

脊椎动物比较解剖学

李国藩 邓巨燮 编著

中山大学出版社

内 容 提 要

脊椎动物比较解剖学，是形态学中一个重要分科。全书共分十一章，以脊椎动物各器官系统为单位，从低等种类到高等种类顺序描述其形态结构，并进行相互比较，以阐明各器官系统的起源、发展和脊椎动物的演化过程。

本书可作大专院校生物、医、农、畜牧、古生物等有关专业的教材，以及其他生物工作者和教师参考之用。

脊椎动物比较解剖学

李国藩 邓巨燮编著

*

中山大学出版社出版

广东省新华书店发行

广东省韶关新华印刷厂印装

*

850×1168毫米 32开本 $9\frac{3}{4}$ 印张 253千字

1985年8月第1版 1985年8月第1次印刷

印数 1—2600

书号：13339·6 定价：3.50元

序

“如果地球是某种逐渐生成的东西，那末它现在的地质的、地理的、气候的状况，它的植物和动物，也一定是某种逐渐生成的东西，它一定不仅有在空间中互相邻近的历史，而且还有在时间上前后相继的历史。如果立即沿着这个方向坚决地继续研究下去，那末自然科学现在就会进步得多”。（恩格斯：《自然辩证法》（中共中央马克思、恩格斯、列宁、斯大林著作编译局译，人民出版社，1971年）

引起我摘录上面这段话有几个原因：一、七十年前我刚开始学习有关生物进化的知识时，就鄙视居维叶Cuvier反对拉马克进化论的态度。但是三十年代我在欧洲却听到一些学者谈及居维叶是比较解剖学，也就是解剖学哲学的创始人，其功不可泯。他对解剖学与运动力学及生理功能的阐明，使生物学开辟了新的途径；他对进化论虽未能接受，却给进化论提供了新的证据。于是我自己承认我的学习方法有盲从偏见的毛病。后来我读了列宁的著作，他有这样一句话：“偏见比无知，离开真理更远。”这对我在生物学教育工作上起了更加重要的意义。二、由于近年来科学分工，使某些人在思想上产生了片面性，于是科学工作者，特别是生物学方面，或多或少地局限在自己的特殊部门，不知不觉地削弱了全面观察问题、发现问题的能力。生物学上所研究的对象，既广泛又深邃，分头进行本来是无非议的。但在科学教育上，在青年科学工作者的培养上，

由于一些片面的提法，致使某些青年科学工作者忽视了基本工作和基础理论。有人高呼分类学、解剖学、胚胎学都“落后”了，不必学了。一味地追求局部知识的高、精、尖，夸大某一分科为生物学的生长点，成了古老谚语所讲的“不识大海，却要捞针。”忘了根，却谈生长点，这在科学教育上所起的结果将是不堪设想的。三、出乎我的意料，中山大学李国藩、邓巨燮两位却寄来了“脊椎动物比较解剖学”一书，说是他们多年来的讲稿，我一方面感到高兴，一方面责怪自己，我的顾虑是多余的。他们的生物学科的教育，路子是正确的。书中讲的不仅仅是某些个别生物器官特征的发育、发展的事实，而且是脊椎动物各类普遍现象形态结构逐步发育的变化。这对青年生物学者全面观察问题能力的培养显然将起重要的作用。解剖结构是跟着生理功能分化的，而它们之所以形成是胚胎发育上、物质运动上的经历过程，这是生物哲学上主要的一部分，也是拉马克、达尔文两位进化论奠基人的理论基础。由此也可以体会到这本书的正确性和重要性。我提一下恩格斯的话：“一个民族要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论的思维。”而理论思维的基础则在于各方面综合的全面地看问题。我希望青年科学工作者们应该知道，片面地趋向于高、精、尖，不等于科学。阿里斯多德有句名言：“一只手，如果从身体上割下来，名虽仍然可叫做手，实已不是手了。”希望青年生物学家们仔细地吟味李、邓两位所写的这本书，则对阿里斯多德这句名言就可以更加深刻地理解了。不仅对自己工作可以开辟出独创的道路，对国家四化也会有重大贡献。

张作人

1984年9月3日

目 录

第一章 绪 论

第一节	比较解剖学的定义	(1)
第二节	比较解剖学的目的、任务和范围	(2)
第三节	比较解剖学的发展简史	(6)
第四节	脊椎动物的分类系统与演化	(10)
一、	脊椎动物的分类系统	(10)
二、	脊椎动物的演化	(21)

第二章 脊椎动物的发育与器官系统

第一节	脊椎动物的发育	(27)
一、	生殖细胞	(27)
二、	受精	(30)
三、	卵裂与囊胚	(31)
四、	原肠胚	(33)
五、	器官系统的形成	(33)
第二节	脊椎动物的器官系统	(41)

第三章 皮肤系统

第一节	皮肤的构造	(43)
第二节	皮肤的发生	(48)
第三节	皮肤的衍生物	(49)

一、角质鳞.....	(50)
二、羽毛.....	(51)
三、毛.....	(57)
四、角.....	(62)
五、爪、蹄及指甲(趾甲).....	(63)
六、骨板.....	(65)
七、鱼鳞.....	(66)
第四节 皮肤腺.....	(69)
第五节 脊椎动物各纲皮肤的比较.....	(74)

第四章 骨骼系统

第一节 头骨.....	(85)
一、头骨的发生.....	(85)
二、头骨的构造.....	(90)
三、头骨的演变过程	(100)
四、脊椎动物各纲头骨的比较	(106)
第二节 脊柱	(114)
一、脊椎骨的发生	(114)
二、脊椎骨的构造	(118)
三、脊椎骨的分化	(118)
四、椎体的类型	(119)
五、脊椎动物各纲脊柱的比较	(121)
第三节 肋骨与胸骨	(124)
一、肋骨	(124)
二、胸骨	(128)
第四节 附肢骨骼	(131)

一、带骨	(133)
二、肢骨	(137)
第五节 异位骨	(142)

第五章 肌肉系统

第一节 肌肉的种类	(144)
一、平滑肌	(144)
二、横纹肌	(145)
三、心脏肌	(146)
第二节 肌肉的发生	(147)
第三节 肌肉的命名	(149)
第四节 肌肉的结构	(151)
一、体节肌	(152)
二、鳃节肌	(159)
三、皮肤肌	(159)
第五节 发电器	(160)

第六章 消化系统

第一节 消化系统的发生	(163)
第二节 消化系统的结构	(166)
一、消化道	(167)
二、消化腺	(183)
第三节 体腔与隔膜	(186)

第七章 呼吸系统

第一节 鳃	(188)
-------------	-------

第二节	鳔	(194)
第三节	肺脏	(198)
第四节	喉及发声器	(204)

第八章 循环系统

第一节	血液和淋巴液	(207)
第二节	管道系统	(209)
一、	血管系统	(209)
二、	淋巴系统	(224)
第三节	脊椎动物各纲的血液循环	(226)

第九章 泌尿生殖系统

第一节	泌尿器官	(231)
一、	肾脏	(231)
二、	输尿管、膀胱和尿道	(237)
第二节	生殖器官	(239)
一、	生殖腺	(240)
二、	生殖输管	(243)
三、	附属生殖器官和辅助腺	(244)
四、	雌雄同体	(247)
五、	生殖方式	(247)
第三节	脊椎动物各纲泌尿生殖系统的比较	(250)

第十章 神经系统

第一节	神经原	(255)
第二节	神经系统的发生	(258)

一、神经管的发生	(258)
二、脑的发生	(259)
三、脊髓的发生	(261)
第三节 中枢神经系统	(262)
一、脊髓	(262)
二、脑	(266)
第四节 周围神经系统	(274)
一、脊神经	(275)
二、脑神经	(276)
第五节 植物性神经系统	(279)
一、植物性神经系统的结构	(279)
二、脊椎动物各纲植物性神经系统的比较	(281)

第十一章 感觉器官

第一节 皮肤感觉器官	(283)
第二节 侧线器官	(284)
第三节 听觉器官	(286)
一、内耳	(287)
二、中耳	(289)
三、外耳	(290)
四、脊椎动物各纲听觉器官的比较	(290)
第四节 视觉器官	(291)
一、眼的发生	(291)
二、眼的结构	(293)
三、脊椎动物各纲视觉器官的比较	(297)
第五节 味觉器官	(298)
第六节 嗅觉器官	(300)

第一章 绪 论

第一节 比较解剖学的定义

比较解剖学是动物形态学中一门分支学科。形态学是研究有机体形态结构的一门科学。对有机体形态结构的研究，由于目的和方法的不同，而形成了各种不同的分支学科。形态学的分支学科包括下列几个方面：

1. 解剖学——专门研究一种用肉眼能见到的动物的器官系统的形态结构，以及各部分之间相互关系的科学。

2. 组织学——利用显微镜和切片染色的技术，研究一个动物各部分的细胞和组织的微细结构的科学。

3. 胚胎学——研究动物从一个受精卵经过一系列的变化，形成一个动物体的发育过程的科学。

4. 比较解剖学——用比较现代动物结构异同的方法，研究各种动物器官的形态和机能的变异和分化，了解动物器官系统的演化规律，进一步理解各类动物的演化情况的科学。

5. 古生物学——研究现代已绝灭而在各个地质年代遗留下来的动植物化石，以及有机界的演化历史的科学。

比较解剖学与普通解剖学有所不同，普通解剖学仅仅以一种动物为研究对象，研究器官系统的形态结构以及彼此间的相互关系。而比较解剖学是以多种动物为研究对象，不但要注意

各种动物器官系统的形态结构的变异和变化，而且要探索其异同点，了解器官系统的发展规律，进一步阐明动物的演化原理，因此比较解剖学也称之为哲学的解剖学(philosophy anatomy)。

第二节 比较解剖学的目的、任务和范围

动物的形态结构，并不是永恒不变的，而是经常地不断地沿着自身的一定规律在变化发展着。某种动物在某一个时期的形态结构，仅仅是它们在变化发展过程中的一个环节，这种形态结构的变化发展过程，叫做形态发生。形态发生有二种形式：

1. 各个有机体从受精卵开始，在它的生存期间所进行的变化发展过程，即一个有机体在整个生命过程中的变化发展过程，这种形式叫做个体发育。

2. 各个种属的生物，从单细胞性生物开始，在它们的存续期间所进行的形态变迁。即是说，生物的种族，自从在地球上起源以后，演变到现在的整个变化发展过程。这种形式叫做系统发育。

形态发生的原来形态结构，是随着外在的条件和内在的因素所引起的一种适应和遗传下来的现象。由于有机体所处的外界环境条件不断地在变化着，这种外界环境条件又往往通过有机体的内在因素而起作用，从而引起有机体内细胞组织的变化。由于细胞组织的变化，又引起细胞组织机能的差异，从而促进不同器官的形成。所以动物的形态结构，是在不断地变化发展着的。这种细胞组织向不同方向发展，各自在机能上和结

构上，由共同性变成特殊性的现象叫做分化。细胞组织的分化所产生的器官，因适应其外界环境条件而各遂其特殊的方向发展的现象，叫做趋化。比较解剖学的目的，就是要比较各种动物器官系统的形态结构，从而追索其分化和趋化的过程。在动物进化过程中，他们的各部分器官不是彼此孤立的，而是互相有机联系地沿着分化的途径发展的。另一方面，器官分化的过程，同时也就是器官合作的过程。这种过程，使有机结构由简单趋向复杂，由低级趋向高级。比较解剖学的资料，既肯定了动物有机结构的高低，更指出它们在进化程序中的位置。其次，所谓有机体发展的过程，并不是由进化现象机械地综合所组成的，不是简单积累的复杂化，而是包含旧质素的死亡消灭和新质素的形成发展，依循辩证的途径进行的。个体发育的历史，在这方面提供了丰富的资料，那就是动物的成体结构，往往保留有发展过程中丧失了作用的残余器官。因此器官发展的过程，正表现了动物生活历史中新旧质素之间矛盾消长的过程。

动物的趋化，有两种形式：一种是动物生活在各种不同的外界环境中，同一性状的组织器官，可以向不同的方向变异和发展，逐渐产生不同类型的动物。这种现象，叫做趋异性(*divergence*)。由趋异所产生的器官，虽然在基本结构和发育上，甚为相似，但在外部形态和机能上，则差异很大。这种发育和结构相似而外形和机能不同的器官，叫做同源器官(*homologous organ*)。另一种形式是不同的动物，或亲缘较远的异种动物，因所处的生活环境相同而显现出相似的特征，这种现象叫做趋同性。由趋同所产生的器官，虽然在外部形态和机能上甚为相似，但在基本结构和发育上则差异很大。这种外形和

机能相似，而在发育和基本结构上不同的器官，叫做同功器官(analogous organ)。研究比较解剖学应当着重于同源器官和同功器官的研究。

形态发生的全过程，在个体发育中，可以在现代短时期内循环反复。它的变化过程，可以在个体各个变化发展环节的形态结构依次比较，进行直接研究。但在系统发育中，它的形态变化发展过程是经过亿万年的变化发展而至现在。它的变化发展全过程，不能进行直接的研究，只能依靠保存在地层中的各种古代生物遗体化石和遗迹来进行研究，以追求其形态变迁的痕迹。但这些遗体多数是系统发育的旁系，而且其遗体又多是片段而不全面的，不能说是系统发育的直接研究。另外，在动物界中，还存在着一些极其稀少的种类，而它们在过去曾经是分布很广，类型繁多，后来逐渐衰亡，到现在成为古代类群的残余种类。这些种类的形态结构，通过比较解剖学的研究，却明显地构成联系其他血缘很远的不同动物类群的中间形态，也就是构成了其他类群之间进化过程中的过渡形态，这也是系统发育的有力证据。

自从生物发生律(也叫重演律)发表以后，个体发育与系统发育的关系更加明确。生物发生律认为：生物个体发育过程是系统发育过程的加速和扼要的重演。即是说，生物在个体发育时期经过的各种变化步骤仿佛重演生物种族的发展历史。例如，哺乳动物的个体发育，由受精卵开始，经过囊胚、原肠胚、三胚层胚、具有鳃裂和尾的胚胎，形成四肢的胚胎，再出现心脏分隔变化的胚胎等，最后到成体。这就反映了它们在系统发育过程中经历了象单细胞动物、单细胞的群体动物、腔肠动物、三胚层动物、低等脊椎动物、鱼类动物、两栖动物和爬

行动物等等阶段，最后发展到哺乳动物的基本过程。这就充分说明了哺乳动物的个体发育重演了其祖先的进化过程，也就是个体发育简单和扼要地重演了它的系统发育，即种族发展史。

生物发生律是一条客观规律，它不仅适用于动物界，而且适用于整个生物界。它极为重要，因为有许多动物的亲缘关系和分类位置是通过个体发育而得到解决的。但我们不能把“重演”理解为机械的重复。而且在个体发育中，也会有新的变异出现，个体发育又不断地补充系统发育，这两者是互相联系、互相制约的。系统发育通过遗传决定个体发育，个体发育不仅简单扼要重演系统发育，而且又能补充和丰富系统发育，两者的关系是辩证统一的。所以我们要研究个体发育和系统发育，就必须借助比较解剖学、古生物学和胚胎学。近代的学者，有的综合了这三门学科的知识组成一门进化形态学(evolutionary morphology)的学科。进化形态学的目的和任务，也是比较解剖学的目的和任务。这就是：（一）研究动物组织器官的分化和趋化过程；（二）确定所研究的动物有机结构的高度及其在进化序列中的位置；（三）追溯它们在历史上发展的途径；（四）研究动物界各类动物之间的血缘关系；（五）重建在现代动物类群中未得保存下来的中间类型；（六）确定进化过程的共同规律。

本学科的研究范围是脊椎动物，故名为脊椎动物比较解剖学。它是以各系统的器官为单位，从发生上扼要追溯各器官的起源及比较这些器官在各种类型的动物中所体现的发展过程，尽量提供丰富的具体事例，阐明动物有机体各部分的有机联系，以及它们在发展上与环境条件的关系。

第三节 比较解剖学的发展简史

在生产斗争中，由于人们对认识动物分类的迫切要求以及生理和医疗卫生的实践需要，动物解剖学的基础是非常重要的。正如要修理一件机器，首先必须明了它的内部构造一样。因此，人类很早就积累了人体解剖和个别不同动物种类的解剖知识，这样就逐渐产生了对动物解剖的比较研究的要求。

远在纪元前，亚里士多德(Aristotle, 公元前384—332)时代，就已开始利用刀剪进行动物的解剖。及后，由于当时封建制度和宗教的偏见，大大妨碍了人们对自然进行直接的、自由的研究。因此，解剖学与其他科学一样，陷于停顿状态，直到文艺复兴时代，动物学研究才得到发展。随着医学上的需要，人们对人体解剖学发生了强烈的兴趣，如芬奇(L. de Vinci, 1452—1519)和飞萨力欧(Vesalius, 1514—1564)等学者都对人体解剖学作过研究，并且开始用人类的尸体来研究解剖学。当时纯粹用动物来进行解剖研究也逐渐增多，但缺乏解剖学的比较研究。至十七世纪时期，意大利的塞佛冷诺(M.A. Severino, 1580—1656)在1645年著有动物解剖学一书。这是动物比较解剖最早的一部著作，书中着重说明不同动物解剖结构的近似，并指出需要显微镜下的分析才能深入比较。

十八世纪时期，动物比较解剖的研究材料积累得更加丰富，如法国的维克·达齐(d'Azur, 1748—1794)，英国的亨特尔(J. Hunter, 1728—1793)和瑞士的波奈(C. Bonnet, 1710—1793)等学者，他们的研究，大抵着重在人体解剖和鸟类、哺乳类解剖时的对比，对器官本身和各器官之间的相互关系作了

细致的描述，而维克·达齐还注意到器官功用的比较。

在同一时期，法国的乔治·居维叶(Georges Cuvier, 1768—1832)不但是著名的动物学家和古生物学家，而且是比较解剖学这一门学科的创立者。他早年对软体动物和鱼类进行了系统的解剖研究，根据比较解剖的研究成果，提出器官相互关系和主次隶属的规律，指出器官构造同生活条件的关系，以及生物形态的统一观念。他整理了比较解剖的许多材料，在1798年出版了十卷篇幅，包括动物界全部的《比较解剖学讲义》。这是一部对当时比较解剖学有深远影响的重要著作。在这一个器官相互关联的规律中，他明确指出动物各部分的器官结构并不是孤立无关，而是与动物生活条件一致，相互有机联系着的。他举出许多例子说明他的论点。例如，鸟类的一片羽毛和它们的前肢骨骼以至锁骨、胸骨的形态的关系，都是由它们的飞翔生活所决定的。哺乳动物中，肉食或草食种类的齿型、齿式和它们的四肢、胃脏的形态之间具有必然的关系。在无脊椎动物中，凡是具有呼吸器官的种类，必然也具有循环器官，因为特殊分化的器官的呼吸机能，必需通过循环器官贯穿到动物机构的整体，才能说明呼吸器官存在的意义等等。他又指出，只要知道动物的一根骨骼，便可由此推想到整个动物体的其它骨骼这一生物形态统一观念。虽然这样提法并不十分确切，但已为我们提供这样一个概念：相类似的生物，必然是由同一祖先演变而来的。他同时又指出动物结构的各项特征，对于动物生活并不是具有同等重要性，有的主要，有的次要。表现在不同类型的动物结构上，主要器官的形态比较有规律性，而次要器官就比较变化多而差异大。他运用这一条器官相互关联的规律，在动物分类上提出了“自然分类”的原则，并

改订了林奈 (Carl von Linn'e, 1707—1778) 的分类系统。他又运用这些规律, 对巴黎近郊发现的新生代哺乳类化石群进行了鉴定和分类, 这对于古生物学的建立和发展作出了重要贡献。但他根据在不同地层中所观察到的不同类型的化石, 错误地认为地球历史上曾发生过多多次巨大的灾变, 每经一次灾变, 旧的生物被毁灭, 新的又被创造出来, 提出唯心主义的多次创造的激变论, 竭力反对拉马克(Jean Baptiste Lamarck, 1744—1829)的生物进化学说。

居维叶虽然在学术上有很大的成就, 而且奠定了比较解剖学的基础, 可是在器官形成的来源这一问题上, 他却顽固地站在唯心论的立场, 坚持物种神造论。他明明了解动物器官的相互关系, 而且知道这些器官与动物生活条件是一致的, 但他却极力主张物种是固定不变的, 盲目地否定器官的变化发展。这就使他在处理问题的局部和整体之间的关系上陷入了根本观点的矛盾之中, 采取了武断、反科学的态度, 来反对当时拉马克提出的环境直接影响的器官“用进废退”和获得性状的遗传等理论, 恶意抹煞拉马克和支持拉马克学说的圣·希莱尔(E.G. St.Hilaire, 1772—1844)在学术上的贡献。

圣·希莱尔相信物种是变异的, 他尤其重视环境的影响能决定动物的变异。他说:“动物界是渐次前进而创造出系统来, 这种创造的动作完全是环境的力量”。即是说, 他主张物种是变化发展的, 是进化的。这就和居维叶的观点完全是对立的, 当时双方便发生了争论。自1830年至1831年, 居维叶和圣·希莱尔就在法国科学院里进行了长达二年的剧烈的辩论, 是科学史上极重要的一次大辩论。居维叶凭借他片面的成就和所处的政治上的优越地位(他作过拿破仑皇帝的宠臣和复辟的布 潞王