

## 角蟾亚科 3 物种皮肤的组织学观察

雷飞宙<sup>①②</sup> 江建平<sup>①</sup> 李成<sup>①</sup> 谢锋<sup>①\*</sup>

① 中国科学院成都生物研究所 成都 610041; ② 中国科学院研究生院 北京 100049

**摘要:**应用石蜡切片和 H. E 染色技术, 对角蟾亚科 3 个属的代表物种: 短肢异角蟾 (*Xenophrys brachykolos*)、宽头短腿蟾 (*Brachytarsophrys carinense*) 和小口拟角蟾 (*Ophryophryne microstoma*) 的皮肤进行了组织学观察及参数测量比较。分别取头背、体背和体腹 3 个部位的皮肤进行观察。结果表明, 3 物种的皮肤基本结构相似, 均由表皮和真皮组成, 真皮包括疏松层和致密层, 疏松层中有大量腺体分布, 包括黏液腺和颗粒腺 2 种。皮肤厚度、各组织层相对厚度以及腺体密度之间存在种间差异和部位差异。在宽头短腿蟾背部皮肤中, 发现了与尖吻山角蟾 (*Megophrys nasuta*) 皮肤中一种片层状、H. E 染色呈蓝色的皮肤真皮骨化结构 (osteoderms) 很相似的结构; 短肢异角蟾皮肤中有明显的钙化层结构, 小口拟角蟾皮肤钙化程度较弱。皮肤的骨化和钙化可能具有防止水分流失, 抵御干燥的功能。2 种内骨骼在角蟾亚科中同时存在, 为探讨两栖动物皮肤内骨骼的进化提供了重要的研究基础。

**关键词:**角蟾亚科; 皮肤; 钙化层; 皮肤骨化

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2012)03-20-08

## Histological Observation of Skin from Three Species of Megophryinae

LEI Fei-Zhou<sup>①②</sup> JIANG Jian-Ping<sup>①</sup> LI Cheng<sup>①</sup> XIE Feng<sup>①\*</sup>

① Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041;

② Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** We observed the skin structures of *Xenophrys brachykolos*, *Brachytarsophrys carinense* and *Ophryophryne microstoma*, representing three genera of Megophryinae respectively, using paraffin section and hematoxylin-eosin staining. Skins taken from dorsal head, dorsal and ventral trunk were observed. The skin structures of three species were similar, composed of epidermis and dermis. Dermis was made up of stratum spongiosum and stratum compactum. The stratum spongiosum abounded with two types of glands: mucus gland and granular gland. However, there were interspecific difference and inter-position difference in skin thickness and glands density. Osteoderms, which had laminate structure and were blue after staining with hematoxylin-eosin, were found in the skin of *B. carinense*, while the lamina calcarea was found in the skins of *X. brachykolos* and *O. microstoma*. However, the lamina calcarea was more developed in the skin of *X. brachykolos* than in *O. microstoma*. The functions of both structures of osteoderms and lamina calcarea could be water conservation and anti-desiccation. They exist in the Megophryinae, providing important clues for the research of integumentary skeleton evolution.

**Key words:** Megophryinae; Skin; Lamina calcarea; Osteoderms

\* 通讯作者, E-mail: xiefeng@cib.ac.cn;

第一作者介绍 雷飞宙, 女, 硕士研究生; 研究方向: 两栖动物保护生物学; E-mail: leifz@cib.ac.cn。

收稿日期: 2011-12-23, 修回日期: 2012-03-08

两栖动物在长期进化过程中,逐渐形成了广泛的生态适应性以及形态、生理、生化和行为的多样性。在适应和进化的过程中,两栖类的皮肤在维持它们的生存、适应广阔的栖息地及多样的生态环境中起着重要作用。皮肤作为与栖息环境直接接触的器官,在呼吸、调节水平衡、防御天敌、抵御病原微生物、调节温度、繁殖等诸多方面起了重要的作用<sup>[1-2]</sup>。我国两栖类动物的皮肤结构组织学研究,在有尾类<sup>[3-12]</sup>和无尾类中均有报道。无尾目中已报道皮肤结构的类群有角蟾科(Megophryidae)<sup>[13]</sup>、姬蛙科(Microhylidae)<sup>[14-15]</sup>、蛙科(Ranidae)<sup>[15-17]</sup>、蟾蜍科(Bufoidea)<sup>[15, 18]</sup>等。两栖类的皮肤基本结构相似,其形态结构与功能密切相关。上述文献报道中,蛙科、蟾蜍科和角蟾科的部分物种有钙化层的结构。本文拟对角蟾亚科皮肤结构形态做进一步研究。

角蟾亚科(Megophryinae),隶属于两栖纲(Amphibia)无尾目(Anura)角蟾科,除角蟾属(*Megophrys*)分布于东南亚外,其余 3 属在我国均有分布,包括异角蟾属(*Xenophrys*)、短腿蟾属(*Brachytarsophrys*)和拟角蟾属(*Ophryophryne*)<sup>[19]</sup>。本文用组织学技术观察研究角蟾亚科 3 个属的代表物种短肢异角蟾(*X. brachykolos*)、宽头短腿蟾(*B. carinense*)和小口拟角蟾(*O. microstoma*)的皮肤形态结构、皮肤腺体分布特征以及皮肤内骨骼的情况,为进一步了解角蟾科物种皮肤形态结构与其功能的关系提供基础资料,并对本亚科物种的皮肤内骨骼发育特征做较深入的分析。

## 1 材料与方法

观察用材料取自保存在中国科学院成都生物研究所的角蟾亚科 3 种共 5 只雄性标本,标本信息见表 1。

在 10% 福尔马林固定的标本上,分别取 6 mm × 6 mm 大小的头背、体背和体腹 3 个部位的皮肤。流水冲洗 24 h,转入 70% 乙醇。经逐级酒精脱水、二甲苯透明、石蜡包埋,Leica 石蜡切片机切片(横切),切片厚度为 6 ~ 8 μm, H. E 染色,中性树胶封片。

Leica DMRA2 显微镜观察并拍照,用 ImageJ 软件测量。每个部位的皮肤均取一张切片用来测量。在切片上平均取 6 个位点,测量每一位点处整体皮肤厚度、表皮厚度、真皮厚度、疏松层厚度和致密层厚度。测量切面的长度及黏液腺和颗粒腺的数量,并换算成长度为 1 cm 的数量。同时,测量腺体的长、短径。腺体个数少于 6 个的切片,测量每个腺体的长、短径,否则随机选取 6 个腺体测量。将同一物种不同个体同一部位的测量数据合并,采用 SPSS 18 进行数据统计分析。以 0.05 作为差异显著性的判断标准。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验(K-S 检验)对各组数据进行正态性检验,符合正态分布的数据做方差分析,不符合正态分布的数据做非参数检验。所有数据以平均值 ± 标准误的形式表示。

## 2 结果与分析

3 个物种不同部位的皮肤切片结果表明,

表 1 实验动物标本信息  
Table 1 Specimens information

物种名 Species name	标本号 Specimen number	头体长(mm) Snout-vent length	性别 Sex	采集地点 Collecting site
短肢异角蟾 <i>Xenophrys brachykolos</i>	20020233	37.78	♂	香港香港岛
短肢异角蟾 <i>X. brachykolos</i>	20020238	38.02	♂	香港香港岛
宽头短腿蟾 <i>Brachytarsophrys carinense</i>	20081024	85.18	♂	广西金秀
宽头短腿蟾 <i>B. carinense</i>	20081025	81.42	♂	广西金秀
小口拟角蟾 <i>Ophryophryne microstoma</i>	20050263	34.02	♂	广西防城

皮肤均分为表皮和真皮两部分。真皮由内外两层组成,外层为疏松层,内层为致密层。在疏松层中分布有 2 种腺体:黏液腺和颗粒腺。在宽头短腿蟾皮肤中发现了皮肤骨化(osteoderms)结构,是皮肤内骨骼(integumentary skeleton)的一种。

**2.1 表皮** 表皮为复层扁平上皮(图版 I:1A\*~3C\*),从外向内依次为角质层、颗粒层、棘细胞层和生发层。腹部表皮较背部厚,细胞层数多。(1)3 物种表皮角质层均具有 1 层细胞,细胞呈扁平状,可见少量细胞核,呈扁梭形,角化均匀,与颗粒层细胞区分明显(图版 I:1A\*~3C\*)。(2)皮肤颗粒层、棘细胞层界限不明,细胞形状不规则,多为多边形和椭圆形,排列非常疏松,有些部位只有 1 层细胞(图版 I:1A\*,1B\*,3B\*,3C\*)。在短肢异角蟾腹部表皮中,颗粒层和棘细胞层分层比较明显(图版 I:1C\*)。颗粒层细胞呈圆形、椭圆形或梭形,颗粒层向外推移,角化形成角质层。棘细胞层向外推移,细胞由大的多边形逐渐变小,细胞核由长椭圆形渐变为小椭圆形,形成颗粒层。(3)生发层位于表皮最内层,细胞排列紧密。生发层细胞为表皮干细胞,不断产生新的细胞向外推移,逐渐分化为各层细胞。

在宽头短腿蟾表皮与真皮之间发现有毛细血管的分布(图版 I:2C)。

**2.2 真皮** 疏松层基质呈匀质胶状,紧贴表皮下,黏液腺、颗粒腺排列于其中。(1)色素层主要分布在疏松层最外层,极少数扩散到表皮和致密层中。H. E 染色呈褐色或黑色。背部色素较腹部发达,彼此交织成网状或块状(图版 I:1A~3B)。短肢异角蟾腹部色素分布甚少(图版 I:1C),但在宽头短腿蟾和小口拟角蟾腹部真皮中分布了大量色素(图版 I:2C,3C)。(2)皮肤内骨骼位于色素层的下方。在短肢异角蟾背腹部皮肤中,有明显的钙化层结构(图版 I:1A,1B,1C),H. E 染色呈蓝色条带,没有细胞结构,背部钙化层较腹部发达。小口拟角蟾皮肤中也有少量细小的钙化层存在(图版 I:3A)。在宽头短腿蟾皮肤中的相同位置,有大

片蓝色物质(图版 I:2A,2B,红色箭头所指),整体呈条带状,其宽度占皮肤整体厚度的 1/5 至 1/3,具有片层状结构,基部具有横向排列的胶原束,有少量细胞分布,层状结构上部有少数钝性突起,伸向表皮,没有血管分布。在腹部皮肤色素层下方,有不连续的深蓝色结构(图版 I:2C),较发达,每一个单位呈弯曲状,并不与表皮平行,初步认为该结构是皮肤骨化。

致密层由排列紧密的胶原纤维呈平行波浪状交织而成,并有垂直排列的纤维束伸至表皮基底,在 H. E 染色条件下,致密层呈淡粉色,整体颜色较疏松层要深。

**2.3 皮肤腺** 黏液腺分布比颗粒腺广,背腹部均有,较颗粒腺小,有些分泌部中空,有些 H. E 染色呈淡蓝色。颗粒腺较大,腺腔内布满分泌物,H. E 染色呈红色(图版 I:3B)。2 种腺体均由分泌部和导管组成,多个腺上皮组成分泌部,并向凹陷于真皮疏松层内,呈球状结构;导管由柱状上皮细胞组成,与表皮细胞相连,开口于体表。颗粒腺主要在背部分布,但在小口拟角蟾中,腹部也有颗粒腺存在。

**2.4 皮肤各部位厚度比较** 不同物种、不同部位皮肤各部分之间的厚度有所差异。宽头短腿蟾体背部皮肤最厚,为(355 ± 31) μm,小口拟角蟾次之,为(105 ± 15) μm,短肢异角蟾最薄,为(104 ± 31) μm;对于腹部皮肤,宽头短腿蟾最厚,为(245 ± 70) μm,短肢异角蟾次之,为(112 ± 23) μm,小口拟角蟾最薄,为(67 ± 7) μm。宽头短腿蟾和小口拟角蟾腹部整体皮肤厚度均比背部皮肤薄,但短肢异角蟾相反,腹部皮肤稍厚。短肢异角蟾头背、体背和体腹表皮厚度分别占对应部位皮肤总厚度的 17.6%、20.1% 和 26.3%;宽头短腿蟾头背、体背和体腹表皮厚度分别占对应部位皮肤总厚度的 9.2%、8.4%、12.7%;小口拟角蟾头背、体背和体腹表皮厚度分别占对应部位皮肤总厚度的 20.8%、16.2%、25.5%。3 个物种均体现出腹部表皮占总厚度的比例高于背部的特征,同一物种腹部表皮和背部表皮厚度之间差异显著( $P < 0.05$ )。

**2.5 皮肤腺比较** 不同物种不同部位皮肤中

颗粒腺、黏液腺的数量以及长、短径见表 2 和表 3。宽头短腿蟾中的颗粒腺分布数量比另外 2 个物种少,但其长、短径均显著较大 ( $P <$

0.05)。黏液腺在 3 物种的 3 个部位均有分布,并且数量远多于颗粒腺。但是宽头短腿蟾皮肤中的黏液腺数量也较另外 2 个物种少。

表 2 角蟾亚科 3 物种的颗粒腺形态比较与分布

Table 2 Morphological comparison and distribution of granular gland in three species of Megophryinae

物种名 Species name	部位 Position	个数(个) Number	长径 Long diameter ( $\mu\text{m}$ )		短径 Short diameter ( $\mu\text{m}$ )	
			Min ~ Max	Mean $\pm$ SE	Min ~ Max	Mean $\pm$ SE
短肢异角蟾 <i>Xenophrys brachykolos</i>	头背 Dorsal skin of head	7	50 ~ 67	59 $\pm$ 7 (n = 4)	27 ~ 56	45 $\pm$ 14 (n = 4)
	体背 Dorsal skin of trunk	10	63 ~ 117	80 $\pm$ 19 (n = 8)	40 ~ 54	49 $\pm$ 5 (n = 8)
	体腹 Ventral skin of trunk	0				
宽头短腿蟾 <i>Brachytarsophrys carinense</i>	头背 Dorsal skin of head	2	160 ~ 165	163 $\pm$ 4 (n = 2)	106 ~ 111	109 $\pm$ 4 (n = 2)
	体背 Dorsal skin of trunk	1	168	168	93	93
	体腹 Ventral skin of trunk	0				
小口拟角蟾 <i>Ophryophryne microstoma</i>	头背 Dorsal skin of head	4	79 ~ 97	88 $\pm$ 13 (n = 2)	49 ~ 50	50 $\pm$ 1 (n = 2)
	体背 Dorsal skin of trunk	11	78 ~ 96	86 $\pm$ 7 (n = 4)	45 ~ 54	51 $\pm$ 4 (n = 4)
	体腹 Ventral skin of trunk	2	110	110	28	28

表 3 角蟾亚科 3 物种的黏液腺形态比较与分布

Table 3 Morphological comparison and distribution of mucus glands in three species of Megophryinae

物种名 Species name	部位 Position	个数(个) Number	长径 Long diameter ( $\mu\text{m}$ )		短径 Short diameter ( $\mu\text{m}$ )	
			Min ~ Max	Mean $\pm$ SE	Min ~ Max	Mean $\pm$ SE
短肢异角蟾 <i>Xenophrys brachykolos</i>	头背 Dorsal skin of head	26	39 ~ 122	77 $\pm$ 28 (n = 11)	28 ~ 104	55 $\pm$ 23 (n = 11)
	体背 Dorsal skin of trunk	30	42 ~ 91	62 $\pm$ 19 (n = 12)	23 ~ 56	38 $\pm$ 12 (n = 12)
	体腹 Ventral skin of trunk	59	43 ~ 74	57 $\pm$ 10 (n = 10)	31 ~ 56	40 $\pm$ 8 (n = 10)
宽头短腿蟾 <i>Brachytarsophrys carinense</i>	头背 Dorsal skin of head	18	61 ~ 137	93 $\pm$ 25 (n = 10)	40 ~ 70	56 $\pm$ 13 (n = 10)
	体背 Dorsal skin of trunk	14	49 ~ 121	80 $\pm$ 22 (n = 12)	19 ~ 77	45 $\pm$ 15 (n = 12)
	体腹 Ventral skin of trunk	5	42 ~ 79	55 $\pm$ 17 (n = 4)	28 ~ 56	37 $\pm$ 13 (n = 4)
小口拟角蟾 <i>Ophryophryne microstoma</i>	头背 Dorsal skin of head	13	49 ~ 62	54 $\pm$ 5 (n = 6)	22 ~ 31	27 $\pm$ 3 (n = 6)
	体背 Dorsal skin of trunk	25	39 ~ 59	46 $\pm$ 7 (n = 6)	27 ~ 39	32 $\pm$ 4 (n = 6)
	体腹 Ventral skin of trunk	28	27 ~ 64	39 $\pm$ 14 (n = 6)	17 ~ 27	20 $\pm$ 4 (n = 6)

### 3 讨论

**3.1 从皮肤结构看水陆适应进化** 短肢异角蟾生活在海拔 300~400 m 的山地小溪边,离水体较远;小口拟角蟾生活在小溪边被落叶所遮盖的石缝内,离水体也相对较远;宽头短腿蟾生活在海拔 900~2 450 m 植被较为繁茂的大小山溪或泉水沟中及其附近,对水体依赖性强<sup>[19]</sup>。可见,这 3 个物种中短肢异角蟾和小口拟角蟾以陆栖为主,宽头短腿蟾以水栖为主。短肢异角蟾、宽头短腿蟾和小口拟角蟾皮肤结构存在差异,这可能是长期生态适应进化的结果。

在短肢异角蟾和小口拟角蟾表皮中以及表皮与真皮相接处,没有发现毛细血管分布,在宽头短腿蟾的表皮中,发现少量毛细血管分布。3 个物种的表皮均有一定程度的角质化,在小口拟角蟾中尤为明显。一般认为,水栖性强的物种皮肤呼吸占较重要的地位,在结构上主要体现在两方面:(1)皮肤角质化程度低,通透性强,有利于皮肤呼吸<sup>[8]</sup>;而陆栖性强的物种角质化程度高,防止水分散失<sup>[13]</sup>。(2)毛细血管分布密集,表皮内存在微血管是两栖动物在长期演化中适应皮肤换气机能的结果。从个体发生过程来看,这些微血管是由真皮延伸至表皮内的。作为换气的结构基础,微血管愈靠近皮肤浅层,愈有利于与外界环境进行气体交换<sup>[17]</sup>。以上 2 个特征体现了角蟾亚科中不同类群的水陆适应进化水平的差异。

**3.2 色素层** 在 3 个物种中,色素层均比较发达。在宽头短腿蟾和小口拟角蟾中,腹部色素亦较多;在短肢异角蟾中,腹部基本没有色素分布。短肢异角蟾的皮肤色素处于聚拢状态;宽头短腿蟾的色素处于扩张状态,分布均匀;小口拟角蟾 2 种状态的色素均有。一般认为,两栖类动物皮肤分布的色素细胞,在光线和温度影响下,可通过扩展、聚拢的形态变化,引起体色的改变,起到调节体温的作用,或者形成保护色或警戒色<sup>[17]</sup>。温度低,日照时间短会使色素扩张,形成色素层,皮肤颜色加深,这有利于物种从外界环境吸收较多热量,以满足其新陈代谢

的需要;而温度高,日照时间长,其色素会聚拢,减少从外界吸收更多的热量。3 物种的色素分布有差异,可能与标本采集的时间不同有关系。

**3.3 皮肤内骨骼** 四足动物的皮肤内骨骼包括 3 种,皮肤骨化、真皮鳞片 (dermal scales) 和钙化层。两栖纲无尾目中包括 2 种,皮肤骨化和钙化层<sup>[20]</sup>。皮肤骨化在以下类群中有所报道<sup>[21-24]</sup>:1、雨蛙科 (Hylidae):叶泡蛙属 (*Phyllomedusa*) 的双色叶泡蛙 (*P. bicolor*) 和维兰叶泡蛙 (*P. vaillanti*);2、扩角蛙科 (Hemiphractidae):囊蛙属 (*Gastrotheca*) 的温兰囊蛙 (*G. wenilandii*);3、角蟾科:角蟾属的尖吻山角蟾 (*Megophrys nasuta*);4、肉腹蟾科 (Craugastoridae):肉腹蟾属 (*Craugastor*) 的奥斯提肉腹蟾 (*C. augusti*);5、角花蟾科 (Ceratophryidae):疣鳞蟾属 (*Lepidobatrachus*) 的利亚疣鳞蟾 (*L. llanensis*) 和角花蟾属 (*Ceratophrys*) 的克兰韦尔角花蟾 (*C. cranwelli*);6、短头蟾科 (Brachycephalidae):短头蟾属 (*Brachycephalus*) 的黄短头蟾 (*B. ephippium*)。皮肤骨化出现在较多的科属,但是仅在其中的少数物种中有所分布。皮肤骨化在不同物种中的分布不同、组织结构多样。在双色叶泡蛙和温兰囊蛙中,骨基板血管化,上端伸出的刺较尖,刺入表皮<sup>[21]</sup>;在尖吻山角蟾中,骨化结构是没有血管分布的,是由钙化的胶原束构成,大多数胶原束是平行的,还有少数垂直的胶原束存在<sup>[21]</sup>。皮肤骨化是随着个体的发育而慢慢出现的,在蝌蚪期和刚变态时期并没有这种结构的存在。其功能可能是保护真皮,同时防止水分流失<sup>[21-24]</sup>。我们在宽头短腿蟾中观察到的特殊结构与尖吻山角蟾的皮肤骨化结构<sup>[21]</sup>非常相似。到目前为止,在中国两栖类皮肤结构中尚未见到此类结构的报道。

本研究在短肢异角蟾和小口拟角蟾中同时发现了钙化层的结构。钙化层是脱细胞的矿化组织,又称为 E-K 层 (eberth-kastschenko layer)、GS 层 (ground substance layer),钙化层在无尾类中非常常见<sup>[25-26]</sup>,在隐林蛙科 (Aromobatidae)、蟾蜍科、角花蟾科、箭毒蛙科 (Dendrobatidae)、雨蛙科、滑背蟾科

(Leiuperidae)、细趾蟾科(Leptodactylidae)、姬蛙科、负子蟾科(Pipidae)、蛙科、角蟾科等科中的部分物种中存在。具有钙化层的物种绝大多数是陆栖性强的物种,但在雨蛙科 *Pseudis* 属中也有钙化层的存在,该属水栖性较强,陆栖性强的蟾蜍科中却有一些物种没有钙化结构<sup>[25]</sup>。钙化层主要成分是磷酸钙、蛋白聚糖、黏多糖。其功能是抵御干燥、作为钙的储存库调节钙平衡、体内外物质交换的一个屏障,也有可能钙化可以使皮肤变硬来防御天敌,也有可能是无尾类祖先真皮骨骼的残留。其起源尚不清楚<sup>[25]</sup>。

钙化层和皮肤骨化在皮肤中的位置相同,都在疏松层和致密层之间,但其结构具有差异,皮肤骨化在成体中才有,但钙化层在部分物种蝌蚪和成体中均存在<sup>[20]</sup>。钙化层的发育机制尚未清楚。从目前研究来看皮肤内骨骼可能是角蟾亚科的皮肤结构中的共有特征,但不同类群及物种在钙化和骨化程度上有所差异。除雨蛙科、角花蟾科外,角蟾科是迄今发现的又一个无尾两栖类中皮肤骨化和钙化同时存在的类群,其为探讨两栖动物皮肤内骨骼的进化提供了重要的研究基础。

## 参 考 文 献

- [1] Toledo R C, Jared C. Cutaneous granular glands and amphibian venoms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 1995, 111(1): 1-29.
- [2] 刘炯宇,江建平,谢锋,等. 两栖动物皮肤结构及皮肤抗菌肽. *动物学杂志*, 2004, 39(1): 112-116.
- [3] 杜春华. 新疆北鲵皮肤形态结构的观察. *塔里木农垦大学学报*, 1992, 4(2): 42-43.
- [4] 李红梅,姚锦仙. 红瘰疣螈皮肤的显微结构观察. *动物学杂志*, 2010, 45(6): 35-40.
- [5] 陆宇燕. 有尾两栖动物皮肤的比较研究. *经济动物学报*, 1999, 3(3): 34-37.
- [6] 陆宇燕,李丕鹏. 我国几种有尾两栖动物部分器官的机能形态学研究. *四川动物*, 1999, 18(1): 15-19.
- [7] 陆宇燕,王健,刘新海,等. 爪鲵皮肤的显微结构和呼吸作用(图版VI). *四川动物*, 2004, 23(3): 178-182.
- [8] 唐以杰,曾小龙,方昆阳. 中国大鲵皮肤的组织学观察. *广东科技*, 1999, (7): 26-27.
- [9] 王宁宁,刘绍龙,曾麟. 大凉疣螈皮肤的组织学观察. *四川动物*, 2011, 30(1): 66-68.
- [10] 吴淑辉,吕九全. 商城肥鲵皮肤的组织学观察. *河南师范大学学报:自然科学版*, 1994, 22(3): 109-112.
- [11] 徐剑. 无斑肥螈皮肤的组织学观察. *四川动物*, 2007, 26(2): 400-401.
- [12] 陈贵英,刘炯宇,江建平,等. 山溪鲵、西藏山溪鲵和龙洞山溪鲵的皮肤显微结构观察. *四川大学学报:自然科学版*, 2005, 42(增刊): 101-105.
- [13] 曹燕,谢锋,江建平. 齿突蟾属四个物种皮肤的组织学观察. *四川动物*, 2011, 30(2): 214-219.
- [14] 林文达,朱静,郭爱伟,等. 云南昆明地区三种蛙皮肤显微结构的比较. *四川动物*, 2008, 27(3): 420-423.
- [15] 吴文英. 环渤海九种无尾两栖动物皮肤的组织结构研究. 沈阳:沈阳师范大学硕士学位论文, 2011: 15-110.
- [16] 李洋,金磊,李昌春,等. 黑斑蛙、虎纹蛙和牛蛙皮肤的比较组织学. *安徽师范大学学报:自然科学版*, 2009, 32(5): 466-470.
- [17] 梁刚,王琼霞. 隆肛蛙皮肤及其腺体的显微结构特征. *动物学杂志*, 2004, 39(4): 73-76.
- [18] 张贤芳,张耀光,王志坚,等. 中华蟾蜍皮肤的组织学观察. *西南农业大学学报*, 2002, 24(5): 454-457.
- [19] 费梁,胡淑琴,叶昌媛,等. *中国动物志:两栖纲 中卷*. 北京:科学出版社, 2009: 328-477.
- [20] Vickaryous M K, Sire J Y. The integumentary skeleton of tetrapods: origin, evolution, and development. *Journal of Anatomy*, 2009, 214(4): 441-464.
- [21] Ruibal R, Shoemaker V. Osteoderms in anurans. *Journal of Herpetology*, 1984, 18(3): 313-328.
- [22] Campos L A, Da Silva H R, Sebben A. Morphology and development of additional bony elements in the genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 2010, 99(4): 752-767.
- [23] Lynch J D. Relationships of the frogs of the genus *Ceratophrys* (Leptodactylidae) and their bearing on hypotheses of Pleistocene forest refugia in South America and punctuated equilibria. *Systematic Zoology*, 1982, 31(2): 166-179.
- [24] Fabrezi M. Morphological evolution of Ceratophryinae (Anura, Neobatrachia). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 2006, 44(2): 153-166.
- [25] Toledo R C, Jared C. The calcified dermal layer in anurans. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 1993, 104(3): 443-448.
- [26] Mangione S, Garcia G, Cardozo O M. The Eberth-Katschenko layer in three species of ceratophryines anurans (Anura: Ceratophryidae). *Acta Zoologica*, 2011, 92(1): 21-26.

## 图 版 说 明

1. 短肢异角蟾(20×); 2. 宽头短腿蟾(10×); 3. 小口拟角蟾(20×)。A. 头背部皮肤; B. 体背部皮肤; C. 体腹部皮肤。编号中带\* 示表皮局部放大。

### Explanation of Plate

1. *X. brachykolos* (20×); 2. *B. carinense* (10×); 3. *O. microstoma* (20×). A. Dorsal skin of head; B. dorsal skin of trunk; C. ventral skin of trunk. Numbers with \* figured partial enlargement of epidermis.

E. 表皮; D. 真皮; SS. 疏松层; SC. 致密层; SCO. 角质层; SGR. 颗粒层; SSP. 棘细胞层; SGE. 生发层; MG. 黏液腺; GG. 颗粒腺; PC. 色素细胞; LC. 钙化层; GSD. 腺分泌管; BV. 血管; CV. 毛细血管; OS. 皮肤骨化(红色箭头所指)。

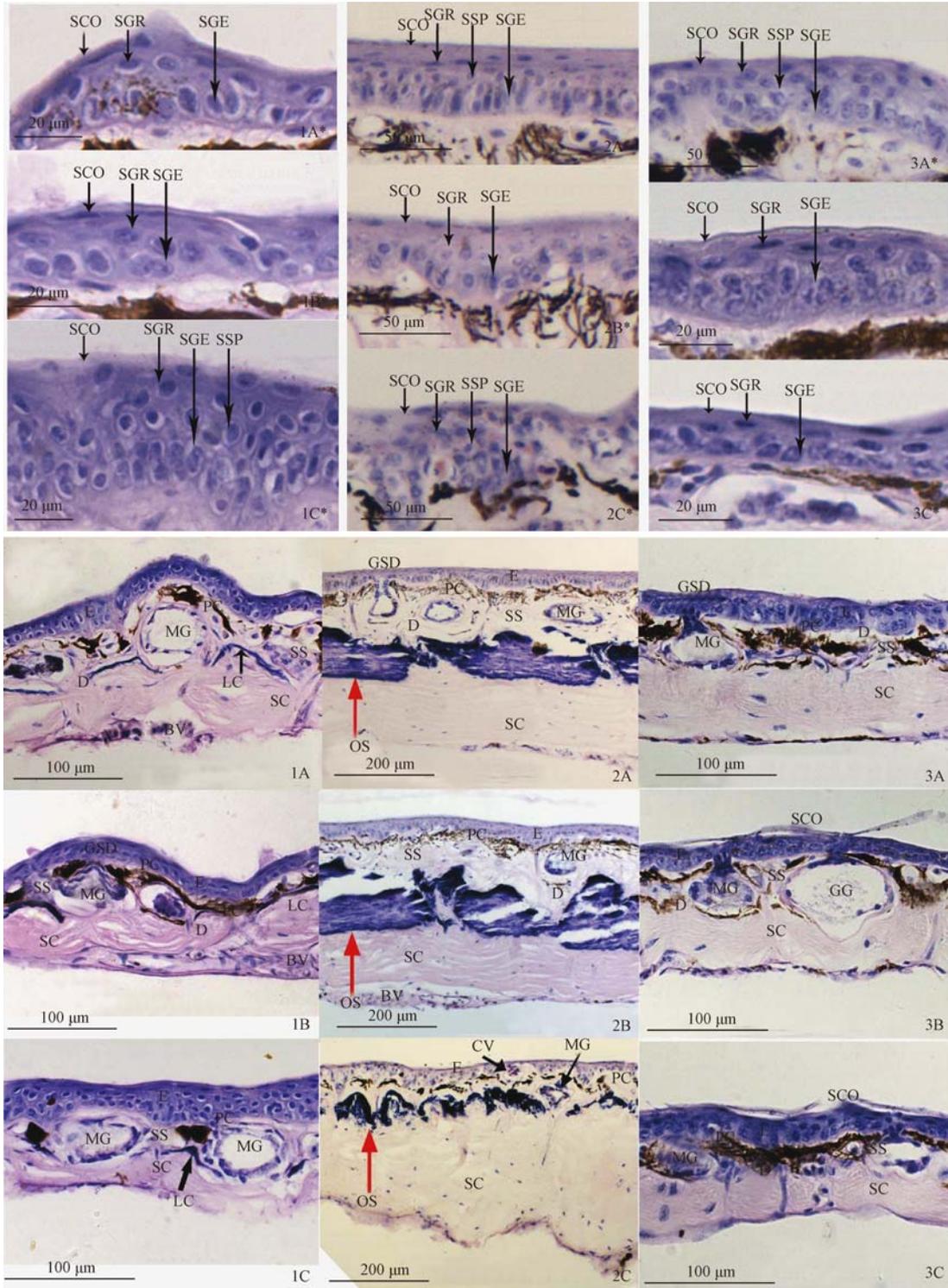
E. Epidermis; D. Dermis; SS. Stratum spongiosum; SC. Stratum compactum; SCO. Stratum comeum; SGR. Stratum granusum; SSP. Stratum spinsum; SGE. Stratum germinativum; MG. Mucous gland; GG. Granular gland; PC. Pigment cell; LC. Lamina calcarea; GSD. Gland secretory duct; BV. Blood vessel; CV. Capillary vessel; OS. Osteoderms (red arrows).

雷飞宙等:角蟾亚科 3 物种皮肤的组织学观察

图版 I

LEI Fei-Zhou *et al.* :Histological Observation of Skin of Three Species in the Megophryinae

Plate I



图版说明见文后