



实验树鼯主要内分泌器官的组织学观察

匡德宣, 孙晓梅, 陆彩霞, 王文广, 仝品芬, 殷安国, 李晓飞, 代解杰

(中国医学科学院/北京协和医学院医学生物学研究所树鼯种质资源中心,
云南省重大传染病疫苗研发重点实验室, 昆明 650118)

【摘要】 目的 了解树鼯主要内分泌器官的组织学结构特征, 建立树鼯正常的内分泌器官组织学图谱。**方法** 选取人工饲养的健康树鼯10只, 麻醉后放血处死和病理解剖, 对甲状腺、甲状旁腺、肾上腺及脑垂体进行病理大体检查和取材, 常规病理制片, 采用常规组织HE染色技术, 显微镜下观察组织学结构。**结果** (1) 甲状腺呈淡黄色, 位于气管两侧, 在第2~4气管软骨环之间, 呈板状, 表面包有薄层被膜, 被膜伸入甲状腺实质内分成若干小叶。小叶内有滤泡和滤泡旁细胞, 滤泡腔内可见红染胶质。(2) 甲状旁腺每侧一个, 位于甲状腺侧或中部外表面, 稍被甲状腺覆盖, 呈圆形或卵圆形, 其实质由主细胞和嗜酸性细胞组成, 并可见腺泡样结构。(3) 脑垂体位于蝶鞍内, 没有垂体隐窝, 垂体有腺垂体和神经垂体两部分组成, 表面包有结缔组织被膜。腺垂体分为远侧部、中间部和结节部, 神经垂体由神经部和漏斗部组成。(4) 肾上腺呈卵圆形, 赭黄色, 位于肾门侧, 与肾相连。肾上腺外包被膜, 实质明显区分为皮质和髓质两部分。皮质从外到内可分为球状带、束状带和网状带。球状带最厚, 束状带最薄, 网状带介于中间。髓质部细胞形成团块或网状, 髓质中央有静脉。**结论** 基本建立了树鼯内分泌器官组织学图谱, 其在组织形态学上接近于灵长类动物, 可以为研究树鼯内分泌器官的功能和病变, 以及建立人类相关疾病的动物模型提供组织学依据。

【关键词】 树鼯; 内分泌器官; 组织学

【中图分类号】 R33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856(2014) 06-0035-05

doi: 10.3969/j.issn.1671.7856.2014.006.008

Histological observation of the major endocrine organs in laboratory tree shrews

KUANG De-xuan, SUN Xiao-mei, LU Cai-xia, WANG Wen-guang, TONG Pin-feng, YIN An-guo, LI Xiao-fei, DAI Jie-jie
(Center of Tree Shrew Germplasm Resources, Institute of Medical Biology, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Yunnan Key Laboratory of Vaccine Research & Development on Severe Infectious Diseases, Kunming 650118, China)

【Abstract】 Objective To understand the histological characteristics of the major endocrine organs of tree shrew, and provide a normal histological atlas of endocrine organs of tree shrew. **Methods** Ten artificially fed healthy tree shrews were killed and dissected after anesthesia. The thyroid, parathyroid, adrenal and pituitary glands were observed by gross inspection and samples were taken for routine histological examination with HE staining. **Results** (1) The thyroid gland was pale yellow, located on both sides of the 2-4 tracheal rings. The thyroid gland was plate-shaped, its surface was covered with a thin fibrous capsule. The thyroid parenchyma was divided into several lobules by stretched capsule

【基金项目】“十一五”国家科技支撑计划项目(编号:2011BAI15B01-21;2012BAI39B01;2014BAI01B01);云南省科技创新计划平台项目(编号:2013DA002);云南省应用基础面上项目(编号:2011FZ211;2013FZ132)。

【作者简介】 匡德宣(1974-), 男, 副研究员, 硕士, 从事实验动物疾病模型工作, E-mail: kdx@imbcams.com.cn。

【通讯作者】 代解杰(1961-), 男, 研究员, 博士生导师, E-mail: djj@imbcams.com.cn。

membrane. Follicular and parafollicular cells were distributed in the lobules, and red colloid was present in follicular cavity. (2) Each side had one parathyroid, located on the cranial or the outer surface of the middle part of the thyroid gland, and was slightly covered by thyroid. The gland was round or oval, and its parenchyma was made up of the principal cells and eosinophil cells, and acinar structure appeared in the parenchyma. (3) The adrenal glands were oval, yellow color, located in the renal hili, and linked to the kidneys. They were surrounded by a thin capsule. The parenchyma was divided into cortex and medulla. The cortex was divided into zona glomerulosa, zona fasciculata and zona reticularis from outside to inside. The zona glomerulosa was the thickest layer and the zona fasciculata was the thinnest. The medulla cells formed clumps or mesh, with central vein in the central part. (4) The pituitary gland was located in the sella turcica, with no recessus hypophysis. The pituitary gland was composed of the adenohypophysis and neurohypophysis. Its surface was covered with a connective tissue capsule. The pituitary gland was divided into distal part, middle part and pars tuberalis. neurohypophysis was made up of neural and pars infundibularis. **Conclusions** The histological atlas of endocrine organs in the tree shrew is established, which is close to that of the primate animals in the morphology, and provide histological evidence for the study of tree shrew endocrine organs and disorders, as well as the animal model of human diseases.

【Key words】 Tree shrews; Endocrine organs; Pituitary gland; Thyroid gland; Parathyroid gland; Adrenal gland; Histology

内分泌系统由独立的内分泌器官(脑垂体、甲状腺、甲状旁腺、松果体和肾上腺)和其他器官内的内分泌组织(胰腺内的胰岛、卵巢内的黄体、睾丸内的间质等)以及散在的内分泌细胞组成。内分泌腺分泌高效能的有机化学物质(称为激素),激素直接进入周围的血管和淋巴管中,由血液和淋巴液将激素输送到全身的靶细胞、靶组织或靶器官,发挥兴奋或抑制作用^[1,2]。树鼯(tree shrew, *Tupaia belangeri*),又称北方树鼯(northern tree shrew),是外形酷似松鼠的小型哺乳动物,动物学分类地位属于介于食虫目与灵长目之间攀鼯目(*Scandentia*),其新陈代谢、生理机能、大体解剖和基因组与人类具有相似性等特点,已被广泛应用于医学和生物学研究领域,可能成为替代灵长类动物的值得选择的小型实验动物^[3,4]。以往学者侧重于树鼯的养殖学研究,而形态学研究甚少,有关树鼯内分泌器官的组织学研究至今未见报道。本文以树鼯内分泌器官为对象,对其组织形态结构特征进行了初步观察研究,旨在为树鼯在生理学、病理学、比较解剖学、人类相关疾病模型制作及药物临床前安全性评价等领域中的应用提供形态学依据资料。

1 材料和方法

1.1 实验动物

10 只人工驯养经筛选健康合格的成年仔一代树鼯(中缅树鼯滇西亚种),由中国医学科学院医学生物研究所提供[SCXK(滇)K2013-0001, SYXK(滇)K2013-0001]。体重(120~140)g,年龄为8~10月龄,雌雄各半,在普通环境中用全价营养饲料

饲养,自由饮水,动物健康状况良好。

1.2 主要试剂和仪器

戊巴比妥、4%多聚甲醛、戊巴比妥、苏木素染液、伊红染液、盐酸乙醇分化液、二甲苯、梯度浓度乙醇等。电子天平:(Mettler Toledo PL2002-IC, d=0.01g 和 Acculab ALC-210, d=0.1mg),光学显微镜(Nikon-Eclipse 50I),全自动脱水机(Shandon Excelsior ES),全自动染色机(Leica, Autostainer XL),Leica 组织切片机(ASP 300)等。

1.3 实验方法

1.3.1 解剖:解剖前树鼯禁食禁水 12~14 h,腹腔注射戊巴比妥(50 mg/kg)麻醉树鼯,股动脉放血处死。立即解剖取内分泌器官(脑垂体、甲状腺、甲状旁腺和肾上腺)各组织标本,进行照相测量。

1.3.2 固定取材:将标本置放于广口玻璃容器中,加入 10% 中性甲醛溶液,固定液量约为标本体积的 5 倍,固定时间 72 h 以上。取材时组织块长度不超过 2 cm,厚度(0.2~0.3)cm,因组织内分泌器官为小器官组织,尽量保存器官的完整性,避免将其切为碎块。

1.3.3 脱水、包埋、制片:Shandon Excelsior ES 全自动脱水机脱水透明,常规石蜡包埋,连续切片,厚度为 3 μ m;Leica, Auto stainer XL 全自动染色机 HE 染色、封片。

1.3.4 读片照相:在组织学光学显微镜(Nikon-Eclipse 50I)下进行观察读片,图像采集使用的物镜倍数依次为 10 倍、20 倍及 40 倍,表示为 10 $\times$ 、20 $\times$ 、40 $\times$,用计算机对图像进行标注并拍照。

2 结果

2.1 甲状腺

树鼩甲状腺淡黄色,位于气管两侧,在第 2~4 气管软骨环之间,呈板状,长约 5 mm,宽约为 2 mm,两腺体之间无峡相连。重量为 (17.45 ± 1.80) mg。树鼩甲状腺和其他哺乳动物一样,表面包有纤维结缔的被膜,被膜伸入甲状腺实质内分成若干小叶。小叶内有滤泡和滤泡旁细胞,腺泡之间为网状结缔组织和微血管所填充。

2.1.1 滤泡:树鼩甲状腺每个小叶内含 20~40 个大小不同的滤泡,滤泡有单层的矮立方上皮细胞组成,滤泡腔充满滤泡上皮细胞分泌的胶状物质,在 HE 染色片中呈淡红色。但由于各滤泡胶状物质的浓度、组分不一,其着色也不完全一致。(图 1-A)。

2.1.2 滤泡旁细胞:在滤泡之间和滤泡中可见到单个或几个聚集在一起的 C 细胞(又称为滤泡旁细胞、降血钙素细胞、含降血钙素细胞、主质细胞),胞体较大,呈圆形、卵圆形或不规则状。核为圆形,胞质内不含有类胶质颗粒,苏木精-伊红染色,胞质着色较浅,含有细小的颗粒,又称明细胞。(图 1-B)。

2.2 甲状旁腺

树鼩甲状旁腺每侧一个,位于甲状腺侧部或中部外表面,稍被甲状腺覆盖,呈圆形或卵圆形,直径约为 1 mm,在固定标本中颜色较甲状腺深,而在新鲜标本中则较浅淡。甲状旁腺实质由主细胞(暗主细胞和淡主细胞)、嗜酸性细胞(暗嗜酸性细胞和淡嗜酸性细胞)组成,并可见腺泡样结构和脂肪细胞。(图 2-A)。

2.2.1 主细胞:主细胞数量较多,构成腺体的主体,细胞呈圆形或多边形,体积较小,胞核圆形或卵圆形,位于中央,异染色质多,故染色较深,胞质弱嗜酸性,呈淡红色。(图 2-B)。

2.2.2 嗜酸性细胞:嗜酸性细胞数量较少,分布于腺小叶之间的结缔组织内。在 HE 染色标本中,嗜酸性细胞体积较大,呈多边形,胞核小而圆,染色较深,胞质内充满嗜酸性颗粒,故呈强嗜酸性。(图 2-B)。

2.3 脑垂体

树鼩脑垂体位于蝶鞍内,没有垂体隐窝,重量为 (8.58 ± 1.18) mg,类似于灵长类,垂体有腺垂体和神经垂体两部组成,表面包有结缔组织被膜。腺垂体分为远侧部、中间部和结节部,神经垂体由神

经部和漏洞部组成。远侧部又垂体前叶,神经部和中间部合称后叶。前叶较大,略呈卵圆形,后叶较小,中间部和结节部更小,肉眼不易分辨。(图 3-A)。

2.3.1 腺垂体:远侧部:占垂体的大部分,约占垂体面积的 80%。腺细胞排列成团状或索状,其间有少量结缔组织和丰富的毛细血管,HE 染色呈深红色,根据细胞大小、胞质比例、核的颜色,远侧部含有 3 种细胞,即嗜酸性细胞、嗜碱性细胞和嫌色细胞。其中数量较多、轮廓清晰是嗜酸性细胞,该细胞圆形或卵圆形,体积大,胞质多,核圆形,位于细胞中央,HE 染色后呈深红色;数量较少的是嗜碱性细胞,呈卵圆形或多边形,大小不一,界限清晰,胞质较少,核为淡紫色;嫌色细胞数量最多,呈零星分布,其细胞最小,为圆形或多边形,无胞质或者胞质很少,细胞膜模糊,核呈红色,核膜清晰,核仁明显。远侧部与中间部相接触的细胞多数为嗜酸性细胞,此处垂体门脉毛细血管。(图 3-B)。

中间部:较小,HE 染色呈深紫色,位于神经垂体和腺垂体远侧部之间的狭长区域。由嗜碱性细胞和嫌色细胞组成,还有少量由立方细胞围成的大小不等的滤泡,泡腔内含胶质。细胞的形态与远侧部相似。

结节部:呈套状包围着神经垂体的漏斗,内含丰富的血窦。腺细胞主要是嗜碱性细胞和嫌色细胞,也有少量嗜酸性细胞,它们沿血管纵向呈团状或索状排列于其间,细胞的形态与远侧部相似。

2.3.2 神经垂体:神经垂体主要由神经内分泌细胞的轴突构成的无髓神经纤维束、窦状毛细血管及神经胶质细胞等构成。无髓神经纤维束遍布神经垂体各处,发出许多分枝伸入腺垂体各部与腺垂体中的细胞或血管发生联系。窦状毛细血管周围镶嵌许多形态各异(多为梭形)、深红色的赫令氏体,尼氏染色显示赫令氏体呈致密的斑块状。神经胶质细胞又叫垂体细胞,其形态多样,常有数个突起,分为扁平的 N 型和圆的 O 型细胞。(图 3-C)(图 1~3 见封三)。

2.4 肾上腺

树鼩肾上腺呈卵圆形,赭黄色,长约 5 mm,宽约 2 mm,位于肾门侧,与肾相连。重量为 (36.87 ± 10.13) mg。树鼩肾上腺外包被膜,实质明显区分为皮质和髓质两部分。被膜组织深入皮质形成纵隔。(图 4-A)。

2.4.1 皮质部:皮质部从外到内可分为球状带、束状带和网状带。球状带最薄,束状带最厚,网状带介于中间。

球状带(又称弓状带):位于被膜下方,较薄,染色较深,细胞紧密排列,呈弓状,细胞之间有少量结缔组织和丰富的血窦,球状带可见 2 种细胞:一种为暗细胞,数量较多,呈立方形或多边形,胞核圆形,较大,位于中央,核仁清晰,胞质较少,含有脂滴。另一种为明细胞,数量较少,呈圆形或卵圆形,胞核圆形,较小,偏于一侧,染色较深,不见核仁,胞质几乎不着色,不见脂滴。(图 4-B)。

束状带:位于球状带深面,最厚,染色较浅,细胞整齐排列呈条索状,细胞索之间有丰富的窦状毛细血管和少量的结缔组织。束状带可见明、暗 2 种细胞,但以暗细胞较多。细胞较大,呈多边形,细胞核大而圆,染色较淡,核仁明显。胞质较多,嗜酸性,细胞含大量脂滴,经制片处理呈空网状。(图 4-C)。

网状带:位于束状带深部,接近髓质,不同的个体或不同的部位,厚薄不同,有的网状带可深入束状带,甚至接近球状带,网状带可见明、暗 2 种细胞,但以暗细胞为主,细胞呈多边形,比束状带细胞小,细胞核小而圆,染色较深,位于中央,核仁清晰。胞质较多,嗜酸性,细胞含大量脂滴和脂褐素颗粒,细胞相互交织呈网状,细胞索间有大量窦状毛细血管和少量结缔组织存在。(图 4-D)。

2.4.2 髓质部:髓质部位于网状带的深部,腺体中央,主要由髓质细胞组成,细胞排列成团块或索状,并互相连成网,其间含有大小不等的窦状毛细血管和少量结缔组织。髓质细胞分为明、暗 2 种细胞,明细胞占大多数,暗细胞较少。髓质中可见到中央静脉。(图 4-E)(图 4 见封底)。

3 讨论

3.1 关于甲状腺的组织结构

以往研究表明,从两栖类到陆生哺乳类,甲状腺的一般形态结构基本相同^[5]。本研究的观察结果与之相符,即甲状腺的实质由滤泡和滤泡旁细胞组成。滤泡旁细胞又称 C 细胞,是合成、贮存、释放降钙素的内分泌细胞,对机体代谢具有重要作用^[6]。哺乳类的滤泡旁细胞还含有生长抑素、去甲肾上腺素、P 物质和血管活性肠肽等^[1]。在鱼类、两栖类、爬虫类和鸟类的 C 细胞形成单独的细胞团

块,而哺乳类在腮后体并入甲状腺,构成的另一重要部分。树鼯 C 细胞呈圆形或椭圆形,胞核圆形,HE 染色胞浆呈淡红色,其胞体明显大于滤泡细胞,与其它哺乳动物甲状腺 C 细胞的形态是相似的^[7]。在人和猕猴 C 细胞主要聚集存在为主,特别是在狗和豚鼠,但在树鼯 C 细胞主要是单个存在,与金丝猴相似^[8]。树鼯滤泡腔内通常充满胶质,滤泡上皮细胞多呈扁平形,这与恒河猴、果子狸相似^[9,10]。树鼯甲状腺组织结构观察未发现和其它实验动物之间有明显的比较组织学意义,且无明显的性别差异。

3.2 关于甲状旁腺的组织结构

树鼯甲状旁腺的组织结构与灵长类动物基本相似^[8,9]。大多数哺乳动物,如小鼠、大鼠、豚鼠、地鼠、兔和狗等的甲状旁腺只含有主细胞^[11-13];人甲状旁腺的组分通常分为主细胞和嗜酸性细胞 2 种^[14];台湾猴、恒河猴、白颊长臂猿和金丝猴等含有 2 种细胞,且进一步分为暗主细胞、淡主细胞、暗嗜酸性细胞和淡嗜酸性细胞^[8]。本研究观察到,树鼯的甲状旁腺细胞也可分为 4 种类型,并且从细胞数量关系来看,由多到少依次为暗主细胞、淡主细胞、暗嗜酸性细胞和淡嗜酸性细胞;从细胞大小关系来看,从大到小依次为淡嗜酸性细胞、暗嗜酸性细胞、淡主细胞和暗主细胞。此外,还观察到树鼯的甲状旁腺可形成腺泡样结构,并且存在单个和成群的脂肪细胞。在金丝猴中观察到一种透明细胞,有学者在人也观察到类似的细胞,但本研究在树鼯中未见到这类细胞。

3.3 关于脑垂体的组织结构

本试验结果表明,树鼯脑垂体位于蝶鞍内,没有垂体隐窝,树鼯脑垂体组织学形态结构与其它动物及人类垂体相似,垂体的各种细胞各有其超微结构特征,根据其胞体和胞核的形态,分泌颗粒的有无、形态、大小、数量、电子密度和分布等,分类并不困难^[22-25]。据报道^[26],在兔和啮齿类动物之间并无明显差异,和其他实验动物相比,毕格犬的垂体分叶十分明显,且垂体中间部较宽,中间部内有许多独特的与人类垂体相似类似滤泡的腺腔结构,此种腺腔结构在其他实验动物均未发现,它主要位于垂体中间部的边缘,大小不等,腔内有均质状胶体分泌物。常用实验动物之间在脑垂体组织学结构方面有一定差异,这种组织形态结构的差异对于相关人类疾病的动物实验研究具有一定的比较组织学意义,且无明显的性别差异^[27]。树鼯神经垂体中

各神经内分泌颗粒的类型和特征,以及神经纤维类型和腺垂体中各类激素分泌细胞的分类和分布还有待于通过免疫组织化学技术及电镜技术进一步研究。

3.4 关于肾上腺的组织结构

树鼩肾上腺组织结构犬、兔、啮齿类等多种哺乳动物及人类相似,由皮质和髓质两部分组成,皮质部有明显的球状带、束状带及网状带结构^[15-17]。据报导,犬的肾上腺球状带十分发达,其内有明显的结缔组织将球状带内的细胞群分隔开来^[18]。啮齿类动物肾上腺皮质的球状带极薄,结构不明显^[19]。牛类的肾上腺球状带细胞内含有大小不等的嗜酸性小体,但其意义未明,有待进一步进行超微结构的研究^[20,21]。树鼩肾上腺的球状带细胞排列成弓形,因此又称之为弓形带。树鼩肾上腺组织结构观察和其它实验动物肾上腺组织学结构有一定差异,这种组织形态结构的差异对于相关人类疾病的动物实验研究具有一定的比较组织学意义,且无明显的性别差异。

树鼩是作为新型的灵长类实验动物,与人类亲缘关系密切,其内分泌器官总体结构特点是:腺细胞排列成索状、团状或围成滤泡状,没有排送分泌物的导管,毛细血管丰富。内分泌器官分泌的各种激素对机体各器官的生长发育、机能活动、新陈代谢起着十分复杂而又十分重要的调节作用。探讨树鼩内分泌器官的组织学特征可为其正常组织形态的标准化提供资料,为后续研究树鼩内分泌器官的功能及调节机制奠定基础。

参考文献:

- [1] 石玉秀. 组织学与胚胎学 [M]. 人民卫生出版社, 1998:186-187.
- [2] 黄韧, 谭文雅, 程树军, 等. 恒河猴组织学 [M]. 广东科技出版社, 2010:138-160.
- [3] Fan Y, Huang ZY, Cao CC, Chen CS, et al. Genome of the Chinese tree shrew [J]. Nat Commun, 2013, 4:1426 (DOI: 10.1038/ncomms2416).
- [4] 许凌, 范宇, 蒋学龙, 等. 树鼩进化分类地位的分子证据 [J]. 动物学研究, 2013, 34(2):70-76.
- [5] 侯亚义, 王文, 韩晓冬. 江豚甲状腺和肾上腺的超微结构 [J]. 电子显微学报, 2000, 19(2):143-148.
- [6] 苏敏, 牛恕森, 田东萍, 等. 人甲状腺 C 细胞的免疫组织化学研究 [J]. 西安医科大学学报, 1994, 15(3):261-263.
- [7] Teitlebaum SL, Moore KE, Shieber W. Parafollicular cells in the normal human thyroid [J]. Nature, 1971, 230:334-355.
- [8] 张耀平, 刘瑞麟, 彭燕章, 等. 金丝猴的甲状腺和甲状旁腺 [J]. 解剖学杂志, 1984, 15(2):216-221.
- [9] 张媛, 李玉谷, 程树军, 等. 恒河猴甲状腺与甲状旁腺的组织学观察 [J]. 中国兽医科技, 2006, 36(02):131-134.
- [10] 刘自逵, 刘进辉, 曹寿先, 等. 果子狸甲状腺、肾上腺、脑垂体形态结构的研究 [J]. 经济动物学报, 1999, 3(2):20-24.
- [11] Chase EB. The effect of relaxin on parathyroid histology in the mouse [J]. Anat Record, 1964, 149:309.
- [12] Manning JP, Steinetz BG, Priester SF, et al. Lack of effect of relaxin or steroids on the histology of the mouse parathyroid gland [J]. Anat Record, 1965, 153:225-231.
- [13] 高福莲, 李淑英, 汪艳丽, 等. 雌兔甲状旁腺的结构与位置 [J]. 新乡医学院学报, 1996, 13(1):21-24.
- [14] 成令忠. 组织学与胚胎学 [M]. 北京:人民卫生出版社, 1996, 4:146-147.
- [15] 姜俸蓉, 许庭良, 梁文妹, 等. 人胎儿肾上腺的组织发生 [J]. 解剖学报, 1998, 29(1):102-105.
- [16] 黄复深, 康梦松, 王布蓝, 等. 中华竹鼠肾上腺的组织学观察 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2011, 27(1):53-55.
- [17] 乌云, 苏布登格日乐, 都格尔斯仁. 驯鹿肾上腺组织学研究 [J]. 内蒙古畜牧科学, 2000, 21(4):14-15.
- [18] 黄韧. 比格犬描述组织学 [M]. 广州:广东科技出版社, 2006:54-55.
- [19] 杨安峰, 王平. 大鼠的解剖和组织 [M]. 北京:科学出版社, 1985. 210-211.
- [20] 赵善廷, 王士平, 秦传芳, 等. 牦牛肾上腺的组织学观察 [J]. 中国牦牛, 1991, 2:36-38.
- [21] 康顺之, 刘进辉. 中国水牛肾上腺光镜和电镜观察 [J]. 湖南农学院学报, 1994, 20(1):82-85.
- [22] 李玉谷, 张媛, 钟毅敏, 等. 恒河猴脑垂体远侧部细胞的电镜观察 [J]. 中国兽医学报, 2002, 22(1):56-58.
- [23] 刘文生, 李勇. 乌龟脑垂体显微及其腺垂体超微结构的研究 [J]. 水生生物学报, 2005, 29(6):661-666.
- [24] 石长青, 安铁洙, 谭建华. 哺乳动物脑垂体研究进展 [J]. 塔里木农垦大学学报, 2003, 15(3):14-18.
- [25] 潘琼, 杨炳壮, 李瑞明, 等. 广西本地水牛垂体的形态学与组织学观察 [J]. 基因组学与应用生物学, 2009, 28(6):1097-1100.
- [26] 陈秋生. 兽医比较组织学 [M]. 北京:中国农业出版社, 2002:127-140.
- [27] 周光兴, 朱萍妹, 赵为之. 常用实验动物内分泌器官的比较组织学特点 [J]. 实验动物与比较医学, 2002, 23(3):187.

[修回日期]2014-04-20