

无脊椎动物内分泌学的研究进展

——第九届国际比较内分泌学大会无脊椎动物方面的侧影——

郭 鄂

(中国科学院 动物研究所)

第九届国际比较内分泌学大会于1981年12月在香港召开,参加大会的四、五百名科学家中,几乎近一半的论文是报告无脊椎动物内分泌学方面的研究工作。

全体大会宣读的论文共有4篇,其他的论文均在分组会上报告。与无脊椎动物有关的论文是沙勒(B. Scharrer)的“神经分泌:一种概念的发展”、鲍尔斯(W. S. Bowers)的“昆虫激素在害虫防治中的作用”。

与无脊椎动物有关的分组会是:神经分泌、生殖、变态、昆虫激素、激素受体、激素作用方式、色素变化、代谢调节、节律一周期等。

B. Scharrer 在大会开幕式上报告了“神经分泌:一种概念的发展”。她叙述了过去50年中由于神经生物学和内分泌学研究的巨大进展,开拓了神经内分泌学的学科领域。

在动物中发现的脑激素,例如P物质,也在肠道中出现;最近,称为肠道激素的,如肠胃素,也在中枢神经系统中发现。大会中有学者报告:用了100万头丽蝇(*Calliphora*)的头,分离出类似脊椎动物的肠道的肽类。这一事实告诉我们,在脊椎动物和无脊椎动物中,肽的基本结构是非常类似的。我们在会上报告,用了280万头家蚕蛾头,分离出有较高活性的脑激素,也引起与会科学家的兴趣。

本文将简要地报道国际比较内分泌学第九届讨论会上无脊椎动物内分泌学方面的进展,并适当参考最近的文献写成。

(一) 无脊椎动物的内分泌器官及其激素

据现代文献报告,除去原生动物未能肯定

有激素存在而外,从后生动物的腔肠动物起,皆发现神经分泌细胞及其他一些内分泌器官。现将无脊椎动物中已确定的比较重要的内分泌器官列表如下(表1),不仅这样,其中部分激素的化学结构已经明确(表2),并且有的激素已经进行人工合成。

表1 无脊椎动物的内分泌器官

名称	代表种类	分泌的激素
神经分泌细胞	水螅、蚯蚓 蜗牛、蚂蟥 蝗虫、桑蚕	脑激素(昆虫)
X-器官	虾	神经激素
窦腺	虾	蜕皮激素
Y-器官	虾	蜕皮激素
心侧体	昆虫	保幼激素
咽侧体	昆虫	蜕皮激素
胸腺		雄性激素
雄性腺		
生殖腺		
卵巢	蝗、蚕	甾醇激素 (蜕皮激素)

(二) 神经分泌现象

从腔肠动物到节肢动物中皆发现一些神经细胞具有分泌的功能,特别称为神经分泌细胞,图1是水螅的一个神经分泌细胞,神经分泌细胞中的神经分泌颗粒约1000—4000埃。蚯蚓、蜗牛、蚂蟥、飞蝗、蚕等脑节上一些特殊部位的神经细胞,皆有周期性产出神经分泌颗粒的功能。甲壳类的一部份神经分泌细胞位于眼柄内,特别叫做X-器官(图2)。从X-器官有神经纤维伸入窦腺 Sinus gland。窦腺也直接接受脑神

表 2 无脊椎动物中已知化学结构的激素

激素名称	代表种类	化学结构
1. 脑激素	桑蚕脑	肽类, 由 14 个氨基酸组成
2. 滞育激素	桑蚕食管下神经节	肽类, 由十几个氨基酸组成
3. 蜕皮激素	桑蚕胸腺和卵巢	甾醇类: α -蜕皮素, β -蜕皮素
4. 保幼激素	天蚕等咽侧体	萜烯类: 保幼激素 0, 保幼激素 1, 保幼激素 2, 保幼激素 3
5. 激脂激素 adipo kinetic hormone AKH	飞蝗心侧体	肽类, PCA*-Leu-Asn-Phe-Thr-Pro-Asn-Trp-Gly-Thr-NH ₂ , * 焦谷氨酸
6. 高血糖激素 GHG	甲壳动物	由 18 个氨基酸-组成
7. 红色素浓缩激素 red-pigment concentr- ating hormone, RPCH	虾	肽类, PCA*-Leu-Asa-Phe-Ser-Pro-Gly-Trp-NH ₂ , * PCA 焦谷氨酸
8. 后肠灵 proctofin	蛭螭	H-Arg-Tyr-Leu-Pro-Thr-OH
9. FMRP 激素	软体动物	Phe-Met-Arg-Phe-NH ₂
10. 明适应远端视网膜色素激素 DRPH	甲壳动物	Asn-Ser-Gly-Met-Ile-Asn-Ser-Ser-Ile-Leu-Gly-Ile-Pro-Arg- Val-Met-Thr-Glu-Ala-NH ₂

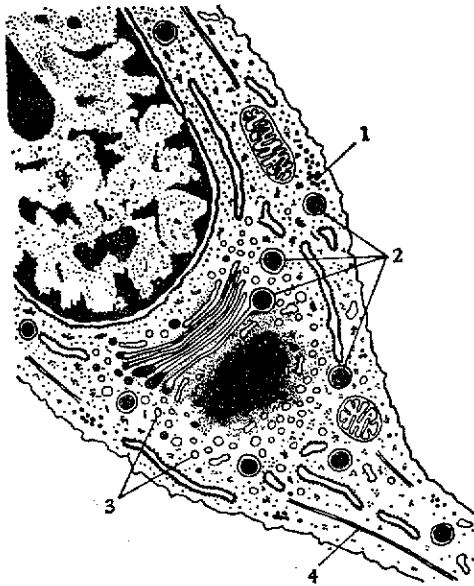


图 1 水螅 (*Hydra*) 的神经分泌细胞的超微结构
(据 Lentz, 1968)

1. Glycogen 糖元 2. Membrane-bounded granules originating in Golgi cisternae 起源于高尔基体中被膜包裹的颗粒 3. Small vesicles 小囊泡 4. Microtubules 微管

经分泌细胞而来的神经纤维。窦腺能储存神经分泌物, 好像昆虫的心侧体一样。

神经分泌作用是无脊椎动物生理功能的重要调节中心。

毛蚯蚓 (*Octolasion complanatum*) 的中枢神经的神经节上, 发现有生胺的神经分泌细胞。

(三) 色素变化

甲壳类身体有红、黄、蓝、黑、白等颜色的变化, 这是色素细胞内色素变化的结果。独螯蟹 (*Uca pugilator*) 身体体表有黑、红、黄、白的色素细胞, 而色素的变化是受神经激素的调节。在虾中, 已经分离红色素浓缩激素 red pigment concentrating hormone, RPCH。这些激素的活动也受其他因子的影响。例如红色素的变化, 神经激素中 5-羟胺似乎是触发一类红色素扩散激素的释放, 另一类神经激素多巴胺, 能引起红色素浓缩激素的释放。

(四) 生长与生殖

在短尾族 (甲壳类: 十足目) 中, 成熟个体身体的生长与生殖 (卵巢的生殖) 是互相拮抗的。身体的生长受限制于蜕皮前期, 而生殖是限制于蜕皮间期。

在蜕皮前期, 身体组织对生长激素, 特别是蜕皮激素起反应; 在这一时期中, 卵巢对生殖激

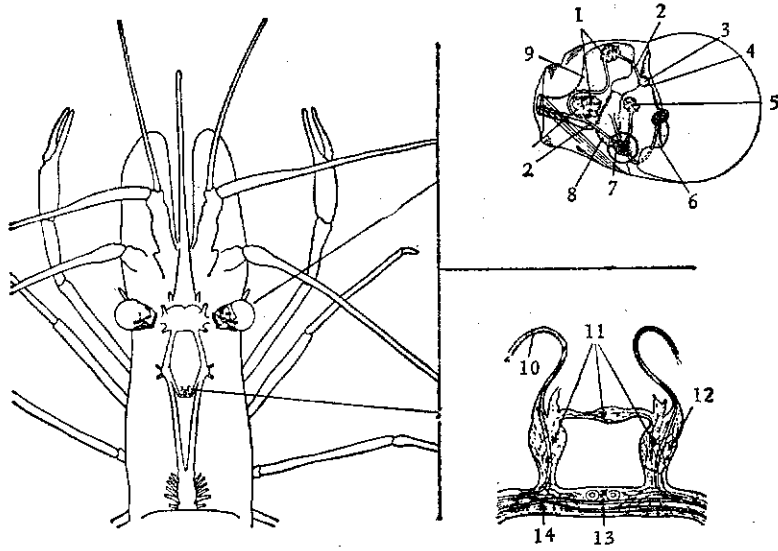


图2 虾 *Palaemon (Leander) serratus* 的脑、窦腺、X-器官和后神经联络器大致位置图解。
(据 Knowles 等, 1955)

1. Medulla terminalis ganglionic X-organ 终端髓节的 X-器官
2. Nerve tract (s) 神经通道;
3. Sensory pore X-organ X-器官的感觉孔
4. Lamina ganglionaris 神经节片层;
5. Medulla externa ganglionic X-organ 外髓节的 X-器官;
6. Medulla externa 外髓;
7. Sinus gland 窦腺
8. Medulla interna 内髓
9. Medulla terminalis 终端髓。
10. Motor nerve 运动神经
11. Postcommissure organs 神经联络器
12. neurosecretory fibres 神经分泌纤维
13. Possible neurosecretory cell group 近似神经分泌细胞群;
14. Commissure 神经联络

素的反应是微不足道的。

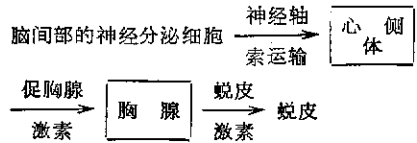
在水束蟹(*Paratelson hydrodromus*)中, 已经证明成熟个体的蜕皮间期由两个交替相组成: 生长期与生殖期的交替。在生长期中, 虽然身体组织对蜕皮激素起反应, 但身体的生长受到蜕皮抑制激素 moulting inhibitory hormone 的限制。同样的, 在生殖期中, 特别是繁殖之前的季节中, 卵巢和有关组织对生殖激素起反应, 而卵巢的生长受到生殖腺抑制激素 gonad-inhibitory hormone 的限制。借助于两侧眼柄的切除或多方面的自动解体(失去3—4对步行足), 成长雌蟹在蜕皮间期的反应型式依赖于组织在手术时所表现的反应型式。生殖腺抑制激素和蜕皮抑制激素下降或低水平, 是维持卵巢和身体正常生长所不可缺少的。

(五) 变态与蜕皮

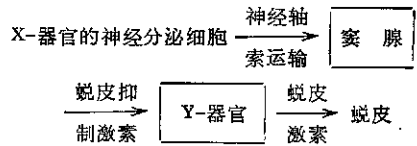
节肢动物幼期的生长在昆虫和甲壳类动物中是以幼期蜕皮的形式而表现的。甲壳类的成

虫仍然能够蜕皮, 昆虫纲除无翅亚纲以及有翅亚纲的蜉蝣类而外, 成虫已不蜕皮了。虽然在昆虫纲和甲壳纲所发现的内分泌器官名称各异而外, 但它们的调节机理是相同的。现比较它们的调控机理如下:

昆虫纲



甲壳纲



图解1. 内分泌器官及其激素调控昆虫纲和甲壳纲蜕皮过程的比较

(六) 精子发生

外源激素能影响石蜈蚣(*Lithobius forficatus*)

的精子发生,用1微克 β -蜕皮素、保幼激素3、早熟素2处理后,尿嘧啶在第三天、亮氨酸在第二天掺入精子最为旺盛,第七天标志化合物消失。精子细胞中内质网特别发达,高尔基体有众多的分泌物。

一种蚂蟥(*Macrobdella decora*)的精子发生可以观察到精子滤泡细胞的五六个顺序期。在减数分裂期,成熟蚂蟥去脑后,降低许多精子的滤泡数目。注射脑激素抽出物能恢复精子发生的这种缺陷。当脑节被浸浴到高钾、正常钙离子盐水中,脑激素被释放到培养液中。在高钾、无钙离子盐水中,脑激素的释放受到抑制,因而证明脑激素的释放是依赖于钙离子的。

(七) 卵子发生

光周期是陆生黑蛞蝓(*Limax maximus*)脑一生殖腺轴的主要环境调节因子,光周期刺激性成熟和刺激黑蛞蝓脑节,产出生殖腺分生因子 gonadal mitogenic factor。这一现象同昆虫和脊椎动物一样,性的发育和性功能的表现是由脑和生殖腺而来的激素所调节。长日照(LD = 16:8)促进脑中成熟激素 maturation hormone 的释放,成熟激素是促性腺素,诱导生殖腺发育,刺激生殖腺激素的分泌,后者反过来调控其他生殖道器官,如蛋白腺、总导管等的发育。这些器官在短日照(LD = 8:16)中保持不变。如果“长日照脑”(从生活在长日照(LD = 16:8)四周以上蛞蝓移来的)植入未成熟的蛞蝓体内,就可以促进生殖腺的发育,并促进生殖腺中DNA的合成。从黑蛞蝓脑中分离出生殖腺分生因子,鉴定为蛋白质,分子量约为50,000—100,000之间。

我们在会上报告,家蚕(*Bombyx mori*)脑激素促进蓖麻蚕(*Philosamia cynthia ricini*)无脑蛹生殖腺发育的作用,只要7毫微克(最近结果为0.1毫微克)足以使无脑蛹的生殖腺发育。脑激素分子量为4400左右,由14个氨基酸组成。

飞蝗(*Locusta migratoria*)的卵黄蛋白是一个分子量为550,000的糖脂蛋白,分析证明它是由两个235,000和225,000初级多肽在细胞内加工而成的二聚体。卵黄蛋白是正在生殖的

雌蝗脂肪体所产生,在摘除咽侧体后也可以由ZR515保幼激素类似物所诱导。

(八) 物质代谢

贻贝 *Mytilus* 糖元的储存与分解直接关系到配偶体产生的开始与结束。有证据表明,双壳类中糖元的代谢是在神经内分泌调节之下。

在腹足类静萝卜螺(*Lymnaea stagnalis*)糖元的储存与动员是受取食条件和光周期的影响。在淡水双壳类肌肉组织中糖元的合成是受到胰岛素性质 insulin-like 的物质所调控。

生长在潮湿地带的带丝蚯蚓(*Lumbricus terrestris*)在淡水中有良好的渗透性和身体容积的调节,蚯蚓生活在人工配成的塘水中含100 m M NaCl 中同样保持84%的水分,可能是神经分泌激素调节蚯蚓的水分代谢。

实验证明,甲壳类神经调节系统及其激素参与水溶性矿物质的调节。从广盐性无刺短浆蟹(*Thalamita crenata*)胸节而来的肽降低甲壳类鳃中的水流量,围心器官的抽出物能增加钠离子入鳃的运动。

(九) 心脏搏动

软体动物神经分泌物,叫做 FMRF 激素(Phe-Met-Arg-Phe-NH₂)的,既是心脏舒张、收缩力和搏动频率的激动剂,也是心脏搏动的抑制剂,主要视剂量等因素而异。节肢动物的后肠灵 Proctolin (H-Arg-Tyr-Leu-Pro-Thr-OH)是从蚌蝶等昆虫分离出来,能促进后肠肌肉的收缩。

* * * *

第九届国际比较内分泌学讨论会有关无脊椎动物的报告涉及范围较广,种类繁多,本文仅从作者个人感兴趣的内容和主要的方面,并结合最近看到的文献总结归纳而成,可能有片面性和挂一漏二之嫌,不当之处,有待指正。

参 考 文 献

- 第九届国际比较内分泌学论文摘要。1981 香港大学出版。
石井象二郎编 1981 昆虫学最近の進歩。東京大学出版社。
E. J. W. Barrington 1975 An introduction to general and comparative endocrinology. Clarendon Press, Oxford.