

# 鸣禽栗鹀前脑鸣啭控制核团与性腺体积的相关性\*

付立波<sup>①</sup> 刘凤莲<sup>②</sup> 王学斌<sup>②</sup> 李东风<sup>③\*\*</sup>

(<sup>①</sup>长春师范学院生化学院 长春 130032; <sup>②</sup>临沂师范学院生命科学系 临沂 276005;

<sup>③</sup>华南师范大学生命科学学院 广州 510631)

**摘要:** 用组织学技术和微机处理方法研究了春秋两季雄性成年鸣禽栗鹀前脑鸣啭相关核团体积与性腺体积之间的相关性。结果表明,与鸣啭控制直接相关的核团 HVC、RA 以及在鸣啭学习中具有重要作用的 X 区体积均随睾丸体积变化而发生显著的正相关性变化,而与发声无关的对照核团则没有这种相关性。

**关键词:** 栗鹀; 鸣啭相关核团; 睾丸; 体积; 相关性

**中图分类号:** Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2003)01-13-05

## Correlation between Volumes of Song-related Nuclei of Forebrain and Testis in *Emberiza rutila*

FU Li-Bo<sup>①</sup> LIU Feng-Lian<sup>②</sup> WANG Xue-Bin<sup>②</sup> LI Dong-Feng<sup>③</sup>

(<sup>①</sup> Department of Biology, Changchun Normal College, Changchun 130032;

<sup>②</sup> Department of Life Science, Linyi Normal College, Linyi 276005;

<sup>③</sup> School of Life Science, Southchina Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** The correlation between the volumes of nuclei involved in song control or song learning in the forebrain and the testis volume were studied using histological techniques and computer analysis in a species of songbird (*Emberiza rutila*). There is positive relativity between the volumes of nucleus HVC, RA or X area and testis with seasonal changing, while there is no relation between the volumes of control nucleus SpM and testis.

**Key words:** *Emberiza rutila*; Song related nuclei; Testis; Volume; Correlation

近年来,国内外的研究已经证实,鸣禽鸣啭及习鸣能力的高低与前脑鸣啭相关核团体积的大小及其变化有关<sup>[1,2]</sup>。在春季,雄性鸣禽前脑的鸣啭控制核团体积较大,此期其鸣啭曲目最为丰富多变,鸣啭技巧很高。而在秋季,其前脑的鸣啭控制核团体积变小,其鸣啭曲目也急剧减少,鸣啭技巧较低<sup>[3]</sup>。同时,在一年四季,雄性睾丸的体积也具有明显的周期性变化:春季较大,至秋季则萎缩,其差异可达几百倍以上。

由于鸣啭控制核团体积的大小与体内激素含量的变化直接相关<sup>[4]</sup>,作者认为,睾丸体积的改变可能与鸣啭控制核团体积的变化有一定关系。为证实这一推测,作者连续两年对鸣禽栗鹀

\* 国家自然科学基金资助项目(No. 39570195);

\*\* 通讯作者, E-mail: dfliswx@21cn.com;

第一作者简介 付立波,男,36岁,副教授,博士研究生;研究方向:比较生理学与神经生理学。

收稿日期:2002-04-02,修回日期:2002-11-10

(*Emberiza rutila*) 春秋季前脑主要鸣啭相关核团的体积以及睾丸体积进行了测量统计, 初步证实, 雄性性腺与前脑重要鸣啭控制核团体积之间具有明显的相关性。

## 1 材料与方 法

实验共用长春地区常见的野生成年鸣禽栗鹀雄性 40 只(春季 22 只, 秋季 18 只), 每年 4~6 月间(鸣啭活跃期)及 9~11 月(鸣啭活动明显减少)购自乌市, 平均体重为 18 g。以 25% 氨基甲酸乙酯胸大肌注射麻醉, 称重, 颈总动脉灌注(先速灌 40℃ 生理盐水 100 ml, 再灌 4% 多聚甲醛溶液 200 ml, 4℃) 固定。开颅取脑称重并测量体积, 多聚甲醛溶液后固定 12 h; 同时自腹腔取睾丸, 称重, 置于 4% 多聚甲醛溶液固定 48 h。取脑冰冻连续冠状切片, 片厚 40  $\mu\text{m}$ , 隔片取一贴片, 0.1% 焦油紫染色、脱水、透明, 中性树胶封片。

栗鹀睾丸位于肾前部的前腹侧, 前接胸膈和肺, 后缘接髂总静脉, 外靠腹气囊, 内邻主动脉、后腔静脉和肾上腺。取睾丸以缓动水流冲洗 24 h, 常规石蜡切片, 片厚 6  $\mu\text{m}$ , H.E 染色, 中性树胶封片。明视野观察。

取有效例进行统计处理。将切片置于显微投影仪上绘制所需核团及睾丸轮廓, 输入 IBAS 图像分析仪(德国)合成三维结构, 测出各核团及睾丸体积。利用生物学统计方法计算其体积变化的相关系数。

## 2 结 果

本实验共测量了栗鹀前脑与鸣啭或习鸣相关的核团高级发声中枢(high vocal center, HVC)、古纹状体粗核(nucleus robustus archistriatalis, RA)、X 区(X area)以及已知与鸣啭无关的核团螺旋内核(nucleus spitiformis medialis, SpM)的体积, 并观察不同季节睾丸的组织结构。

**2.1 有关核团的位置、形态及睾丸结构** 发声相关核团(HVC、RA 和 X 区)和螺旋内核(SpM)的位置和形态分别为: HVC 位于前脑侧脑室下方与前纹状板的交界处, 冠状切面呈棱形(图

1:1); RA 位于前脑古纹状体腹内侧, 冠状切面呈卵圆形(图 1:2); X 区位于前脑喙端背髓板下方, 冠状切面上呈不规则的卵圆形, 像一个倒置的逗号(图 1:3)。上述三核团最大横切面春季明显大于秋季。SpM 位于间脑内侧, 冠状切面上呈圆形(图 1:4)。

显微镜下观察睾丸的组织结构发现, 在春初, 栗鹀刚刚开始新一年的鸣啭活动时, 睾丸体积相对较小, 组织结构相对较为简单, 曲细精管内精子数较少, 且含大量处于分裂中的各期生精细胞; 在生殖活动旺盛的仲春, 睾丸体积最大, 此时正处于鸣啭最为丰富的时期, 在曲细精管中发现含有大量游离的精子 and 生精细胞, 而且在曲细精管之间可见大量间质细胞(图 1:5); 到春末夏初, 鸣啭活动尚较为丰富, 但生殖活动进入尾声, 睾丸体积又有所萎缩, 其组织结构中精子数减少, 但仍可见许多间质细胞; 在秋季, 鸣啭活动变得极不稳定, 鸣啭曲目减少, 此时的睾丸组织结构极为简单, 睾丸间质相对较多但间质细胞数量减少, 很难在切片中观察到; 同时, 曲细精管数量和直径皆变小, 基膜较厚, 无精子及精细胞形成(图 1:6)。

**2.2 有关核团和睾丸体积的季节性差异** 实验结果表明, 春秋两季前脑的鸣啭相关核团体积都呈现明显的季节性变化, 这种变化与睾丸的体积变化紧密相关(表 1)。

从表 1 可以看出, 春秋两季栗鹀脑的总平均体积基本保持不变, 分别约为 489 和 495  $\text{mm}^3$ , *t*-检验无显著性差异。而睾丸体积在春季和秋季分别为 27.29  $\text{mm}^3$  和 1.06  $\text{mm}^3$ , 春季约为秋季的 26 倍, 表现出极为显著的季节性差异。与此同时, 在春季, 脑内与发声控制及学习有关的核团 HVC、RA 和 X 区体积也都明显大于秋季同名核团, *t*-检验显示具有显著的季节性差异; 而与发声无关的核团 SpM 体积在春秋两季基本保持不变, 没有季节性差异。

**2.3 有关核团体积与睾丸体积的关系** 春季发声相关核团和螺旋内核的体积与睾丸体积的相关性见图 2。

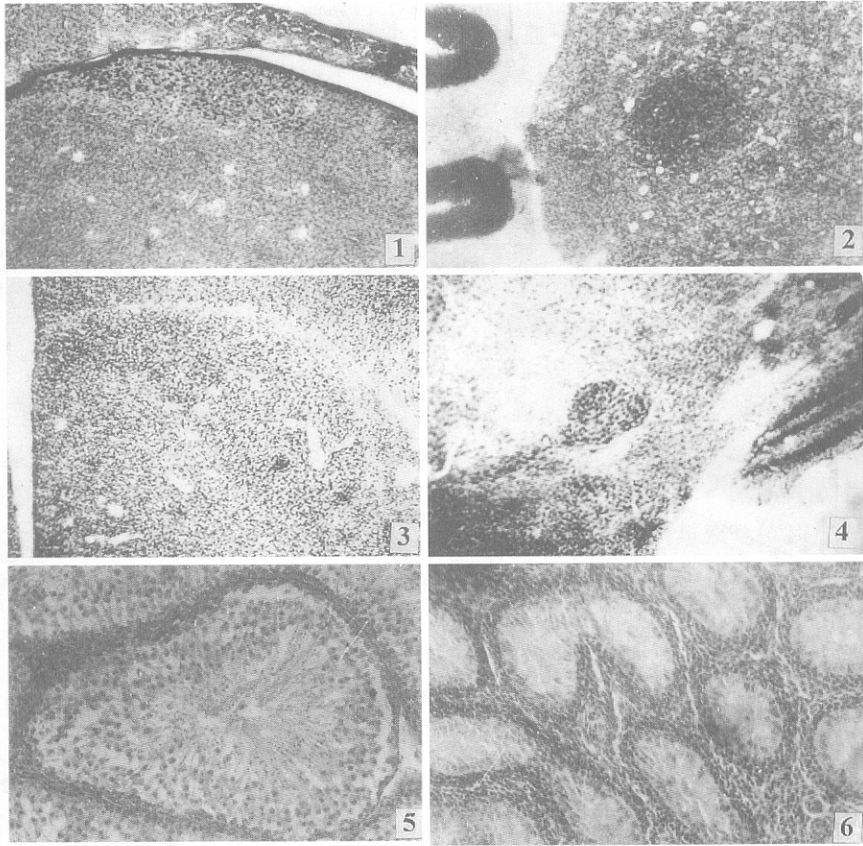


图1 栗鹑前脑的鸣喉相关核团及睾丸切片

1. HVC横切面  $\times 54$ ; 2. RA横切面  $\times 54$ ; 3. X区横切面  $\times 54$ ; 4. SPM横切面  $\times 54$ ;  
5. 春季(5月26日)睾丸切片  $\times 200$ ; 6. 秋季(10月10日)睾丸切片  $\times 200$

表1 鸣禽栗鹑脑和有关核团体积及睾丸体积的季节性差异

测量参数	测量结果		B与A比较 的 $t$ -检验值
	A 春季(4~6月)	B 秋季(9~11月)	
脑体积/ $\text{mm}^3$	$489.10 \pm 0.45(18)$	$495.29 \pm 34.98(18)$	$0.751(P > 0.05)$
睾丸体积( $V_T, \text{mm}^3$ )	$27.29 \pm 7.40(14)$	$1.06 \pm 0.21(14)$	$13.256(P < 0.01)$
HVC体积( $V_H, \text{mm}^3$ )	$0.486 \pm 0.034(14)$	$0.197 \pm 0.032(14)$	$23.169(P < 0.01)$
RA体积( $V_R, \text{mm}^3$ )	$0.197 \pm 0.009(14)$	$0.110 \pm 0.016(14)$	$17.727(P < 0.01)$
X区体积( $V_X, \text{mm}^3$ )	$0.640 \pm 0.099(14)$	$0.284 \pm 0.064(14)$	$11.299(P < 0.01)$
SpM体积( $V_S, \text{mm}^3$ )	$0.067 \pm 0.010(14)$	$0.064 \pm 0.007(14)$	$0.919(P > 0.05)$

图2A、B和C表明,春季(4~6月)HVC、RA和X区的体积( $V_H$ 、 $V_R$ 、 $V_X$ )分别与睾丸体积( $V_T$ )呈显著性线性相关( $r > r_{0.05}$ ,  $df$ (自由度)=12)。由各自回归方程的斜率,春季睾丸体积( $V_T$ )每增加  $1 \text{ mm}^3$ ,发声相关核团( $V_H$ 、 $V_R$ 和 $V_X$ )分别平均递增  $0.004 \text{ mm}^3$ 、 $0.001 \text{ mm}^3$ 和 $0.128 \text{ mm}^3$ 。春季与发声无关的螺旋内核(SpM)

的体积( $V_S$ )与睾丸体积( $V_T$ )无显著性相关,其体积平均为  $(0.067 \pm 0.010) \text{ mm}^3$ (图2:D)。当然,发声核团与睾丸体积之间也存在95%置信区以外的奇异点: $V_T$ 为  $35 \text{ mm}^3$ 左右时,其 $V_H$ 、 $V_R$ 、 $V_X$ 均与回归直线有较大偏离。除去测量方面的误差因素,该点可能具有另外的意义。

秋季发声相关核团和螺旋内核的体积与辜

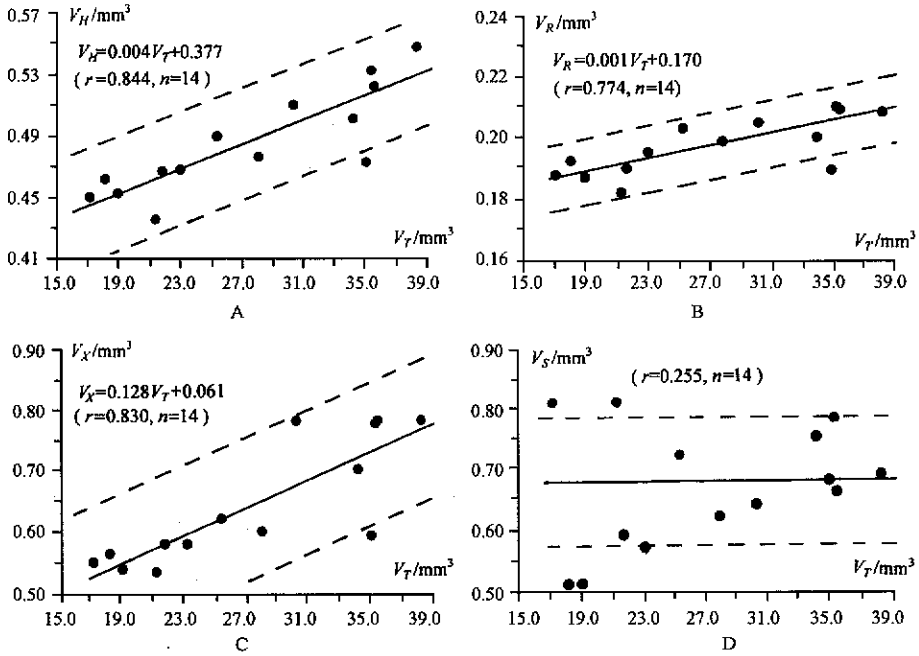


图2 栗鹀春季前脑有关核团体积与睾丸体积的关系  
A: HVC; B: RA; C: X区; D: SpM; r: 相关系数; 虚线: 95%的置信区

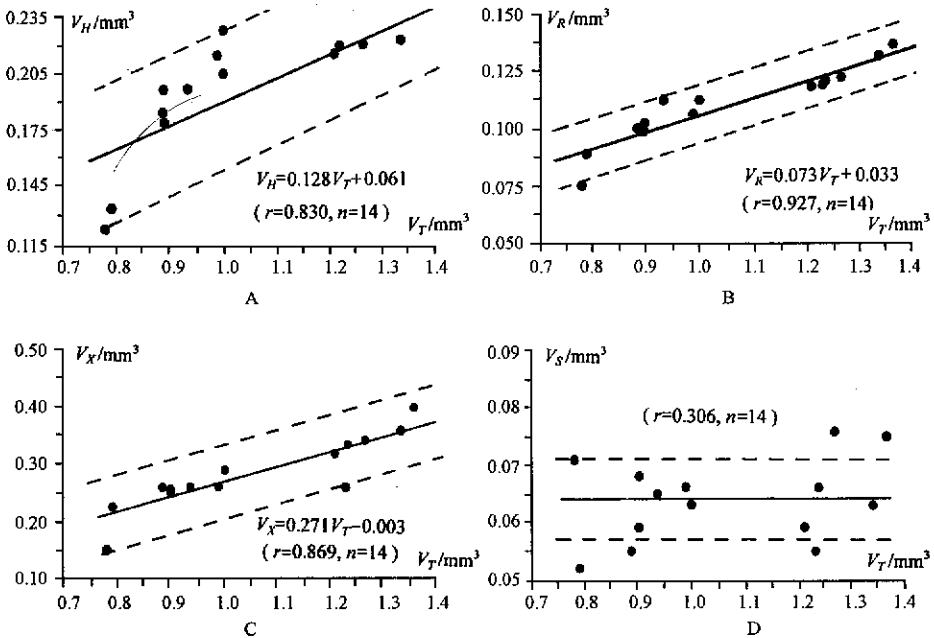


图3 栗鹀秋季前脑有关核团体积与睾丸体积的关系  
A: HVC; B: RA; C: X区; D: SpM; r: 相关系数; 虚线: 95%的置信区

丸体积的相关性见图3。

图3A、B和C表明,秋季(9~11月)HVC、RA和X区的体积( $V_H$ 、 $V_R$ 、 $V_X$ )分别与睾丸体

积( $V_T$ )呈显著性线性相关( $r > r_{0.05}$ ,  $df = 12$ )。由各自回归方程的斜率,春季睾丸体积( $V_T$ )每增加  $0.1 \text{ mm}^3$ ,发声相关核团( $V_H$ 、 $V_R$ 和 $V_X$ )分

别平均递增  $0.0128 \text{ mm}^3$ 、 $0.0073 \text{ mm}^3$  和  $0.0271 \text{ mm}^3$ 。同时,秋季与发声无关的螺旋内核(SpM)的体积( $V_s$ )与睾丸体积( $V_T$ )无显著性相关,其体积平均为  $(0.064 \pm 0.007) \text{ mm}^3$  (图 3:D)。

由此可见,春秋季前脑的鸣啭控制核团 HVC、RA 及与习鸣有关的核团 X 区体积的变化都与睾丸体积的变化呈正相关,而与鸣啭无关的核团 SpM 的体积与睾丸体积无相关性。

### 3 讨论

Nottebohm、李东风等的研究表明,端脑 HVC、RA 和 X 区是鸣禽发声控制及鸣啭学习的基本核团。其中 HVC、RA 任何一个核团受损或发育不良都将使鸣唱活动减弱或消失;旁嗅叶的 X 区在鸣禽的习鸣过程中具有重要作用,损毁幼年鸣禽的该区导致成年后不能形成正常的鸣啭<sup>[5,6]</sup>。

鸣禽的鸣啭活动受许多因素的制约,如季节、温度、生境等。但是,外部因素终究要通过内部因素而起作用。季节影响着鸟体内部激素水平的周期性变化<sup>[6]</sup>,而激素水平的变化可能与体内性腺结构的变化息息相关<sup>[7]</sup>。作者的实验表明,性腺(睾丸)体积及结构的改变又影响着前脑重要鸣啭相关核团体积的大小。而这些核团体积的大小很可能反映了其神经元胞体体积的大小和数量的多寡:核团较大,意味着含有体积较大、数量较多的神经元,从而能形成较多的通路联系;核团较小时则意味着有些通路尚未建成或联系较少。这很可能是春季(尤其是繁殖旺盛期)的鸣禽鸟具有较多鸣啭曲目和较高鸣啭技巧,而在秋季这些能力则陡然下降的重要结构基础。

在一年的不同时期,鸟类进行不同的活动,从准备繁殖到开始交配再到孵卵、育雏,然后进入光不应、性腺退化、换羽,有的还要进行长途跋涉的迁徙等一系列有条不紊的生命活动,可能需要体内不同的激素水平<sup>[9,10]</sup>。春季为性成熟时的性活动期,由于睾丸曲细精管长度的加大和直径的增粗,间质细胞的生长及精子数量等的增加,睾丸体积和重量均明显增大。即春

季睾丸体积大时,间质细胞功能活跃,分泌功能加强,血中睾酮含量增加,促进鸣啭核团发育,鸣啭核团体积明显增加,鸣啭能力强;而秋季睾丸体积小,生殖细胞与间质细胞功能均不活跃,血中睾酮含量降低,鸣唱核团体积亦减小,鸣啭能力降低。也就是说,在生殖周期中,睾丸体积由小变大,再由大变小,而且组织结构(尤其是间质细胞数量)也发生明显变化;与之相一致的是,脑内主要的发声相关核团体积及鸣啭能力也随睾丸体积的变化而变化。二者呈现出明显的正相关性。

本实验结果证实,在春季和秋季,鸣禽栗鹀前脑中的三个与鸣啭或习鸣直接相关的核团 HVC、RA、X 区体积与睾丸体积成正相关性,这些鸣啭相关核团的体积随睾丸体积的增大而增大。

### 参 考 文 献

- [1] 李东风,付立波,王学斌等.两种鸣禽鸣啭控制核团体积的季节性变化.东北师大学报(自然科学版),1998(1):58~62.
- [2] Nottebohm F, Arnold A P. Sexual dimorphism in vocal control areas of the songbird brain. *Science*, 1976, **194**:211~214.
- [3] Cynx J, Nottebohm F. The role of gender, season and familiarity in discrimination of conspecific song by zebra finch (*Taeniopygia guttata*). *Proc Natl Acad Sci USA*, 1992, **89**:1368~1371.
- [4] Cynx J, Nottebohm F. Testosterone facilitates conspecific song discrimination. In castrated zebra finch (*Taeniopygia guttata*). *Proc Natl Acad Sci USA*, 1992, **89**:1376~1378.
- [5] 蒋锦昌,李东风,李杰等.古纹状体粗核损毁对燕雀鸣声的影响.中国科学(C辑),2000, **30**(2):192~199.
- [6] Kim J R, Nottebohm F. Direct evidence for loss and replacement of projection in adult canary brain. *J Neurosci*, 1993, **197**:1092~1094.
- [7] 付立波,李东风,张君利等.鸣禽栗鹀性腺季节性差异的研究.东北师大学报(自然科学版),1998(2):65~68.
- [8] Simpson H B, Vicario D S. Early estrogen treatment of female zebra finches masculinizes the brain pathway for learned vocalizations. *J Neurosci*, 1991, **22**:777~793.
- [9] Barnea A, Nottebohm F. Recruitment and replacement of hippocampal neurons in young and adult chickadees: An addition to the theory of hippocampal learning. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1996, **92**:714~718.
- [10] 王学斌,李东风.鸟类的周期性繁殖及其神经内分泌机制.动物学杂志,2002, **37**(3):79~83.