

蛤蚧豆状核的结构及其与顶盖前端的纤维联系

廖锦锋^① 伍冠一^① 姜世英^① 潘盛武^① 马殷华^② 唐宗湘^{①③*}

(^① 广西师范大学生命科学学院 桂林 541004; ^② 广西师范大学学报编辑部 桂林 541004;

^③ Johns Hopkins University, MD 21205)

摘要: 运用 Nissl 法和辣根过氧化物酶(horseradish peroxidase, HRP)追踪标记技术, 研究蛤蚧(*Gekko gekko*)豆状核的结构及其与顶盖前端的纤维联系。Nissl 染色显示 蛤蚧豆状核细胞大小没有明显差别, 由背内侧细胞密集部和腹外侧细胞稀疏部组成。将 HRP 注射于顶盖前端, 结果豆状核背内侧部和腹外侧部分别接受同侧顶盖前端脑室内、外侧纤维的传入, 核内标记有浓密的神经丛和大量纤维末梢, 并在该核腹外侧部及其邻近区域发现少量大胞体标记细胞。推测豆状核腹外侧部的大胞体细胞及其邻近区域的大胞体细胞可能具有相同的功能, 且该核可能形成离顶盖通路和副视系统相联系的交通要道。

关键词: 顶盖; 豆状核; 离顶盖; 副视系统; 蛤蚧

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2006)05-18-07

The Structure of Nucleus Lentiformis Mesencephali and its Fiber Connection with Anterior Tectum in Lizard *Gekko gekko*

LIAO Jin-Feng^① WU Guan-Yi^① JIANG Shi-Ying^① PAN Sheng-Wu^①

MA Yin-Hua^② TANG Zong-Xiang^{①③}

(^① College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004;

^② Editorial Department of Journal of Guangxi Normal University, Guilin 541004, China;

^③ Johns Hopkins University, MD 21205, USA)

Abstract: Using the Nissl-staining and HRP labeling methods, the structure of pretectal nucleus lentiformis mesencephali (LM) and the fiber connection between LM and anterior tectum were observed in lizard *Gekko gekko*. The Nissl-staining shows that LM can be divided into a dorsomedial part and a ventrolateral part. The neurons in the former are much denser than those in the latter, but neurons from the two parts are similar in size. Following HRP injections into the anterior tectum, afferents from medial and lateral of tectum arborize respectively in the dorsomedial and ventrolateral parts of ipsilateral LM, where the bushy nerve cluster and dense terminals are labeled. There are some large labeled neurons in the ventrolateral and the vicinity of LM. We speculate that these large neurons may have the same function and that LM may play an important role in the contact between the tectofugal pathway and the accessory optic system.

Key words: Tectum; Nucleus lentiformis mesencephali; Tectofugal; Accessory optic system; *Gekko gekko*

爬行类的中枢视觉结构包括了 3 条主要的通路: 离顶盖通路(the tectofugal pathway)、离丘脑通路(the thalamofugal pathway)和副视系统(the accessory optic system)。副视系统主要包括 2 个核团: 基底视束核(the nucleus of the basal optic root, nBOR)和豆状核(nucleus lentiformis

基金项目 广西留学回国人员基金(No.0448012), 广西博士学位授权学位点学科建设资助项目;

* 通讯作者, E-mail: zongxiangtang@yahoo.com;

第一作者介绍 廖锦锋, 女, 硕士研究生; 研究方向 爬行类视觉神经解剖学; E-mail: liaojf1130@163.com。

收稿日期 2006-03-09, 修回日期 2006-07-01

mesencephali, LM)。LM 属于前顶盖核团,位于顶盖(tectum)的基部,主要负责眼睛水平运动的稳定,涉及眼球震颤的视觉运动^[1-3],已经发现存在于许多脊椎动物。在无尾两栖类,LM 由 HRP 标记浓密的核心区域和标记稀疏的外周区域组成,核心区域和外周区域分别接受 nBOR 和双侧视网膜的投射^[4,5],它与顶盖间为同侧投射关系^[4]。在爬行类,LM 与视网膜之间均存在双侧^[6,7]和对侧^[8,9]投射现象,同时还接受 nBOR 的纤维传入^[10],其中蜥蜴和蛇的 LM 与顶盖间存在双侧^[11]和同侧^[12,13]投射关系。在鸟类,鸽子(*Columba livia*)的 LM 由外侧(nLMI)和内侧(nLMm)亚核组成,根据细胞构筑可分为大细胞部和小细胞部^[14],但对北京鸭 LM 的亚区划分则不同^[15]。它接受来自对侧视网膜神经纤维的直接投射^[16,17],对 nBOR 有调控作用^[18,19]。

LM 是副视系统的重要组成部分,但其结构和功能的研究在爬行类中还没有受到重视。蛤蚧(*Gekko gecko*)为夜行性爬行动物,与昼行性爬行动物在行为上存在一定的差别,研究蛤蚧的 LM 有助于进一步了解副视系统在夜行性爬行动物行为中的作用,所以本实验以蛤蚧为代表,应用 Nissl 法和 HRP 标记技术研究了 LM 的结构及其与顶盖间的相关联系,对了解爬行类副视系统通路的结构及与离顶盖通路之间的联系有重要意义。

1 材料与方法

1.1 实验动物 选用健康成年蛤蚧 10 只,平均体重约 42.1 g,雌雄不拘。购于自由市场。

1.2 实验方法 5 只实验动物用 HRP 法,均注射于顶盖前端,其中 2 只在 LM 成功标记。将实验动物用氨基甲酸乙酯(1.0 g/kg)腹腔注射麻醉后,钻开颅骨,剪开硬脑膜暴露顶盖,然后在 Motic M-300 型体视显微镜下揭去蛛网膜。经 Narishige SN-3 型立体定位仪定位后,前后坐标:从顶盖前缘向尾部(320 ± 97) μm ;内外侧坐标:从两侧顶盖中缝向外侧($1\,430 \pm 242$) μm],将灌有 15% HRP 溶液、尖端外径为 30 ~ 45 μm 的玻璃微电极插入顶盖进行微电泳,深度约为

400 ~ 500 μm 。电极通以正电,电流强度为 5 μA ,断续电流间隔时间为 6 s,通电时间 30 min。停止电泳 10 min 后改为反向电流,慢慢取出微电极。动物手术后存活 5 ~ 8 d(室温 21 ~ 24 $^{\circ}\text{C}$)。在超剂量乙醚麻醉后打开胸腔暴露心脏,心室灌注 0.8% 生理盐水 200 ml,然后灌注内含固定液(4% 多聚甲醛和 1.25% 戊二醛的磷酸缓冲液, pH 7.4)和 0.8% 生理盐水的 1:1 混合液 200 ml,最后灌注固定液 200 ml。取脑放入 4 $^{\circ}\text{C}$ 同样固定液中后固定 4 h,换入含 30% 蔗糖的磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH 7.4),4 $^{\circ}\text{C}$ 下浸泡过夜至脑下沉,用 Reichert 976C 型冷冻切片进行连续切片,厚度 60 μm ,用硫酸镍铵-葡萄糖氧化酶强化法^[21]进行二氨基联苯胺(3', 3'-diaminobenzidine, DAB)显色。切片经洗涤、贴片、梯度脱水、透明和封片后在 Motic DMBA400 型显微镜下拍照。

5 只实验动物用 Nissl 法染色,灌流及切片方法与 HRP 法相同,切片厚度 60 μm 。参考 Smeets 等^[20]所做的蛤蚧脑图谱,确定 LM 的位置,在 Motic DMBA400 型显微镜下进行形态结构观察和显微拍照。照片及模式图用 Adobe Photoshop 6.0 处理和重塑。

2 结果

2.1 LM 的位置及结构(Nissl 法) Nissl 染色结果显示,LM 位于顶盖基部,靠近顶盖嘴外侧,呈狭长扁豆状(图版 I:1)。LM 界线清晰,细胞染色较深,其中背内侧的细胞数量较多,分布比较密集;腹外侧部细胞数量较少,分布稀疏(图版 I:3)。背内侧部细胞横截面积为(110 ± 41) μm^2 ,腹外侧部细胞横截面积为(106 ± 43) μm^2 ,这两部分细胞的面积大小没有显著差异($P > 0.05$)。在所观察的切片中均发现 LM 与其内侧的前顶盖核(nucleus pretectalis)局部重叠(图版 I:1,2)。

2.2 注射部位及 HRP 在 LM 的标记 5 只动物均注射于顶盖前端,注射区包括顶盖各层,其中 2 只动物在 LM 有标记纤维和细胞,其他 3 只动物在 LM 没有发现标记纤维和细胞,成功

标记的 2 只动物顶盖注射位点相似(图版 I : 4, 5)。其他 3 只动物注射位点头尾径为 $(853 \pm 92) \mu\text{m}$, 内外侧径为 $(469 \pm 43) \mu\text{m}$ 。

2.2.1 LM 的标记 组织切片在显微镜下观察, 顶盖细胞的纤维进入前顶盖核团(*pretectum nuclei*), 在同侧 LM 处增加, 呈明显的狭长区域。该核团布满浓密的神经丛, 大量纤维末梢形成晕区, 走向从背内侧斜向腹外侧, 直达嘴侧顶盖的腹外侧边缘, 且背内侧部的纤维末梢较浓密, 腹外侧部的神经丛和纤维末梢较稀薄, 前者比后者饱满(图版 II : 1 A)。在这些纤维中零散地分布有少量标记细胞, 其细胞大部分位于 LM 腹外侧部及其邻近区域, 染色较深, 形态明显, 胞体较大, 横截面积为 $(224 \pm 56) \mu\text{m}^2$, 呈三角形、锥体形和纺锤形, 发出 1~3 个粗大的主树突(图版 II : 1 2 A 5), 其中也发现有个别小胞体细胞, 横截面积为 $105 \mu\text{m}^2$, 呈三角形, 发出单个树突(图版 II : 5)。在 LM 的背内侧部只有很少的标记细胞, 横截面积为 $(111 \pm 1) \mu\text{m}^2$, 呈锥体形、三角形(图版 II : 3, 6)。腹外侧部和背内侧部细胞的面积大小有显著差异($P < 0.05$)。在对侧 LM 没有发现标记细胞和纤维末梢。

2.2.2 LM-顶盖的纤维联系 顶盖前端发出大量纤维进入 LM 背内侧部和腹外侧部, 这些纤维分成两部分, 它们的密度相差不大, 但走向明显不同(图版 II : 1)。顶盖前端第 7a、7b 层发出的标记纤维沿顶盖内侧进入 LM 背内侧部(图版 II : 7, 8), 顶盖外侧也有部分纤维进入 LM 腹外侧部(图版 II : 9, 10)。

3 讨论

3.1 LM 的结构 在鸟类中, 鸽子的 LM 通过细胞内记录和染色法发现内侧细胞胞体显著大于外侧细胞胞体, 根据细胞构筑可以分出大小细胞部^[4], 而对北京鸭 LM 的 Nissl 法研究认为该核团的细胞大小一致, 可分为背外侧的致密部和腹内侧的松散部^[15]。无尾两栖类的 LM 由 HRP 标记浓密的核心区域和标记稀疏的外周区域组成, 且大量大细胞丛簇包围于核心区域外周^[4]。蛤蚧 LM 的 Nissl 染色结果显示该核团

的背内侧部和腹外侧部细胞大小没有明显差别, 背内侧部细胞较密集, 腹外侧部细胞较稀疏。HRP 法结果显示 LM 背内侧部标记细胞明显小于腹外侧部的标记细胞, 这可能是由于 LM 背内侧部的大细胞没有向顶盖前端投射, 腹外侧部的大细胞与顶盖前端有投射关系。由实验结果可认为蛤蚧 LM 分为背内侧细胞密集部和腹外侧细胞稀疏部两个部分, 且背内侧部比腹外侧部饱满。

在青蛙(*Rana pipiens*)的 LM 中发现 3 种类型的细胞^[4]: 大细胞、纺锤形细胞和星形细胞。将追踪剂注入龟的 nBOR 后在嘴侧顶盖的腹外侧部的视束纤维中发现分布有大型细胞^[22]。本实验 HRP 法的结果显示, HRP 注入顶盖前端各层, 在蛤蚧嘴侧顶盖的腹外侧部同样发现大胞体细胞, 主要有纺锤形、三角形和锥体细胞, 这与在龟中发现大型细胞的部位相似, 而细胞类型与青蛙中所报道的相似。可推测 LM 腹外侧部的大细胞及其邻近区域的大细胞可能有着相同的功能。

3.2 LM 与顶盖的纤维投射 爬行类中, LM 接受双侧^[6, 7]或对侧^[8, 9]视网膜神经元纤维投射, 同时还接受 nBOR 的纤维传入^[10]。条纹水蛇(*Natrix sipedon*)^[11]的 LM 与顶盖间为双侧投射关系, 而鬣蜥(*Iguana iguana*)^[12]和响尾蛇(*Crotalus viridis*)^[13]的 LM 与顶盖间为同侧投射关系。本实验 5 只动物均注射到顶盖前端, 其中 2 只动物在 LM 成功标记, 其他 3 只动物的 LM 没有发现标记纤维和细胞, 这可能与动物的状态、存活时间及季节有关。本实验结果显示, 蛤蚧 LM 只接受来自同侧顶盖前端的投射。LM 内的标记纤维末梢十分密集, 而标记细胞数量较少, 可认为顶盖前端向 LM 的投射可能多于 LM 向顶盖前端的投射。且顶盖前端向 LM 背内侧部和腹外侧部投射的纤维走向不同, 顶盖内侧纤维投射到 LM 的背内侧部, 顶盖外侧纤维投射到 LM 的腹外侧部, 背内侧部的纤维末梢比腹外侧部丰富, 因此可推测 LM 的背内侧部和腹外侧部在信息处理上可能存在差异。还应指出的是顶盖传入 LM 的纤维中可能包含有

部分顶盖-视束的过路纤维。

顶盖是离顶盖通路的重要组成部分,它与副视系统的 LM 存在纤维投射关系,由此可认为离顶盖通路副视系统通过 LM 联系起来,LM 中的神经丛、纤维末梢和标记细胞构成了两者间的交通要道,其中的大胞体细胞可能起着信息中转作用。

从进化的角度看,副视系统的进化与其功能发挥是否充分有关。在两栖类和爬行类中,由于其自身的运动能力较差,副视系统相对不发达,而在鸟类,由于其可在空中飞行,需要通过视觉控制身体的运动,对自身运动的要求较高,所以鸟类的副视系统较发达。Frost^[23]认为离顶盖系统是一个“目标运动检测系统”,具有精确处理注视改变和特征/背景分离的复杂运动改变的控制,副视系统则是“自身运动检测系统”,用于整个视野的运动和移动的图像,包括稳定注视、姿态的控制和运动等。两者之间存在联系也就表明爬行动物的大脑可将识别目标物体的视觉信息与自身运动的信息相整合,从而更好地控制捕食或逃避等行为。

参 考 文 献

- [1] Lazar G, Alkonyi B, Toth P. Re-investigation of the role of the accessory optic system and pretectum in the horizontal optokinetic nystagmus of the frog, *Lesion experiments*. *Acta Biol Hungarica*, 1983 **34** 385 ~ 393.
- [2] Fite K V. Pretectal and accessory-optic visual nuclei of fish, amphibia and reptiles: theme and variations. *Brain Behav Evol*, 1985 **26** 71 ~ 90.
- [3] McKenna O C, Wallman J. Accessory optic system and pretectum of birds: comparisons with those of other vertebrates. *Brain Behav Evol*, 1985 **26** 91 ~ 116.
- [4] Montgomery N M, Fite K V, Grigoni A M. The pretectal nucleus lentiformis mesencephali of *Rana pipiens*. *J Comp Neurol*, 1985 **234**(2) 264 ~ 275.
- [5] Wye-Dvorak J, Straznicki C, Toth P. Retinal projections in the cane toad, *Bufo marinus*. *Brain Behav Evol*, 1992 **39**(4) 208 ~ 218.
- [6] Northcutt R G, Butler A B. Evolution of reptilian visual systems: retinal projections in a nocturnal lizard, *Gekko gecko* (Linnaeus). *J Comp Neurol*, 1974 **157** 453 ~ 446.
- [7] Casini G, Petrini P, Foa A, et al. Pattern of organization of primary visual pathways in the European lizard *Podarcis sicula Rafinesque*. *J Hirnforsch*, 1993 **34**(3) 361 ~ 374.
- [8] Bass A H, Northcutt R G. Retinal recipient nuclei in the painted turtle, *Chrysemys picta*: an autoradiographic and HRP study. *J Comp Neurol*, 1981 **199**(1) 97 ~ 112.
- [9] Derobert Y, Medina M, Rio J P, et al. Retinal projections in two crocodylian species, *Caiman crocodylus* and *Crocodylus niloticus*. *Anat Embryol (Berl)*, 1999 **200**(2) 175 ~ 191.
- [10] Weber A E, Martin J, Ariel M. Connectivity of the turtle accessory optic system. *Brain Research*, 2003 **989** 76 ~ 90.
- [11] Ulinski P S. Tectal efferents in the banded water snake, *Natrix sipedon*. *J Comp Neurol*, 1977 **173** 251.
- [12] Foster R E, Hall W C. The connections and laminar organization of the optic tectum in a reptile *Iguana iguana*. *J Comp Neurol*, 1975 **163** 397.
- [13] Schroeder D M. Tectal projections of an infrared sensitive snake, *Crotalus viridis*. *J Comp Neurol*, 1981b **195** 477.
- [14] Tang Z X, Wang S R. Intracellular recording and staining of neurons in the pigeon nucleus lentiformis mesencephali. *Brain Behav Evol*, 2002 **60**(1) 52 ~ 58.
- [15] 黄丽波, 刘济五, 邹水. 北京鸭中脑顶盖前区内神经核团的形态与细胞构筑. 黑龙江八一农垦大学学报, 2001, **13**(1) 54 ~ 58.
- [16] Cowan W M, Adamson L, Powell T P S. An experimental study of the avian visual system. *J Anat (Lon.)*, 1961 **95** 545 ~ 563.
- [17] Gamlin P D R, Cohen D H. The retinal projections to the pretectum in the pigeon (*Columba livia*). *J Comp Neurol*, 1988 **269** 1 ~ 17.
- [18] Wang Y, Gu Y, Wang S R. Directional responses of basal optic neurons are modulated by the nucleus lentiformis mesencephali in pigeons. *Neurosci Lett*, 2001 **311**(1) 33 ~ 36.
- [19] Crowder N A, Lehmann H, Parent M B, et al. The accessory optic system contributes to the spatio-temporal tuning of motion-sensitive pretectal neurons. *J Neurophysiol*, 2003 **90**(2) 140 ~ 151.
- [20] Smeets W J, Hoogland P V, Lohman A H. A forebrain atlas of the lizard *Gekko gecko*. *J Comp Neurol*, 1986 **254**(1) 1 ~ 19.
- [21] 舒斯云, 鞠躬. 一种敏感的辣根过氧化物酶反应: 葡萄糖氧化酶-二氨基联苯胺-硫酸镍铵法. 解剖学报, 1989, **20**(4) 402 ~ 404.
- [22] Curwen A O, Miller R N. The pretectal region of the turtle, *Pseudemys scripta troosti*. *J Comp Neurol*, 1939 **7** 99 ~ 120.
- [23] Frost B J, Wylie D R, Wang Y C. The processing of object and self-motion in the tectofugal and accessory optic pathways of birds. *Vision Res*, 1990 **30**(11) 677 ~ 688.

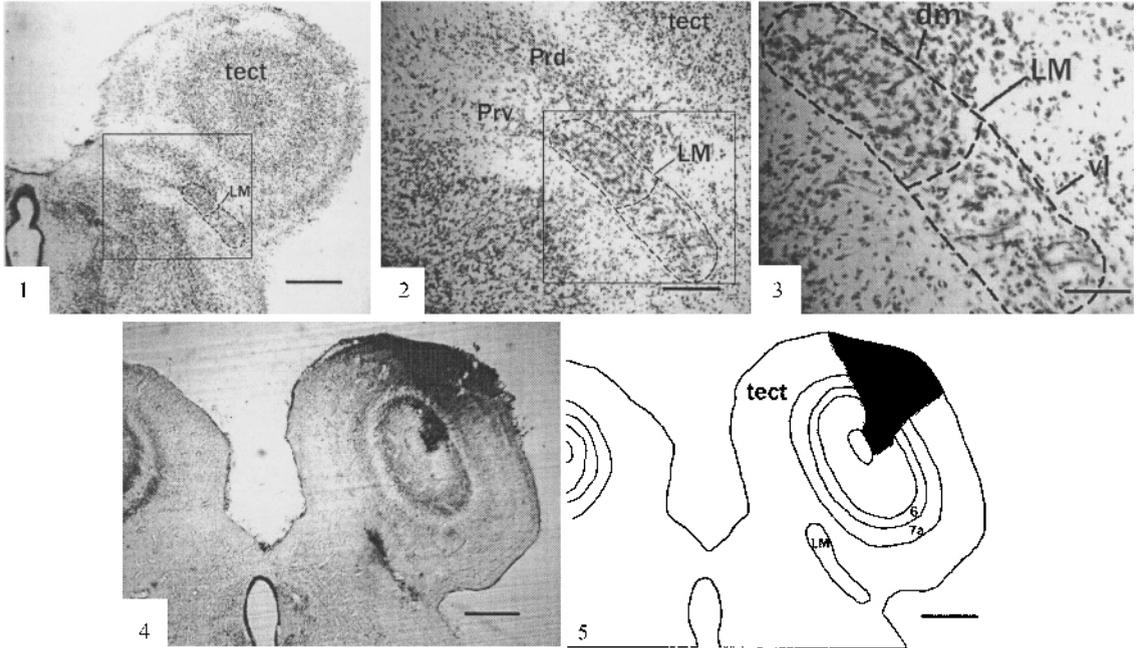
廖锦锋等 蛤蚧豆状核的结构及其与顶盖前端的纤维联系

图版 I

LIAO Jin-Feng et al. The Structure of Nucleus Lentiformis Mesencephali and its

Fiber Connection with Anterior Tectum in Lizard *Gekko gekko*

Plate I



LM (Nissl 染色) 和顶盖注射部位的冠状切片。

1. LM (虚线圈出的长圆形范围) 位于前顶盖基部, 靠近顶盖嘴外侧 (Bar = 400 μm); 2. 图 1 黑方框区域的放大, 示 LM 与其内侧的前顶盖腹侧核部分重叠 (Bar = 100 μm); 3. 图 2 黑方框区域的放大, 示 LM 背内侧细胞密集部和腹外侧细胞稀疏部 (LM 内的虚线为两者的界线) (Bar = 100 μm); 4. 顶盖注射部位 (Bar = 400 μm); 5. 图 4 的模式图 (用 Adobe Photoshop 6.0 描画), 黑色扇形区域示顶盖注射范围 (Bar = 400 μm)。

tect: 顶盖; LM: 豆状核; Prv: 前顶盖腹侧核; Prd: 前顶盖背侧核; dm: 背内侧部; vl: 腹外侧部; 6、7a: 顶盖第 6 层、第 7a 层。切片厚度 = 60 μm。

Transverse sections through the nucleus lentiformis mesencephali (Nissl-stained) and the injected part of tectum.

1. LM lies across the basis of pretectum (the region of black dashed), closing with the rostralateral tectum (Bar = 400 μm); 2. The region corresponding to the black pane in 1, showing LM overlaps on the nucleus pretectalis (Bar = 100 μm); 3. The region corresponding to the black pane in 2, showing the dorsomedial dense and the ventrolateral sparse part of LM. Black dashed in LM is the borderline of the two parts (Bar = 100 μm); 4. The injected part of tectum (Bar = 400 μm); 5. The line drawing of 4 (portrayed by Adobe Photoshop 6.0). The black sector is consistent with the injected part of tectum (Bar = 400 μm).

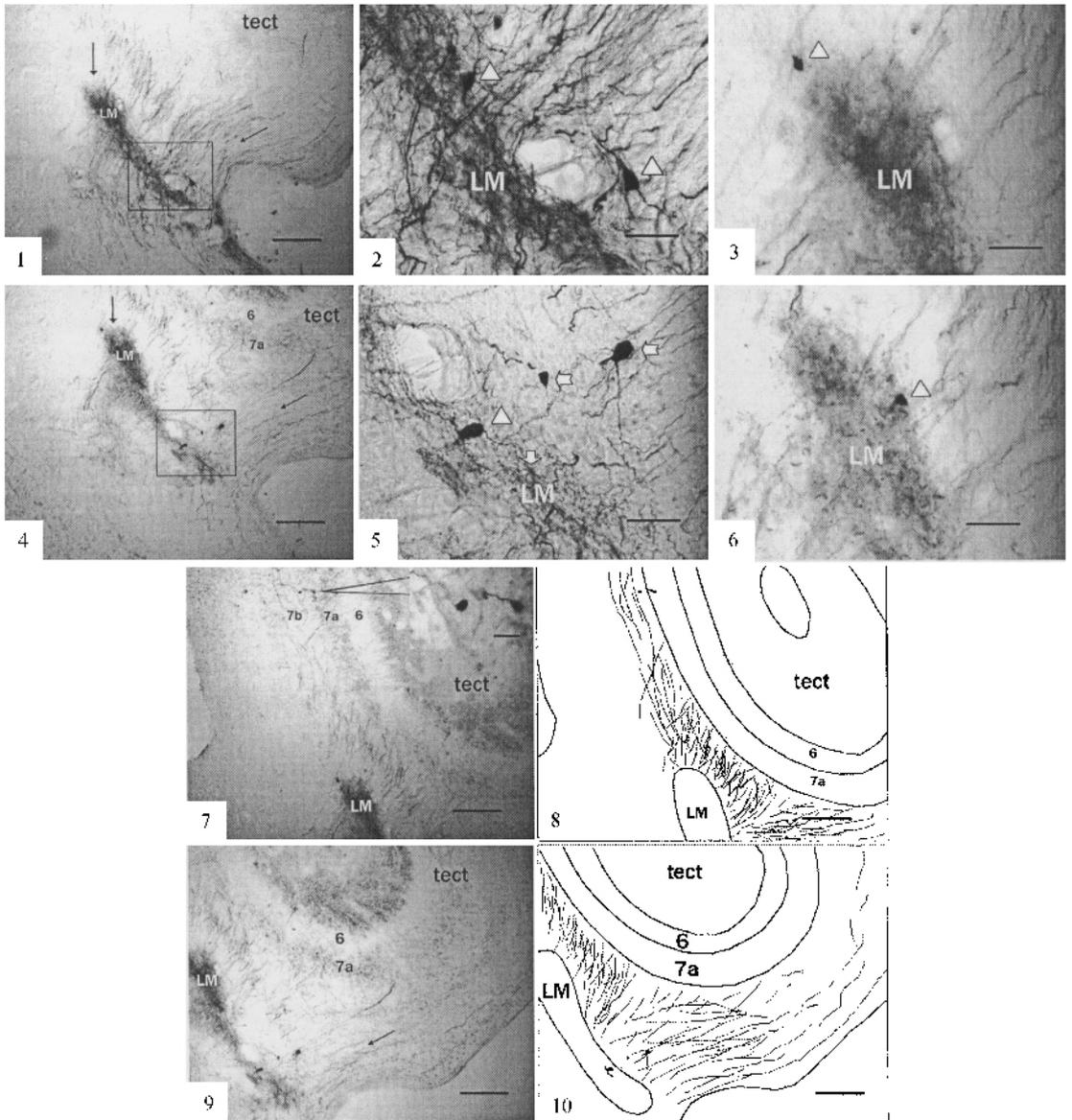
Tect: tectum; LM: nucleus lentiformis mesencephali; Prv: nucleus pretectalis ventralis; Prd: nucleus pretectalis dorsalis; dm: dorsomedial part; vl: ventrolateral part; 6, 7a: tectal layers 6 and 7a. Thickness of section = 60 μm.

廖锦锋等 蛤蚧豆状核的结构及其与顶盖前端的纤维联系

图版 II

LIAO Jin-Feng et al. :The Structure of Nucleus Lentiformis Mesencephali and its Fiber Connection with Anterior Tectum in Lizard *Gekko gekko*

Plate II



LM 的标记结果和 LM-顶盖的纤维联系。

1、4. 显示整个 LM 呈狭长的扁豆形,传入 LM 的标记纤维分成两部分,呈不同的走向,内侧顶盖纤维投射到 LM 背内侧部,外侧顶盖纤维投射到 LM 腹外侧部(黑色小箭头)。黑方框范围内有少量不同形态的标记细胞(Bar = 100 μm); 2. 图 1 黑方框部分的局部放大,LM 布满标记浓重的神经丛和纤维末梢,示腹外侧部纺锤形和三角形大胞体标记细胞(白色三角形箭头)(Bar = 50 μm); 5. 图 4 黑方框部分的局部放大,示 LM 内的大胞体锥体细胞(白色三角形箭头),LM 外周大胞体锥体细胞和小胞体三角形细胞(白色燕尾形箭头),纤维末梢(白色直角箭头)(Bar = 50 μm); 3、6. 分别显示

LM 背内侧部的锥体形和三角形标记细胞(白色三角形箭头 χ Bar = 50 μm); 7. 显示顶盖内侧向 LM 发出的纤维(Bar = 100 μm); 右上角所附小图示箭头所指部位的顶盖细胞放大(Bar = 25 μm); 8. 图 7 的模式图(用 Adobe Photoshop 6.0 描画 χ Bar = 100 μm); 9. 显示顶盖外侧向 LM 发出的纤维(黑色小箭头 χ Bar = 100 μm); 10. 图 9 的模式图(用 Adobe Photoshop 6.0 描画 χ Bar = 100 μm)

tect: 顶盖; LM: 豆状核; 6、7a、7b: 顶盖第 6 层、第 7a 层和第 7b 层。切片厚度 = 60 μm 。

Labeled results of LM and its fibers connection with tectum.

1 4. The labeled LM is lentiform. The efferent labeled fibers divide into two parts that have different tendency. The fibers from medial tectum project to the dorsomedial part of LM, the fibers from lateral tectum project to the ventrolateral part of LM (black small arrowheads). There are some labeled cells in the black pane (Bar = 100 μm); 2. The region corresponding to the black pane in 1, showing the bushy nerve cluster and terminals, the fusiform and the triangle large neurons (white triangle arrowheads χ Bar = 50 μm); 5. The region corresponding to the black pane in 4, showing the pyriform large neuron in LM (white triangle arrowhead) the pyriform large neuron and the triangle small neuron surrounded LM (white coattail arrowheads) fiber terminals (white right-angle arrowhead) (Bar = 50 μm); 3 6. Showing the pyriform neuron and the triangle neuron in the dorsomedial part of LM (white triangle arrowheads) (Bar = 50 μm); 7. Showing the efferent fibers from medial tectum (Bar = 100 μm). The plot on the top right corner shows the magnified cells of tectum (arrowhead χ Bar = 25 μm); 8. The line drawing of χ portrayed by Adobe Photoshop 6.0 χ Bar = 100 μm); 9. Showing the efferent fibers from lateral tectum (black small arrowhead χ Bar = 100 μm); 10. The line drawing of χ portrayed by Adobe Photoshop 6.0 χ Bar = 100 μm).

tect: tectum; LM: nucleus lentiformis mesencephali; 6、7a、7b: tectal layers 6, 7a and 7b. Thickness of section = 60 μm .