认真讨论和修改，按照编者的专业特长分工撰写初稿，由主编和副主编初次修改后送主审北京农学院胡明信教授审阅，并将修改后的意见和建议反馈给编者进行修改和完善，然后送副主审河北农业大学桑润滋教授审阅。经二审修改后编者互查，主审最后审定排版。

本教材共分10章，具体编写分工如下：周虚编写第一章，朱士恩编写第二章，张忠诚和周虚编写第三章，卢克焕和张明编写第四章，高建明编写第五章，刘国世编写第六章，谭景和编写第七章，田见晖编写第八章，郑行编写第九章，杨利国编写第十章。

编者与审阅人来自全国高等农业院校从事动物生殖领域研究和教学的知名教授和年轻学者，他们绝大多数具有博士学位，是本学科领域的学术带头人，充分了解和掌握当前国内外本领域的研究发展动态，而且所编写的章节内容是各自的擅长，这保证了写作上的广度和深度。但由于当前生殖研究与相关理论发展极为迅速，错误和争议之处在所难免，恳请广大师生和读者提出宝贵的意见和建议，以便再版时修改和完善，全体编者将不胜感谢。

编者

2005年12月

主 编 朱士恩（中国农业大学）

副主编 田见晖（中国农业大学）

编 者（按参加编写章节顺序）

周 虚（吉林大学）

朱士恩（中国农业大学）

张忠诚（中国农业大学）

卢克焕 张明（广西大学）

高建明（北京农学院）

刘国世（中国农业大学）

谭景和（山东农业大学）

田见晖（中国农业大学）

郑 行（中国农业大学）

杨利国（华中农业大学）

主 审 胡明信（北京农学院）

副主审 桑润滋（河北农业大学）

目 录

序

前言

绪论 1

第一章 生殖调节基础 3

第一节 概述 3

一、内分泌学与动物生殖 3

二、调节生殖机能的器官和组织 3

三、调节生殖机能的物质种类 6

第二节 神经激素 6

一、下丘脑激素 7

二、催产素 10

三、松果腺激素 11

第三节 促性腺激素 12

一、垂体促性腺激素 12

二、促乳素 16

三、胎盘促性腺激素 19

第四节 性腺激素 20

一、性腺类固醇激素 20

二、性腺肽类激素 25

第五节 前列腺素 30

一、前列腺素的化学结构和种类 30

二、前列腺素的作用机理 30

三、前列腺素的生物学作用 31

第六节 其他激素 33

一、生长激素 33

二、促肾上腺皮质激素和肾上腺皮质激素 33

三、胰岛素 34

四、甲状腺素 34

五、瘦素	34
六、外激素	35
第七节 神经递质	36
一、胺类神经递质	36
二、胆碱类神经递质	37
三、氨基酸类神经递质	37
四、肽类神经递质	38
第八节 生长因子	40
一、类胰岛素生长因子	40
二、表皮生长因子和转化生长因子 α	41
三、转化生长因子 β	42
四、成纤维生长因子	42
五、血小板衍生生长因子	43
六、其他生长因子	43
思考题	44
第二章 雌性动物生殖生理	45
第一节 卵泡的发生	45
一、原始卵泡库的形成	45
二、卵泡的生长及其机理	46
三、卵子的发育和成熟分裂	54
四、卵子和卵泡的联系	63
第二节 发情周期的卵泡动态	65
一、优势卵泡的发生和闭锁	67
二、卵泡排卵机理	71
三、LH 峰与排卵	72
四、种间卵泡发育和排卵特点	78
思考题	82
第三章 雄性动物生殖生理	83
第一节 精子发生及内分泌调节	83
一、概念	83
二、精子发生的细胞类型	83
三、精子的形成	86
四、精子发生的同源细胞群现象	86
五、精子发生的时间和空间变化	87
六、下丘脑-垂体-睾丸轴对雄性动物生殖机能的调节	89

第二节 睾丸体细胞和种细胞的关系	90
一、睾丸的环境状况	90
二、睾丸中体细胞和种细胞的关系	91
第三节 附睾生理	95
一、概述	95
二、附睾环境	95
三、精子受精能力的发展	96
四、精子活力的增进	96
五、精子膜的成熟	97
第四节 精子形态和雄性动物的繁殖力	97
一、概述	97
二、精子形成和通过输出管道的主要变化	98
三、生殖管道的环境对精子形态的影响	98
四、精子形态和繁殖力的关系	102
思考题	103
第四章 受精机理	104
第一节 配子在雌性生殖道内的运行	104
一、精子在雌性生殖道内的运行	104
二、卵子在雌性生殖道内的运行	110
第二节 配子在受精前的生理变化	111
一、精子受精前的生理变化	111
二、卵子受精前的生理变化	120
第三节 受精	122
一、精子与卵丘的相互作用	122
二、精子穿过透明带	123
三、精卵质膜的融合	127
四、卵子激活	128
五、皮质反应与多精受精的阻止	129
六、原核形成和发育	131
七、异常受精	132
第四节 输卵管环境与受精	133
一、输卵管解剖及组织结构概述	133
二、输卵管液的组成	134
三、输卵管环境与受精	135
思考题	137

第五章 早期胚胎发育生理	139
第一节 早期胚胎发育	139
一、早期胚胎发育的阶段特点	139
二、早期胚胎发育的机制	142
第二节 早期胚胎发育的基因表达与调控	144
一、母型基因表达与调控	144
二、母型调控向合子型调控过渡中的基因表达	145
三、合子型基因表达与调控	146
第三节 早期胚胎发育与环境	147
一、胚胎发育的输卵管环境	147
二、胚胎发育的子宫环境	148
思考题	155
第六章 妊娠机理	156
第一节 妊娠识别	156
一、反刍动物的妊娠识别	156
二、猪的妊娠识别	159
三、马的妊娠识别	160
四、啮齿类动物的妊娠识别	160
五、灵长类动物的妊娠识别	160
六、其他动物的妊娠识别	161
第二节 附植	161
一、附植时间	161
二、附植部位	162
三、附植过程及附植模型	162
四、附植机理	169
五、延迟附植	171
六、影响胚泡延迟附植的外界因素	171
第三节 母体对胚胎附植的调节	172
一、激素调节	173
二、氨基酸和蛋白质对附植的调节	173
三、硫酸乙酰肝素蛋白多糖的作用	174
四、金属蛋白酶及其抑制因子的作用	174
五、细胞因子调节	175
思考题	182

第七章 性别决定与生殖器官发生	183
第一节 原生殖细胞	183
第二节 生殖嵴的发生	186
第三节 生殖嵴分化——性腺的发生	186
第四节 生殖导管的发生	187
第五节 副性腺的发生	188
一、雄性副性腺的发生	188
二、雌性副性腺的发生	188
第六节 外生殖器的发生	189
第七节 性腺位置的变化	190
第八节 性别决定	191
一、初级与次级性别决定	191
二、初级性别决定机制	191
三、次级性别决定机制	194
思考题	195
第八章 分娩发动	196
第一节 母体妊娠后至分娩前激素的变化	196
一、雌激素和孕激素及二者比例的变化	196
二、松弛素的变化	199
三、前列腺素的变化	199
四、催产素的变化	200
五、其他激素的变化	201
第二节 胎儿的激素变化	203
一、下丘脑和垂体激素	203
二、性腺激素	207
三、其他激素	208
第三节 分娩发动学说	210
一、胎儿发动分娩机理	210
二、分娩前雌激素和孕激素比例的变化	212
三、前列腺素的生成	212
四、催产素的作用	213
五、子宫平滑肌的活动	214
六、母体发动分娩机理	215
七、分娩中的重要生理作用机理	217
思考题	220

第九章 泌乳生理	221
第一节 乳腺的发育	221
一、乳腺的发生	221
二、乳腺的结构	222
三、出生后乳腺的发育	225
四、乳腺发育的调节	227
第二节 泌乳及其调节	231
一、乳	231
二、泌乳发动的调节	239
三、维持泌乳的调节	241
四、排乳的调节	243
第三节 泌乳与环境	245
一、环境因素	245
二、泌乳与热应激	246
三、泌乳与冷应激	248
思考题	248
第十章 生殖免疫	249
第一节 机体的免疫系统	249
一、免疫器官	249
二、免疫细胞	251
三、免疫分子	256
第二节 生殖系统的免疫监视	269
一、雄性生殖系统的免疫监视	269
二、雌性生殖系统的免疫监视	275
第三节 生殖免疫调控	293
一、排卵的免疫调控	293
二、受精的免疫调控	302
三、细胞因子与胚胎和胎盘发育	306
四、免疫异常与妊娠失败	308
五、分娩的免疫调控	309
六、泌乳的免疫调控	311
思考题	311
附录 名词英汉对照	312
参考文献	322

绪 论

动物生殖生理学是生命科学的重要组成部分,是开展动物生物技术的理论基础,是研究动物的发生、发育及其繁衍规律的一门重要的基础科学。

动物生殖生理学的发展与家畜解剖学、组织胚胎学、动物细胞学、动物细胞遗传学、动物分子遗传学、动物育种学、生殖生物学、发育生物学、生殖内分泌学、细胞生物学、分子生物学、动物生理生化、兽医产科学、动物繁殖学和动物繁殖生物技术等有着密切的联系。

动物生殖生理研究的主要宗旨是揭示动物生殖过程中的各种生理现象,分析其调节规律,探索其发生与发育机理。从最初的形态学研究发展到细胞生物学阶段,进而深入到当今的分子生物学阶段,使研究由个体和细胞水平,向群体和分子甚至基因水平深入。从最初的对现象和行为观察与描述,发展到用解剖学和组织细胞学方法去认识生殖规律,如今已经提高到以现代科学仪器手段去揭示生殖细胞的超微结构,并从分子生物学和分子遗传学角度解释动物生殖过程中的启动、抑制、调节和平衡等现象。

动物生殖生理学的主要内容分十章论述,包括生殖调节基础、雌性动物生殖生理、雄性动物生殖生理、受精机理、早期胚胎发育生理、妊娠机理、性别决定与生殖器官发生、分娩发动、泌乳生理和生殖免疫。重点阐述和讨论动物的性别分化、配子发生与发育、受精、妊娠、分娩、泌乳及生殖免疫等在整个生命过程中的调控机理。

第一章:生殖调节基础。生殖激素是调控动物生殖机能的关键物质,其作用贯穿于动物配子发生到繁殖机能丧失的全过程。其中一类直接作用于生殖活动,并以调节生殖过程为主要生理功能的激素,称为生殖激素。生殖激素与其他相关的激素、体液的相互协调和一系列的生物化学变化是引起各种生殖活动的物质基础。另一类是神经递质和神经调质。重点阐述下丘脑-垂体-性腺轴对动物生殖过程调节机制,其中以生殖激素为基础的内分泌调节生殖过程为主要机制,并辅以生长因子为基础的旁分泌和自分泌调节。

第二章:雌性动物生殖生理。全面而系统地描述了卵泡的发生与发育过程,论述了不同激素和因子对腔前和有腔卵泡的生长和分化过程中的作用及其调节机理,并从细胞、分子乃至基因水平对卵母细胞的发育与成熟分裂机理进行分析。同时用卵泡波发生过程的动态模式解释卵泡波的募集、选择、优势化、排卵或闭锁的调节机理。

第三章:雄性动物生殖生理。以几种家畜作对比,利用精子发生周期和精子发生波理论,详细描述了精子发生过程中在时间及空间上的形态学变化和雄性生殖器官的结构特征及其生理功能。并着重论述了下丘脑-垂体-睾丸轴对雄性的精子发生过程的调控作用。

第四章:受精机理。全面系统地论述了配子(精子与卵子)排出后,在母畜生殖道内的同步运行规律和调节机制;受精前后发生的生物物理、生理生化和免疫学反应。同时,分析了输卵管环境对受精的影响。本章的重点是从分子水平阐述精卵融合和受精对卵子激活的分子机制。

第五章：早期胚胎发育生理。总结了早期胚胎各阶段的发育过程和特点。系统地描述了受精卵的卵裂、囊胚及原肠形成机制，重点论述早期胚胎的基因表达调控，其中包括母型基因表达调控；母型调控向合子型调控过渡；合子型基因表达与调控的母源物质的转变调控过程。同时论述了输卵管和子宫环境对胚胎发育调控的重要性。

第六章：妊娠机理。本章对反刍动物、单胃动物、啮齿动物、灵长类动物及其他动物（如犬、猫）的妊娠机理进行了阐述。其中主要论述了妊娠识别因子的种类和在动物妊娠过程中的分子生物学作用机理。并对不同种动物的妊娠识别、胚泡附植时间、部位、过程和模式进行了比较和描述。同时论述了类固醇激素、胚胎和子宫环境三者间互作关系。详细分析了光照控制、环境温度、哺乳刺激和营养控制等各种因素对胚泡延迟附植的影响。

第七章：性别决定与生殖器官发生。阐述了哺乳动物生殖器官的发生过程及其三个明显的特点。第一，在发生和结果上与泌尿器官有着密切的关系。第二，作为性腺主质的生殖细胞并不起源于性腺之内，而是由性腺外其他部位迁移到性腺定居的。第三，性腺最初处于性别未分化阶段，于性别决定后才分化为睾丸或卵巢。随着性腺的分化，经初级和次级性别决定后，雄性的睾丸和雌性的卵巢分别分泌雄激素和雌激素，在激素的调节作用下，最初存在的两套生殖导管中只有一套发育，另一套退化。

第八章：分娩发动。详细阐述了母体妊娠后至分娩前的各种激素的调节与变化规律，特别是雌激素、孕激素、松弛素、前列腺素、催产素等水平变化。分娩发动是母体和胎儿共同参与的生理过程，在反刍动物中胎儿的内分泌系统对于分娩发动起着决定性作用。为此，本章对胎儿在生长发育过程中，下丘脑-垂体-性腺轴的激素调节与表达和胎儿发动分娩机理进行重点表述。

第九章：泌乳生理。泌乳是哺乳动物分娩后的一个重要的生殖阶段。泌乳包括乳汁的分泌和排出两个既独立又互相制约调节的过程。本章除对乳腺的组织、结构功能进行描述外，重点论述内分泌和神经系统对乳腺的生长发育、乳汁的合成、泌乳的发动、乳汁的排出和维持泌乳的调控机制。同时还对环境因素与泌乳的关系进行分析。

第十章：生殖免疫。动物的生殖免疫学又称免疫繁殖学，是动物繁殖学和动物生殖生理学的重要组成部分，是研究动物生殖活动中的免疫现象及免疫学调节规律的科学。本章着重论述了动物生殖免疫的基础知识和系列免疫调控。其中包括发情排卵、受精、细胞因子对胚胎与胚盘发育、免疫异常与妊娠失败、分娩及泌乳的免疫调控。

（朱士恩）

第一章 生殖调节基础

第一节 概 述

一、内分泌学与动物生殖

内分泌学是研究激素及其受体的生化、生理、药理和分子生物学的一门学科。生殖内分泌学是内分泌学的一个分支，其研究内容包括与生殖有关的激素及其受体的结构和功能、生殖机能的内分泌调节规律及其人工调控等。内分泌腺合成和分泌的激素通过血液循环运输到特异性的靶器官，刺激或抑制某些功能活性，产生广泛的生理效应。动物的繁殖活动是一个复杂的过程。雄性动物的精子发生及性行为；雌性动物的卵子发生、卵泡发育、排卵和周期性的发情变化、受精、妊娠、分娩及泌乳等，这些生理机能必须相互协调并按严格的顺序进行，使有关的器官和组织产生相应的变化。所有这些机能，都受着内分泌激素的调控。

研究发现，有些器官或组织内一种类型的细胞分泌的活性因子不进入血液循环，只在器官或组织内调节另一类型细胞的功能，这种现象被称为旁分泌（paracrine）。旁分泌至少还包括两种表现形式：隐分泌和邻分泌。隐分泌（cryptocrine）指一个细胞分泌的因子对围绕在其周围的不同类型细胞的功能起调节作用，如雄性动物睾丸曲精细管中足细胞对生殖细胞的调节作用。邻分泌（juxtacrine）指某些因子以膜结合蛋白形式存在于细胞膜表面，这些因子与邻近细胞膜上特异性受体结合而形成细胞间的联系，它们也可以从膜上脱离，起到旁分泌的作用。如表皮生长因子、肿瘤坏死因子等就有这种作用。另一种调节方式是自分泌调节。由一个细胞分泌的调节因子可再与这个细胞（或同类细胞）自身的膜受体结合，并影响该细胞的功能，这种现象称为自分泌（autocrine）。如睾丸间质细胞分泌的胰岛素样生长因子可通过自分泌作用调节自身细胞的功能。此后，还提出了胞内分泌的概念，最初是用于描述去睾丸大鼠模型中，某些外周组织将肾上腺来源的雄激素前体物质转化为睾酮或脱氢睾酮的现象。这些局部合成的雄激素（或雌激素）在合成的细胞内发挥作用，而没有被释放到细胞间隙，故称为胞内分泌（intracrine）。后来发现，一些生长因子在细胞内合成后也可与细胞内受体结合而影响自身细胞的功能。

概括而言，以生殖激素为基础的内分泌调节是调节生殖过程的主要机制，而以生长因子为基础的旁分泌和自分泌调节也扮演着重要的角色。

二、调节生殖机能的器官和组织

动物的生殖以性腺的活动为基础，即两性的性腺产生雌、雄配子，配子受精形成合子继而发育成新的个体。同时，性腺还产生性腺激素，引起一系列有关的形态、行为、生理生化变化。性腺的活动受垂体、下丘脑以及更高级神经中枢的调节，从而构成大脑-下丘脑-垂体-性腺轴相互调节的复杂系统。此外，生殖过程还涉及其他外周器官的活动。

(一) 大脑边缘系统

动物生殖机能的发育和建立、生殖过程和繁殖行为等，都受外界环境因素（如光照、温度等）的影响，中枢神经系统感受这些外界刺激并做出反应，从而调节动物体的内分泌机能和行为变化。

大脑边缘系统包括大边缘叶的皮质及皮质下核、边缘中脑区、边缘丘脑核等部分。其中大边缘叶皮质主要包括海马和齿状回等组成的古皮层、前梨状区和内嗅区等组成的旧皮层、扣带回和海马回等组成的中皮层，以及新皮层。皮质下核有杏仁复合体、隔核、下丘脑诸核、丘脑上部缰核、丘脑前核及部分基底神经节。

边缘系统具有多方面的功能，与行为、内分泌、血压、体温、内脏活动等均有关。对于繁殖机能而言，边缘系统也是高级控制中枢，与性成熟、性行为、促性腺激素释放等都有密切关系。

(二) 丘脑下部

丘脑下部又称下丘脑，也可算做边缘系统的组成部分。下丘脑包括第三脑室底部和部分侧壁。在解剖学上，下丘脑由视交叉、乳头体、结节部和正中隆起组成，底部突出以漏斗柄和垂体相连。

下丘脑的组织构造可分为两侧的外侧区和中间的内侧区，均含有许多神经核。外侧区的神经核群统称为下丘脑外侧核；内侧区的神经核群包括前组的视前核、下丘脑前区神经核、视交叉上核、视上核、室旁核等，结节组的背内侧核、腹内侧核、弓状核等，以及后组的乳头体核等（图 1-1）。结节组又称促垂体区，是神经内分泌的主要区域。下丘脑是调节繁殖活动的直接中枢。

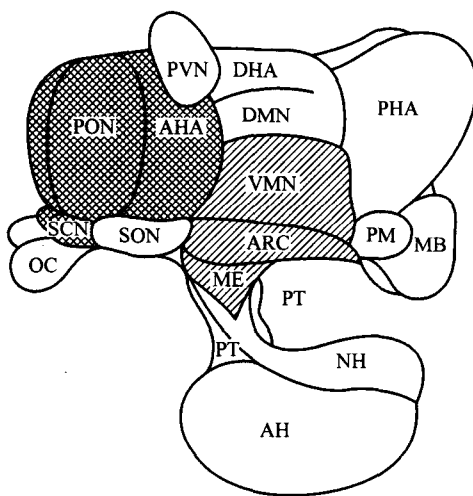


图 1-1 下丘脑神经核和垂体示意图

AH. 腺垂体 ARC. 弓状核 AHA. 下丘脑前区神经核 DHA. 下丘脑背区 DMN. 背内侧核 ME. 正中隆起
NH. 神经垂体 MB. 乳头体 PM. 乳头体前核 OC. 视交叉 PVN. 室旁核 PONA. 视前核
PHA. 下丘脑后区 PT. 结节部 SCN. 视交叉上核 SON. 视上核 VMN. 腹内侧核
(方格部分为 LH 和 FSH 排卵前峰控制中心，斜线部分为 LH 和 FSH 持续分泌控制中心)

(引自 Hafez. Reproduction in Farm Animals, 7th Ed. Baltimore: Lippincott Williams and Walkins, 2001, 35)

(三) 垂体

1. 垂体的解剖特点 垂体是内分泌的主要腺体，它分泌的多种激素对繁殖活动发挥重要的调节作用。

垂体位于大脑基部称为蝶鞍的骨质凹内，故又称为脑下垂体。垂体主要由前叶和后叶及两者之间的中叶组成。不同动物垂体中叶发育程度不一，如牛、马垂体发育良好，猪则不很发达。垂体前叶主要是腺体组织，又称腺垂体，包括远侧部和结节部；垂体后叶主要为神经部，称为神经垂体。

2. 垂体与下丘脑的解剖学关系 垂体通过漏斗柄与下丘脑相连。垂体后叶为漏斗柄的延续部分，来自下丘脑神经核（神经内分泌细胞）的神经纤维终止于垂体后叶，并和血管接触，下丘脑合成的垂体后叶素在此释放进入血液循环。

垂体前叶与下丘脑的关系要比垂体后叶的复杂得多。过去一直认为，下丘脑对垂体前叶内分泌活动的调控只有体液途径，即进入垂体的血管——垂体上（前）动脉和垂体下（后）动脉在下丘脑漏斗部形成毛细血管网，然后组成垂体门脉，经漏斗柄进入垂体前叶组织内。下丘脑各种神经核及其他神经核发出的神经纤维分布到漏斗部的毛细血管网，形成血管神经突触，下丘脑合成的神经激素借助于垂体门脉系统到达垂体前叶，调控前叶的激素合成和释放（图1-2）。

然而，后来发现，在垂体前叶也存在一些肽能神经纤维，其中有的来自下丘脑，其他来源尚待进一步研究。这些神经纤维与垂体前叶腺细胞关系密切，并有突触联系。因此，有学者提出了哺乳动物垂体前叶受神经和体液双重调节的假说，使长期以来认为下丘脑仅能通过门脉调节垂体前叶分泌的观点受到冲击。

此外，垂体前叶还存在少量来自

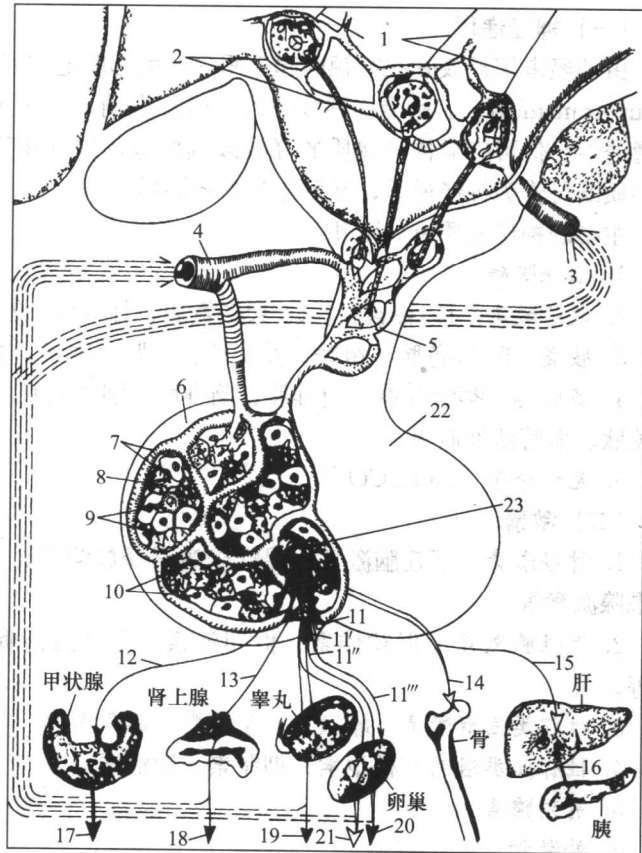


图1-2 下丘脑与垂体前叶的关系

1. 传入神经纤维 2. 下丘脑分泌细胞周围的毛细血管 3. 下丘脑动脉
4. 垂体上动脉 5. 垂体门脉系统 6. 垂体前叶 7. 血管窦
8. 嗜酸细胞 9. 嗜碱细胞 10. 嫌色细胞 11. 促性腺激素 11'. FSH 11''. LH 11'''. LTH 12. TSH 13. ACTH 14. GH 15. 糖因子
16. 胰岛素 17. 甲状腺素 18. 肾上腺皮质激素 19. 睾酮 20. 雌激素
21. 孕酮 22. 垂体后叶 23. 垂体侧静脉

（注意：由下丘脑神经分泌细胞来的激素，通过门脉系统进入前叶）

（引自谢成侠. 家畜繁殖学原理. 南京：江苏科学出版社，1983，41）