

山溪鲵的脊柱特征, 兼议有尾目脊柱的划分

熊建利^{①②} 余平静^② 张纪亮^① 朱文文^① 孙平^①

① 河南科技大学动物科技学院 洛阳 471003;

② 四川大学生命科学学院 生物资源与生态环境教育部重点实验室 成都 610064

摘要: 为探讨有尾目脊椎的划分, 本文以小鲵科的山溪鲵 (*Batrachuperus pinchonii*) 为例, 运用透明骨骼双色法对其脊柱的形态特征进行了观察, 并对各部分椎骨特征进行详细描述和绘图。结果显示, 山溪鲵的脊椎根据椎骨是否具有前关节突、横突、肋骨、肋软骨和脉弓等形态特征可分 5 部分; 同时结合小鲵科其他 20 种 94 号标本和蝾螈科 6 种 27 号标本的脊柱特征及文献资料, 讨论了有尾目脊椎的划分, 认为将有尾目脊柱划分为 5 部分 (颈椎、躯椎、荐椎、尾荐椎和尾椎) 的观点较将其划分为 4 部分 (颈椎、躯椎、荐椎和尾椎) 的观点更合理。

关键词: 有尾目; 脊柱; 山溪鲵; 小鲵科

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2013)03-451-06

Vertebral Column Characteristics of *Batrachuperus pinchonii*, and Discussion on the Division of the Vertebral Column in Urodela

XIONG Jian-Li^{①②} YU Ping-Jing^② ZHANG Ji-Liang^① ZHU Wen-Wen^① SUN Ping^①

① Animal Science and Technology College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003;

② Key Laboratory of Bio-resources and Eco-environment, Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China

Abstract: To discuss the division of the vertebral column in Urodela, the vertebral column characteristics of *Batrachuperus pinchonii* (Hynobiidae) was studied by a clearing and double staining method as a case in the present paper, and the morphological characteristics of each section of the vertebral column were described. The results showed that the vertebral column of *B. pinchonii* could be divided into five sections based on the morphological characteristics of vertebra. At the same time, combined with the vertebral column characteristics of 94 specimens from 20 species of other hynobiid salamanders and 27 specimens from 6 species of salamandrids and literature, the division of vertebral column in Urodela was discussed. The results show that it is reasonable to divide the vertebral column of Urodela into five sections, including cervical vertebra, truck vertebra, sacral vertebra, caudosacral vertebra and caudal vertebra.

Key words: Urodela; Vertebral column; *Batrachuperus pinchonii*; Hynobiidae

山溪鲵 (*Batrachuperus pinchonii*) 隶属有尾目 (Urodela) 小鲵科 (Hynobiidae) 山溪鲵属 (Zhao et al. 1993), 为我国特有的有尾两栖动物; 主要分布于青藏高原以东的四川盆地西缘山区, 大渡河、安宁河以东的分支水系 (曾晓茂 2004)。脊柱是脊椎动物特有的内骨骼的重要

组成部分之一, 其主要功能之一为保护脊髓。

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30900138), 河南科技大学博士科研启动基金项目 (No. 09001367)

第一作者介绍 熊建利, 男, 副教授; 研究方向: 动物系统与进化及野生动物保护与自然保护区管理; E-mail: xjlpanda@126.com。

收稿日期: 2012-09-28, 修回日期: 2013-01-15

在较高等脊椎动物中,脊柱的划分一般根据脊椎骨的形态、有无肋骨存在和功能来判断。但在有尾目中,有关脊椎的划分长期以来存在分歧 (Noble 1931, Francis 1934, Hilton 1948, Wake et al. 1967, Wake 1970, Wake et al. 1973, Deullman et al. 1994)。因此本文以山溪鲵为例,对其脊柱进行研究,在对各部分形态特征进行详细描述和绘图的基础上,结合小鲵科其他物种、蝾螈科 (Salamandriae) 部分物种的脊柱特征和历史文献资料对有尾目脊柱的划分进行讨论。

1 材料与方法

山溪鲵标本 8 号 (SCUM060401XJL ♀、SCUM060402XJL ♀、SCUM060403XJL ♀、SCUM060406XJL ♂、SCUM060408XJL ♀、SCUM060409XJL ♀、SCUM060411XJL ♀、SCUM060412XJL ♀; 全长 138.65 ~ 170.15 mm), 均于 2006 年 4 月采自四川雅安宝兴县硃磲乡和平沟 (海拔 2 210 m), 标本采集后用 10% 福尔马林溶液固定保存。透明骨骼标本采用小型脊椎动物透明骨骼双色法 (杨安峰 1987, 陈彬等 2002) 制备, 在解剖镜 (LEICA

MZ6) 下观察并拍照。

2 结果

山溪鲵标本的脊柱由 41 ~ 46 枚椎骨组成 (图 1), 椎体均为双凹型。椎体位于腹面, 其背面为髓弓。髓弓相连形成椎管以容纳脊髓; 相邻的髓弓间的孔称椎间孔, 为脊神经通过的孔道; 髓弓的前后端向两侧扩展, 各构成一对前、后关节突, 前关节突的关节面向上而微向内, 后关节突的关节面向下而微向外; 髓弓背面的棘突短小, 斜向后方。横突位于椎体中部两侧, 斜向后突出; 部分横突末端连接肋骨。根据各枚椎骨是否具前关节突、横突、肋骨、肋软骨和脉弓等形态特征 (表 1) 可分为 5 区段。

2.1 第一区段 第一区段 (图 2) 即第 1 枚椎骨, 位于脊柱之首。椎体前有一突起与枕骨大孔的腹面相连, 突起的两侧有一对关节窝与颅骨后缘的两个枕髁相关节; 两侧无横突、肋骨; 无前关节突, 仅具后关节突。

2.2 第二区段 第二区段 (图 3) 即第 2 ~ 17 枚椎骨。该区段椎骨间很相似, 仅在大小度量上存在差异。椎骨具前后关节突、棘突、横突、肋骨, 且肋骨末端连有肋软骨, 肋软骨在前



图 1 脊柱整体
Fig.1 The vertebral column

表 1 各区段椎骨特征的比较

特征 Characteristics	第一区段 First section	第二区段 Second section	第三区段 Third section	第四区段 Fourth section	第五区段 Fifth section
前关节突 Prezygapophysis	无	有	有	有	有
横突 Transverse processes	无	有	有	有	+
肋骨 Rib	无	有	有	有	-
肋软骨 Rib cartilage	无	有	无	无	无
脉弓 Haemal arch	无	无	无	无	有

“+”横突在该区段中仅前几枚椎骨具有;“-”肋骨仅在该区段的前 1~2 枚椎骨具有。
“+”transverse processes only present in the anterior vertebra of this section;“-”ribs only present in the anterior one or two vertebra of this section.

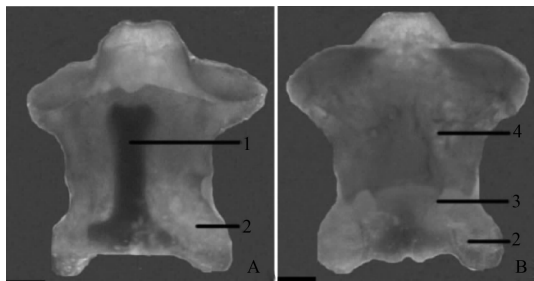


图 2 第 1 枚脊椎

Fig. 2 The first vertebra

A. 背面观; B. 腹面观。1. 棘突; 2. 后关节突; 3. 髓弓; 4. 椎体; 标尺 = 0.5 mm。

A. Dorsal view; B. Ventral view. 1. Neural spine; 2. Postzygapophysis; 3. Neural arch; 4. Centrum; Bar = 0.5 mm.

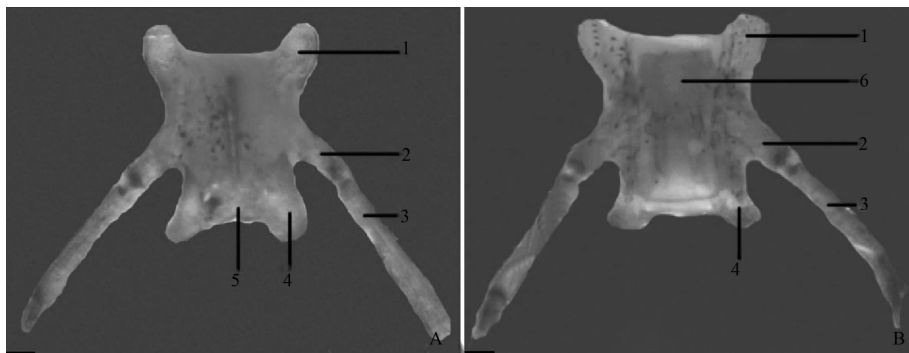


图 3 第 2 枚脊椎

Fig. 3 The second vertebra

A. 背面观; B. 腹面观。1. 前关节突; 2. 横突; 3. 肋骨; 4. 后关节突; 5. 棘突; 6. 椎体; 标尺 = 0.5 mm。

A. Dorsal view; B. Ventral view. 1. Prezygapophysis; 2. Transverse processes; 3. Rib; 4. Postzygapophysis; 5. Neural spine; 6. Centrum; Bar = 0.5 mm.

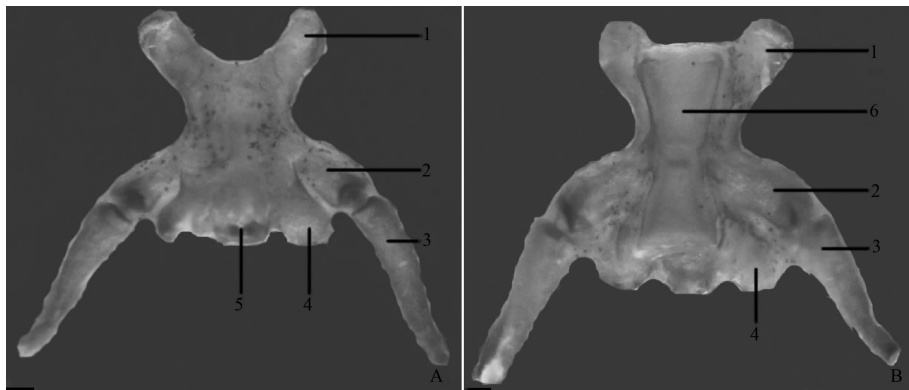


图 4 第 18 枚脊椎

Fig. 4 The eighteen vertebra

A. 背面观; B. 腹面观。1. 前关节突; 2. 横突; 3. 肋骨; 4. 后关节突; 5. 棘突; 标尺 = 0.5 mm。

A. Dorsal view; B. Ventral view. 1. Prezygapophysis; 2. Transverse processes; 3. Rib; 4. Postzygapophysis; 5. Neural spine; Bar = 0.5 mm.

3~5 枚躯椎中较发达,在其后的椎骨中逐渐变小至消失;棘突较小。

2.3 第三区段 第三区段(图 4)即第 18 枚椎骨。椎骨具有大而粗壮的横突和肋骨,肋骨不像第二区段椎骨上的肋骨斜向后方两侧,而是向腹面弯曲,其外端通过软骨与腰带的髌骨相连。此椎骨一般位于第 18 枚椎骨上,个别个体(1 号标本)腰带的一侧连接于一个椎骨(第 18 枚),另外一侧连在相邻的椎骨上(第 19 枚)。

2.4 第四区段 第四区段(图 5)即第 19~20 枚椎骨。椎骨横突比第三区段椎骨的横突发达,但肋骨较小。肋骨和第 18 枚椎骨一样,

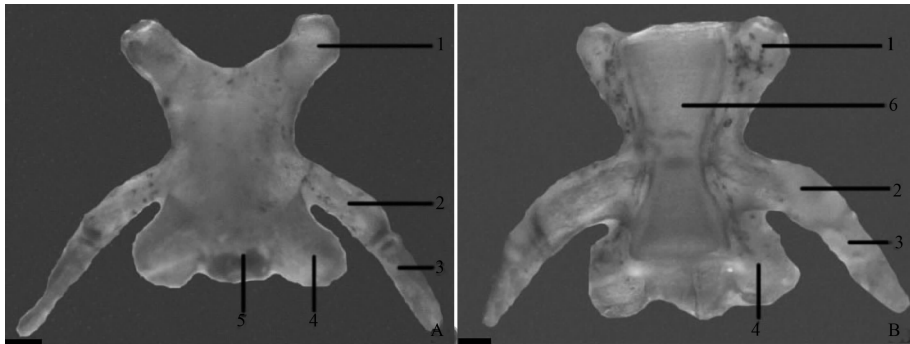


图 5 第 19 枚脊椎

Fig. 5 The nineteen vertebra

A. 背面观; B. 腹面观。1. 前关节突; 2. 横突; 3. 肋骨; 4. 后关节突; 5. 棘突; 6. 椎体; 标尺 = 0.5 mm。

A. Dorsal view; B. Ventral view. 1. Prezygapophysis; 2. Transverse processes; 3. Rib ; 4. Postzygapophysis; 5. Neural spine; 6. Centrum; Bar = 0.5 mm.

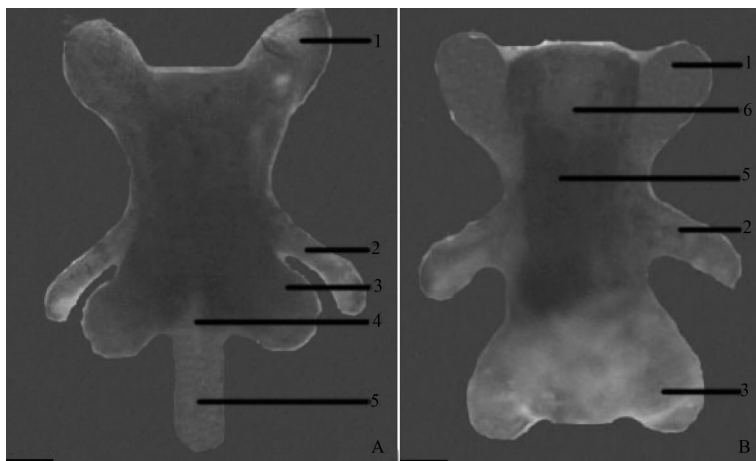


图 6 第 23 枚脊椎

Fig. 6 The twenty-three vertebra

A. 背面观; B. 腹面观。1. 前关节突; 2. 横突; 3. 后关节突; 4. 棘突; 5. 脉弓; 6. 脉孔; 标尺 = 0.5 mm。

A. Dorsal view; B. Ventral view. 1. Prezygapophysis; 2. Transverse processes; 3. Postzygapophysis; 4. Neural spine; 5. Haemal arch; 6. Haemal hole; Bar = 0.5 mm.

向腹面弯曲,但其外端不与腰带的髂骨相连。

2.5 第五区段 第五区段(图 6)即第 21 枚至末端椎骨,此区段椎骨数目变化较大,不同个体数目不同,一般为 23 ~ 28 枚,且末端椎骨尚未骨化,为软骨。椎体自第 1 枚开始向后逐渐变小、竖扁。横突也从第 21 枚椎骨后开始变小,到此 6 ~ 11 枚椎骨开始消失;该区段所有椎体腹面具供动脉和静脉通过的脉弓,其基部的孔为脉孔,脉孔相连形成脉管,动脉和静脉从脉管中通过。脉弓从前往后随椎体的变小而

变小。

3 讨 论

目前,有尾目中脊柱的划分在国外学者间存在两种观点。一种认为应划分为 4 部分,即颈椎、躯椎、荐椎和尾椎(Noble 1931, Francis 1934, Hilton 1948);另外一种认为荐椎后的 2 枚或 4 枚椎骨形态特征有别于其他椎骨,应单独划分,由于其位于尾椎和荐椎之间故称尾荐椎(Wake et al. 1967; Wake 1970, Wake et al. 1973,

Deullman et al. 1994);目前国内学者主要采用第一种观点(马克勤 1964,吴翠衡 1982,张服基 1985,赵尔宓等 1985,邱幼祥等 1986,李仲辉等 1986,马连第等 1988,范三川等 1999,李松 2000,王丽文等 2004,张寒珍等 2009)。

根据本文的研究结果,第四区段(第 19 ~ 20 枚)椎骨因其横突发达,具较小肋骨,且不与腰带的髂骨相连,与前面的荐椎形成明显的区别;而具有肋骨、缺少脉弓与后面的尾椎形成区别。同时,我们观察其他小鲵科 8 属 20 种 94 号标本及蝾螈科 2 属 6 种 27 号标本(表 2)后发现,荐椎后的 2 枚椎骨与其他的椎骨间也存在类似山溪鲵椎骨间的区别;而其在整个脊柱的相对位置在不同的种、属、科间存在不同。

在前人的研究中,荐椎后的 2 枚椎骨与荐椎和尾椎在形态上不同也被发现。极北鲵(*Salamandrella keyserlingii*)尾椎的前 2 枚横突很明显,但无肋骨,此后尾椎的横突渐短;自第 3 尾椎起,在椎体的腹面,两横突之间有“Y”形的脉弓(马克勤 1964)。巴鲵(*Liua shihi*)从第 3 尾椎开始有“Y”形脉弓,前 2 枚尾椎横突明显且附有短肋(张服基 1985)。商城肥鲵(*Pachyhynobius shangchengensis*)自第 3 尾椎起,其腹面有“Y”形脉弓,向后渐小(李仲辉等 1986)。山溪鲵中从第 3 枚起横突间的腹面可见“Y”形脉弓,以后渐短(张寒珍等 2009)。国外学者(Wake 1970, Wake et al. 1973)对无肺螈科(Plethodontidae)物种椎骨的研究也发现

表 2 观察的小鲵科其他物种和蝾螈科物种
Table 2 Examined species of Hynobiidae and Salamandridae

物种 Species	标本数 Number	尾前椎数 Numbers ofcaudosacral vertebra		
		1	2	3
中国小鲵 <i>Hynobius chinensis</i>	2	1	1	
东北小鲵 <i>H. leechii</i>	8		7	1
阿里山小鲵 <i>H. arisanensis</i>	1		1	
安吉小鲵 <i>H. amjiensis</i>	2	1	1	
挂榜山小鲵 <i>H. guabangshanensis</i>	7		7	
猫儿山小鲵 <i>H. maoershanensis</i>	3	2	1	
吉林爪鲵 <i>Onychodactylus zhangyapingi</i>	2		2	
辽宁爪鲵 <i>O. zhaoermii</i>	2		2	
龙洞山溪鲵 <i>Batrachuperus londongensis</i>	6		5	1
北方山溪鲵 <i>B. tibetanus</i>	4		4	
盐源山溪鲵 <i>B. yenyuanensis</i>	3		2	1
无斑山溪鲵 <i>B. karlschmidti</i>	8		5	3
太白山溪鲵 <i>B. taibaiensis</i>	6		5	1
施氏巴鲵 <i>Liua shihi</i>	7	1	6	
秦巴巴鲵 <i>L. tsinpaensis</i>	4	1	2	1
新疆北鲵 <i>Ranodon sibiricus</i>	2		2	
极北鲵 <i>Salamandrella keyserlingii</i>	5		2	
黄斑拟小鲵 <i>Pseudohynobius flavomaculatus</i>	5	2	3	
水城拟小鲵 <i>P. shuichengensis</i>	1		1	
商城肥鲵 <i>Pachyhynobius shangchengensis</i>	16	6	10	
镇海棘螈 <i>Echinotriton chinhaiensis</i>	2		3	
细痣棘螈 <i>E. asperrimus</i>	7		7	
贵州疣螈 <i>Tylototriton kweichowensis</i>	3		3	
红瘰疣螈 <i>T. shanjing</i>	7		7	
大凉疣螈 <i>T. taliangensis</i>	2		2	
棕黑疣螈 <i>T. verrucosus</i>	6		6	

荐椎后的前 2~4 枚椎骨形态特征不同于其他尾椎。

另外,在定义有尾目外形量度时,头体长指从吻端至泄殖腔孔后缘的长度。而尾长为泄殖腔孔后缘至尾末端的长度(费梁等 2006)。我们通过解剖发现,荐椎后的 2 枚特殊的椎骨所处的位置为泄殖腔的位置,而泄殖腔孔的末端正好位于该特殊的 2 枚椎骨的后一枚椎骨的末端。若将脊柱划分为 4 部分,即该特殊的 2 枚椎骨划为尾椎的一部分,那么该特殊的 2 枚椎骨的长度应划为尾长,但其从外形量度上则属于头体长,从而形成了外形量度与脊柱划分间的矛盾。

综上所述,第四区段椎骨具有发达的横突,较小肋骨,且不与腰带的髂骨相连,缺少脉弓,和其他尾椎具有明显的区别,故应单独划分。因此,有尾目脊柱划分为 5 部分,即颈椎(cervical vertebra)、躯椎(trunk vertebra)、荐椎(sacral vertebra)、尾荐椎(caudosacral vertebra)和尾椎(caudal vertebra)更合理。

参 考 文 献

- Duellman W E, Trueb L. 1994. *Biology of Amphibian*. Maryland: McGraw-Hill Publishing Company, 1-696.
- Francis E T B. 1934. *The anatomy of the Salamander*. London: Oxford University, 1-381.
- Hilton W A. 1948. The vertebrae of salamanders. *Journal of Entomology and Zoology*, 40(3): 47-65.
- Noble G K. 1931. *The Biology of the Amphibia*. New York: McGraw-Hill Publications in the Zoological Sciences, 1-577.
- Wake D B. 1970. Aspects of vertebral evolution in the modern Amphibian. *Forma et Functio*, (3): 33-60.
- Wake D B, Dresner I G. 1967. Functional morphology and evolution of tail autotomy in salamanders. *Journal of Morphology*, 122(4): 265-306.

- Wake D B, Lawson R. 1973. Developmental and adult morphology of the vertebral column in the plethodontid salamander *Eurycea bislineata*, with comments on vertebral evolution in the Amphibia. *Journal of Morphology*, 139(3): 251-299.
- Zhao E M, Adler K. 1993. *Herpetology of China*. Oxford: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 1-522.
- 陈彬,王跃招. 2002. 介绍一种透明骨骼标本染色法. *生物学通报*, 37(4): 57.
- 范三川,田应洲. 1999. 无斑肥螈的骨骼系统. *黔南民族师范学院学报*, 19(3): 35-41.
- 费梁,胡淑琴,叶昌媛,等. 2006. 中国动物志:两栖纲(上卷) 蚓螈目 有尾目. 北京: 科学出版社, 1-471.
- 李松. 2000. 尾斑瘰螈的骨骼系统. *六盘水师专学报*, 12(1): 5-10.
- 李仲辉,瞿文元. 1986. 商城肥鲵的骨骼. *动物世界*, 3(2/3): 49-56.
- 马克勤. 1964. 极北小鲵骨骼的研究. *吉林师大学报*, (1): 79-88.
- 马连第,马德坤,林景明. 1988. 辽宁千山小鲵及其透明骨骼标本的简要评述. *自然杂志*, 11(6): 477.
- 邱幼祥,杨安峰. 1986. 中国大鲵的骨学研究. *北京大学学报: 自然科学版*, (6): 69-82.
- 王丽文,赵艳艳,梁传成. 2004. 爪鲵骨骼系统的研究. *四川动物*, 23(3): 172-177.
- 吴翠衡. 1982. 中国大鲵的外形及骨骼解剖. *动物学杂志*, (1): 11-15.
- 杨安峰. 1987. 硬骨-软骨双染色技术. *动物学杂志*, 22(2): 40-41.
- 曾晓茂. 2004. 中国西部小鲵的分子系统发育研究. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 1-132.
- 张服基. 1985. 巴鲵 *Liua shihi* (Liu) (两栖纲: 小鲵科) 骨骼的解剖. *两栖爬行动物学报*, 4(1): 17-24.
- 张寒珍,刘少龙,赵云,等. 2009. 山溪鲵的骨骼系统. *四川动物*, 28(3): 412-416.
- 赵尔宓,张服基. 1985. 北鲵属 *Randon*、山溪鲵属 *Batrachuperus*、巴鲵属 *Liua* 和异鲵属 *Xenobius* 骨骼的比较研究及其系统发育探讨. *两栖爬行动物学报*, 4(3): 209-218.