

# *c-fos* 和 *c-myc* 在北方山溪鲵精子发生中的表达

李亚琳<sup>①②</sup> 张育辉<sup>①\*</sup> 王宏元<sup>①</sup> 雷 忻<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>陕西师范大学生命科学学院 西安 710062; <sup>②</sup>渭南师范学院生物学系 陕西渭南 714000)

**摘要:** 用免疫组织化学方法检测原癌基因 *c-fos* 和 *c-myc* 蛋白在北方山溪鲵 (*Batrachuperus tibetanus*) 精子发生中的表达定位。结果显示, 在精原细胞缓慢增殖期 8、9 月, FOS 阳性反应物出现在精原细胞的胞质及核膜外, 10、11 月, FOS 在少量精原细胞的胞核中表达。在精原细胞快速增殖期, 即翌年 4 月, FOS 定位在精原细胞的胞质中, 5 月, FOS 在大量的胞核中强阳性表达, 6 月, FOS 定位于部分精母细胞核质和核膜下, 7 月, FOS 在一些精子细胞的核质和核膜下表达。MYC 在 8、9 月的部分精原细胞胞质中表达较弱, 在 10、11 月阳性反应出现在个别精原细胞的核质中。翌年 4 月, MYC 在精原细胞核周围的胞质中表达, 5 月在大量的精原细胞核膜下有强表达, 6 月, MYC 在一些精母细胞核膜下表达, 7 月, MYC 在部分精子细胞的核膜下弱表达。结果表明, 北方山溪鲵的原癌基因 *c-fos* 和 *c-myc* 表达大强度在生精细胞发育中呈阶段性, 表达的强度和细胞数量与细胞增殖的速度相一致。FOS 和 MYC 在精原细胞内从胞质向胞核的转移与细胞快速增殖的时期相吻合。说明 *c-fos* 和 *c-myc* 对精原细胞有丝分裂有促进作用, 并参与精母细胞成熟分裂的调控。

**关键词:** 北方山溪鲵; 精子发生; *c-fos*; *c-myc*

**中图分类号:** Q492 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2006)02-29-08

## Expression of *c-fos* and *c-myc* during Spermatogenesis of Stream Salamander

LI Ya-Lin ZHANG Yu-Hui WANG Hong-Yuan LEI Xin

(<sup>①</sup> College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062;

<sup>②</sup> Department of Biology, Weinan Teachers College, Weinan, Shanxi 714000, China)

**Abstract:** The expression of proto-oncogene *c-fos* and *c-myc* has been studied by immunocytochemistry in the testis of the Stream Salamander (*Batrachuperus tibetanus*). During slow proliferation of spermatogonia, FOS protein was detected in cytoplasm or perinuclear region of spermatogonia in August and September, and positive reactivity presented in the nuclei of a few spermatogonia in October and November. During quick proliferation of spermatogonia, FOS was expressed in the cytoplasm of spermatogonia next April, and strong positive reactivity presented in the nuclei of spermatogonia in May. In June, FOS appeared in nucleoplasm and nuclear membrane in some spermatocytes, while they appeared in nucleoplasm and nuclear membrane of spermatids in July. In August and September, there was slight immunoreactivity for MYC in the cytoplasm of some spermatogonia, and they were detected in nuclei of spermatogonia in October and November. In the next April, MYC was expressed in cytoplasm around the nuclei of spermatogonia, and positive reactivity presented in more spermatogonia nuclei in May. MYC appeared in the nuclear membrane of some spermatocytes in June, and there was a slight immunoreactivity in the nuclear membrane of spermatids in July.

基金项目 陕西省自然科学研究计划项目( No. 2001SM26 );

\* 通讯作者, E-mail: yu-huizhang@163.com;

第一作者介绍 李亚琳, 女, 博士研究生, 研究方向: 动物生殖内分泌。

收稿日期: 2005-09-19, 修回日期: 2006-01-15

The results show that expression of proto-oncogenes *c-fos* and *c-myc* during the development of spermatogenic cells is in a stage-specific manner in *B. tibetanus*, and that the quantity and intensity of cells in which proto-oncogenes are expressed are correlated with the speed of cell proliferation. Translocation of FOS and MYC from cytoplasm to nuclei of spermatogonia is consistent with quick proliferation of spermatogonia. It can be concluded that proto-oncogenes *c-fos* and *c-myc* may function to promote mitosis of spermatogonia and to regulate meiosis of spermatocytes.

**Key words** Stream Salamander (*Batrachuperus tibetanus*); Spermatogenesis; *c-fos*; *c-myc*

在精子发生中,二倍体干细胞经过特定次序的分裂,分化成在结构和功能上高度特化的单倍体精子。精子发育过程的独特性为研究细胞分化的调控提供了理想的模型。原癌基因 *c-fos* 和 *c-myc* 在哺乳动物配子增殖及分化中的作用已有许多报道,*c-fos* 蛋白 FOS 作为转录因子,可参与基因表达,促进生精细胞过渡时期的发育进程<sup>[1-3]</sup>。*c-myc* 的表达水平与细胞增殖有关,高水平的 *c-myc* mRNA 可增加细胞进入 S 期<sup>[4-7]</sup>。在两栖动物食用蛙 (*Rana esculenta*),*c-fos* 蛋白 FOS 存在于精原细胞的核中,而不存在于精母细胞中。而 *c-myc* 蛋白 MYC 则存在于精原细胞和精母细胞中<sup>[8]</sup>。在蜥蜴 (*Podarcis sicula*),FOS 在精原细胞增殖期定位于精原细胞核中,在其他时期定位于精原细胞的核周;而 MYC 总是定位在精原细胞、初级和次级精母细胞以及精子细胞的核中<sup>[9]</sup>。上述研究可见,*c-fos* 和 *c-myc* 在精子发生中与细胞的增殖及分化有着密切的关系。但在不同物种的精子发生中,这两种原癌基因的表达存在着差异,其普遍性规律仍须更多的实验证实。北方山溪鲵 (*Batrachuperus tibetanus*),或称西藏山溪鲵,属于非连续性精子发生,生精细胞的分化时间比较明显,精原细胞增殖可分为两个时期,在 9~11 月间为精原细胞缓慢增殖期,翌年 3~5 月间为精原细胞快速增殖期,6 月末~7 月初为初级精母细胞的成熟分裂期,7 月末~8 月是精子形成期<sup>[10-12]</sup>。在明确北方山溪鲵生精细胞发育周期的基础上,本文用免疫组织化学方法,通过对北方山溪鲵不同发育时期生精细胞中原癌蛋白 FOS 和 MYC 的表达定位变化,阐明 *c-fos* 和 *c-myc* 在精子发生中的调节作用。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 雄性成体北方山溪鲵于 2001 年、2002 年 4~11 月采自秦岭北坡的溪流中,采集点在东经 107°58'15",北纬 33°47'03"的溪流中,海拔高度为 1 600~1 900 m。每月 3~4 例,共 28 例。体重 19~30 g,体长 175~260 mm。

**1.2 样品制备** 动物经麻醉后剖腹,取其精巢,迅速放入改良 Bouin's 液固定 10~12 h,系列酒精脱水,石蜡包埋,连续切片,切片厚 5~8  $\mu\text{m}$ 。

**1.3 免疫细胞化学反应程序** 采用 Boster 公司推荐的免疫组织化学 SABC 法:切片常规脱蜡、复水后浸入用蒸馏水新配制的 3%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,室温下 5~10 min 以灭活内源性酶;用 0.01 mol/L 枸橼酸盐缓冲液 (pH 6.0),热修复 2~3 次;抗原修复液 I 修复 5~10 min;正常山羊血清室温下封闭 20 min;加入一抗 (FOS 抗体为兔抗人、MYC 抗体为鼠抗人,均为 Boster 产品, PBS 1:50 稀释) 4℃ 孵育 24 h;再用二抗 (为与一抗同源的兔抗或鼠抗抗体, Boster 产品) 37℃ 孵育 30 min;用 SABC (streptavidin-biotin-peroxidase complex) 复合液在 37℃ 孵育 30 min;最后加 DAB 显色剂显色,每月空白对照切片均用 PBS 代替第一抗体进行孵育。Leica DMLB2 型光学显微镜观察并摄像。

用 Qwin V<sub>3</sub> 图像分析系统 (Leica) 分别测定 4~11 月精巢的 FOS、MYC 抗体免疫染色反应物的灰度值,每个材料随机选取 3 张切片,每张切片随机测试 30 个阳性细胞的灰度值取其平均值。灰度值越低,光密度越强,阳性反应越强。用 SPSS 10.0 for Windows 进行统计学分析,所测数据符合正态分布,统计平均值和标准差,与阴性对照比较。

2 结 果

2.1 FOS 的表达 从 FOS 在生精细胞中的免疫反应灰度值(表 1)可见,在 4 月,山溪鲃的精巢中 FOS 在许多精原细胞的胞质中和核膜上有强阳性反应(图版 I :1);5 月,在同一生精小囊内,几乎所有精原细胞的核质中均有强阳性反应(图版 I :2);6 月,在一些精母细胞的核质

及核膜下有强阳性反应(图版 I :3);7 月,在精子细胞的核质或核膜下有强阳性反应(图版 I :4);在 8~9 月的精巢增殖区,FOS 出现在一些精原细胞的胞质及核膜上(图版 I :5);10~11 月,FOS 则在增殖区少数精原细胞的胞核中有阳性表达(图版 I :6);在成熟区的精子头部也有 FOS 的弱阳性反应(图版 I :7)。

表 1 FOS 在北方山溪鲃精子发生中的免疫细胞化学定位及其灰度值( $\bar{X} \pm SD$ )

Table 1 The localization and grey level of FOS immunoreactivity in spermatogenesis of *B. tibetanus*

月份 Month	精原细胞 Spermatogonia		精母细胞 Spermatocyte		精子细胞 Spermatid		精子 Sperm	
	定位 Localization	灰度值 Grey level	定位 Localization	灰度值 Grey level	定位 Localization	灰度值 Grey level	定位 Localization	灰度值 Grey level
4	Cp , Nm	63.16 ± 14.81						
5	Np	49.56 ± 10.89						
6			Np , Nm	60.36 ± 12.44				
7					Np , Nm	56.80 ± 10.14		
8	Cp , Nm	75.88 ± 11.99					Np	85.24 ± 18.09
9	Cp , Nm	99.20 ± 12.70					Np	88.16 ± 12.70
10	Nm , Np	70.76 ± 11.82					Np	96.40 ± 16.13
11	Nm , Np	75.40 ± 11.30						

空白对照(图版 I :8)的灰度值为  $131 \pm 9.69$ ;Cp:细胞质;Np:核质;Nm:核膜;空白为缺乏此类细胞。

FOS grey level is  $131 \pm 9.69$  in the control;Cp:cytoplasm;Np:nucleoplasm;Nm:nuclear membrane;Blank:absence of cellular type.

2.2 MYC 的表达 从生精细胞中 MYC 免疫反应的灰度值(表 2)可见,在 4 月的精巢中,MYC 在一些精原细胞核周围的胞质有阳性表达(图版 II :1);5 月,在大多数精原细胞的核膜下都有强阳性反应(图版 II :2);6 月,MYC 在精母细胞的核膜下有强阳性反应(图版 II :3);7

月,在精子细胞核膜下有阳性反应(图版 II :4);8~9 月,MYC 在增殖区部分精原细胞的胞质中有阳性反应(图版 II :5);10~11 月,MYC 在增殖区个别精原细胞的核质中有阳性反应(图版 II :6)成熟区的精子头部有弱阳性反应(图版 II :7)。

表 2 MYC 在北方山溪鲃精子发生中的免疫细胞化学定位及其灰度值( $\bar{X} \pm SD$ )

Table 2 The localization and grey level of MYC immunoreactivity in spermatogenesis of *B. tibetanus*

月份 Month	精原细胞 Spermatogonia		精母细胞 Spermatocyte		精子细胞 Spermatid		精子 Sperm	
	定位 Localization	灰度值 Grey level	定位 Localization	灰度值 Grey level	定位 Localization	灰度值 Grey level	定位 Localization	灰度值 Grey level
4	Cp	74.96 ± 14.37						
5	Np	73.12 ± 13.34						
6			Np	51.84 ± 14.17				
7					Np	91.44 ± 19.36		
8	Cp	86.16 ± 19.41					Np	106.76 ± 15.53
9	Cp	67.76 ± 13.67					Np	96.61 ± 18.10
10	Np	70.88 ± 14.08					Np	112.76 ± 17.13
11	Np	80.32 ± 9.06						

空白对照(图版 II :8)的灰度值为  $134 \pm 16.43$ 。

FOS grey level is  $134 \pm 16.43$  in the control.

### 3 讨 论

**3.1 FOS 与生精细胞增殖和分化的关系** *c-fos* 在生殖细胞内呈现出阶段性表达,其产物 FOS 作为细胞内转录因子对细胞增殖、分化、凋亡具有重要的调控作用。食用蛙精巢处于静止时期时, FOS 存在于初级精原细胞胞质中,而当精原细胞开始增殖时, FOS 出现在初级精原细胞的核质中<sup>[8]</sup>。蜥蜴中, *c-fos* 的蛋白一直存在于生精细胞中,而且在精原细胞增殖时,有从胞质到胞核的转移过程<sup>[9]</sup>。北方山溪鲵的精巢中, FOS 间断性地存在于精原细胞、精母细胞和精子细胞中,在个别精子头部也有表达。8~11 月,即北方山溪鲵精原细胞缓慢增殖时, FOS 存在于少量精原细胞中,阳性反应首先在胞质和核膜上,然后则出现在核膜和核质中。在此阶段, FOS 表达有两个特点,一是表达的细胞数量较少;二是表达得强度较弱。这与北方山溪鲵在缓慢增殖期内精原细胞分裂的数量较少,细胞分裂速度较慢相一致。翌年 4~5 月,是精原细胞的快速增殖期。此时北方山溪鲵的精巢已经过 1~2 月的休眠期和 3 月的排精期,精巢成熟区内大量的精子已排出,增生区的生精细胞向周围扩展,细胞分裂的数量多、速度快<sup>[10,11]</sup>, FOS 在精原细胞的表达数量和强度都比缓慢增殖阶段增加。说明 FOS 对精原细胞的增殖分裂中有促进作用。

在北方山溪鲵两次精原细胞增殖过程中, FOS 都表现出从胞质转移到核质中的特点,这与在食用蛙<sup>[13]</sup>和蜥蜴<sup>[9]</sup>中所得出的结果相似。在食用蛙, *c-fos* 样 mRNA 出现在生精细胞增殖的高峰期。FOS 蛋白从胞质转移到核质内的过程不仅仅只是一个简单的位置变化,而是 *c-fos* 表达的由弱变强、发挥作用的过程<sup>[14]</sup>。Cobellis 等<sup>[15]</sup>报道,雌激素可以激活 FOS 蛋白的表达,而 FOS 蛋白在精原细胞核内磷酸化时,参与精原细胞增殖,从而调节精子发生起始。

Wolfes 等<sup>[1]</sup>报道, *c-fos* 在小鼠的 B 型精原细胞内有较高水平表达,而 B 型精原细胞是在成熟分裂前最后一次有丝分裂所形成的,推测

*c-fos* 参与调节精原细胞向精母细胞过渡的进程。Cobellis 等<sup>[16]</sup>认为, FOS 可能涉及精原细胞核内的某些转录因子,诱发了成熟分裂。北方山溪鲵,从 5 月到 6 月是生精细胞从增殖期到成熟期过渡的阶段,即精原细胞向初级精母细胞过渡的时期。5 月, FOS 在大量的精原细胞核质中强表达,此时的精原细胞多为 B 型精原细胞。而 6 月的精母细胞中, FOS 表达的细胞数量较少,并且阳性反应物在核膜下,与 5 月精原细胞相比,阳性反应减弱。说明在北方山溪鲵, FOS 还可能在生精细胞有丝分裂向成熟分裂的转化过程中发挥某种作用。

关于 FOS 是否在精子细胞和精子表达的报道不多。北方山溪鲵 7 月的少量精子细胞和 8 月的精子头部中,可见 FOS 有较弱的阳性反应,说明在精子变态前和变态中 FOS 仍存在,它是否在精子变态中具有调节作用,仍待探讨。

**3.2 MYC 与生精细胞增殖和分化的关系** *c-myc* 的表达产物 MYC 参与 DNA 复制的启动,调节细胞的增殖、分化和凋亡。已有报道, *c-myc* 的表达水平与细胞增殖有关,高水平的 *c-myc* mRNA 可促进细胞进入 S 期,认为精原细胞进入增殖周期与 *c-myc* 的诱导作用有关<sup>[5,6,17]</sup>。蜥蜴中, MYC 可在精原细胞、初级精母细胞、次级精母细胞和精子细胞的核内表达,与 FOS 一起调节蜥蜴的精子发生过程<sup>[9]</sup>。在食用蛙精巢中, 11~2 月, MYC 存在于精原细胞的胞质中,而在 3~11 月的精原细胞和精母细胞中, MYC 总是在细胞核中有阳性反应<sup>[8]</sup>。北方山溪鲵精巢中,与 FOS 相似, MYC 在各个不同发育时期的生精细胞都有间断性表达。8~11 月,精原细胞缓慢增殖时, MYC 从精原细胞的胞质到核膜下,表达的细胞数量和强度均较小。而 4~5 月,当精原细胞大量增殖时, MYC 也从精原细胞的胞质到核膜下,但表达的细胞数量和强度都增加。可见与 FOS 相似, MYC 的表达水平与精原细胞增殖速度是一致的。

小鼠中, *c-myc* 在 B 型精原细胞内高水平表达,精母细胞在减数分裂前期其 mRNA 亦有表达<sup>[1]</sup>。人类 *c-myc* 在成熟分裂后期的精子细

胞表达,说明 *c-myc* 在精子形成中有重要作用<sup>[18]</sup>。北方山溪鲵 MYC 在 6 月的精母细胞核中强表达,7 月的精子细胞核中弱表达,这与 FOS 此时在这两种细胞的表达水平非常相似。通过小鼠生殖细胞的体外培养,用 RT-PCR 研究发现,*c-myc* 的过量表达使生精细胞都停滞在初级精母细胞的减数分裂早期,导致初级精母细胞凋亡<sup>[19]</sup>。Suzuki 等<sup>[20]</sup>也证实,在生精细胞中 *c-myc* 过量表达可导致生精细胞死亡。说明 MYC 若过度表达,则干扰正常成熟分裂过程细胞周期的调控机制,限制精母细胞减数分裂进程。在北方山溪鲵,5~6 月是精原细胞向精母细胞过渡的时期,FOS 和 MYC 都强表达,而 7 月的精子细胞,FOS 和 MYC 表达都较弱。由此可认为这两种发育信息在生精细胞的成熟分裂的调节中可能有相互拮抗作用,前者促进从细胞增殖到细胞成熟的过程,而后者在限制这一转化进程,它们共同调控生精细胞分化。如果二者之间失去平衡,将导致细胞成熟发育的失败。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Wolfes H , Kogawa K , Millette C F . Specific expression of nuclear proto-oncogenes before entry into meiotic prophase of spermatogenesis . *Science* ,1989 **245** :740 ~ 743 .
- [ 2 ] Gusse M , Cjhydael J , Evan G , et al . Translocation of a store of maternal cytoplasmic *c-myc* protein into nuclei during early development . *Mol Cell Biol* ,1989 **9** :5 395 ~ 5 403 .
- [ 3 ] Schultz R , Penttia T L , Parvinen M , et al . Expression of immediate early genes in tubular cells of rat testis . *Biol Reprod* ,1995 **52** ( 6 ) :1 215 ~ 1 226 .
- [ 4 ] Stewart A , Bellve A R , Leder P . Transcription and promoter usage of the *myc* gene in normal somatic and spermatogenic cells . *Science* ,1984 **226** :707 ~ 710 .
- [ 5 ] Naz R K , Ahmad K , Kumar G . Presence and role of *c-myc* proto-oncogene product in mammalian sperm cell function . *Biol Reprod* ,1991 **44** :842 ~ 850 .
- [ 6 ] Torres R , Schreiber-Agus N , Morgenbesser S D , et al . Myc and Max : a putative transcriptional complex in search of a cellular target . *Curr Opin Cell Biol* ,1992 **4** :468 ~ 474 .
- [ 7 ] Marsh A G , Walker C W . Effect of estradiol and progesterone on *c-myc* expression in the sea star and the seasonal regulation of spermatogenesis . *Mol Reprod Dev* ,1995 **40** :62 ~ 68 .
- [ 8 ] Chieffi P , Minucci S , Cobellis G , et al . Changes in proto-oncogene activity in the testis of the frog , *Rana esculenta* , during the annual reproductive cycle . *Gen Comp Endocrinol* ,1995 **99** ( 2 ) :127 ~ 136 .
- [ 9 ] Chieffi P , Angelini F , Pierantoni R . Proto-oncogenes activity in the testis of the lizard , *Podarcis s. sicula* , during the annual reproductive cycle . *Gen Comp Endocrinol* ,1997 **108** ( 2 ) :173 ~ 181 .
- [ 10 ] 王宏元 , 张育辉 . 北方山溪鲵精巢显微结构的年周期变化 . *动物学研究* ,2004 **25** ( 6 ) :484 ~ 490 .
- [ 11 ] 王宏元 , 王小平 , 张育辉等 . 北方山溪鲵精巢生精小叶与间质区在繁殖周期中显微结构的变化 . *动物学杂志* ,2005 **40** ( 3 ) :72 ~ 76 .
- [ 12 ] 覃丽梅 , 谢锋 , 郑中华等 . 西藏山溪鲵精子的形态 . *动物学杂志* ,2005 **40** ( 2 ) :71 ~ 74 .
- [ 13 ] Paolucci M , D ' Antonio M , Pierantoni R . Seasonal fluctuations of androgen-binding activity in the testis of the frog , *Rana esculenta* . *Gen Comp Endocrinol* ,1992 **88** :335 ~ 340 .
- [ 14 ] Cobellis G , Pierantoni R , Fasano S . *c-fos* and *c-jun* like mRNA expression in frog ( *Rana esculenta* ) testis during the annual reproductive cycle . *Gen Comp Endocrinol* ,1997 **106** ( 1 ) :23 ~ 29 .
- [ 15 ] Cobellis G , Meccariello R , Fienga G , et al . Cytoplasmic and nuclear FOS protein forms regulate resumption of spermatogenesis in the frog , *Rana esculenta* . *Endocrinology* ,2002 **43** ( 1 ) :163 ~ 170 .
- [ 16 ] Cobellis G , Pierantoni R , Minucci , et al . *C-fos* activity in *Rana esculenta* testis : seasonal and estradiol-induced changes . *Endocrinology* ,1999 **140** ( 7 ) :3 238 ~ 3 244 .
- [ 17 ] Walker C W , Boom J D , Marsh A G . First non-vertebrate member of the *myc* gene family is seasonally expressed in an invertebrate testis . *Oncogene* ,1992 **7** ( 10 ) :2 007 ~ 2 012 .
- [ 18 ] Kumar G , Patel D , Naz R K . *C-myc* mRNA is present in human sperm cells . *Cell Mol Biol Res* ,1993 **39** ( 2 ) :111 ~ 117 .
- [ 19 ] Koikeda S , Tamaru M , Goto M . Analysis of the expression of two phosphoglycerate kinase genes in a mouse cultured cell line during activation and inactivation of the *c-myc* gene . *Chem Pharm Bull* ,1989 **37** ( 4 ) :1 103 ~ 1 105 .
- [ 20 ] Suzuki M , Abe K . Specific arrest of spermatogenesis caused by apoptotic cell death in transgenic mice . *Genes Cells* ,1996 **1** ( 12 ) :1 077 ~ 1 086 .

图版 I 说明

1. 4 月 ,FOS 的阳性免疫反应物( ↑ )定位在精原细胞胞质中 ;2. 5 月 ,FOS( ↑ )在精原细胞核中表达 ;3. 6 月 ,FOS( ↑ )定位在精母细胞核中 ;4. 7 月 ,FOS( ↑ )定位在精子细胞核中 ;5. 8 月 ,FOS( ↑ )在精巢非成熟区一些精原细胞的胞质中表达 ;6. 10 月 ,FOS( ↑ )在精巢非成熟区精原细胞核中表达 ;7. 10 月 ,FOS( ↑ )定位在精巢成熟区精子头部 ;1~7×316 ;8. 空白对照 ×158。

The Explanation of Plate I

1.FOS( ↑ ) in cytoplasm of spermatogonia in April ;2.FOS( ↑ ) in nuclei of spermatogonia in May ;3.FOS( ↑ ) in nuclei of spermatocyte in June. 4.FOS( ↑ ) in nuclei of spermatid in July ;5.FOS( ↑ ) in cytoplasm of spermatogonia in immature zone in August ;6.FOS( ↑ ) in nuclei of spermatogonia in immature zone in October ;7.FOS( ↑ ) in cephalosome of spermatozoa in mature zone in October ;1-7 ×316 ;8.control section without positive reaction ×158.

图版 II 说明

1. 4 月 ,MYC( ↑ )在精原细胞的胞质中表达 ;2. 5 月 ,MYC( ↑ )在精原细胞的核膜下表达 ;3. 6 月 ,MYC( ↑ )定位在精母细胞核中 ;4. 7 月 ,MYC( ↑ )定位在精子细胞核中 ;5. 8 月 ,MYC( ↑ )定位在非成熟区少数精原细胞的胞质中 ;6. 11 月 ,MYC( ↑ )在非成熟区个别精原细胞的胞质和核中表达 ;7. 10 月 ,MYC( ↑ )定位在精巢成熟区的精子头部 ;1~7 ×316 ;8. 空白对照 ×158。

The Explanation of Plate II

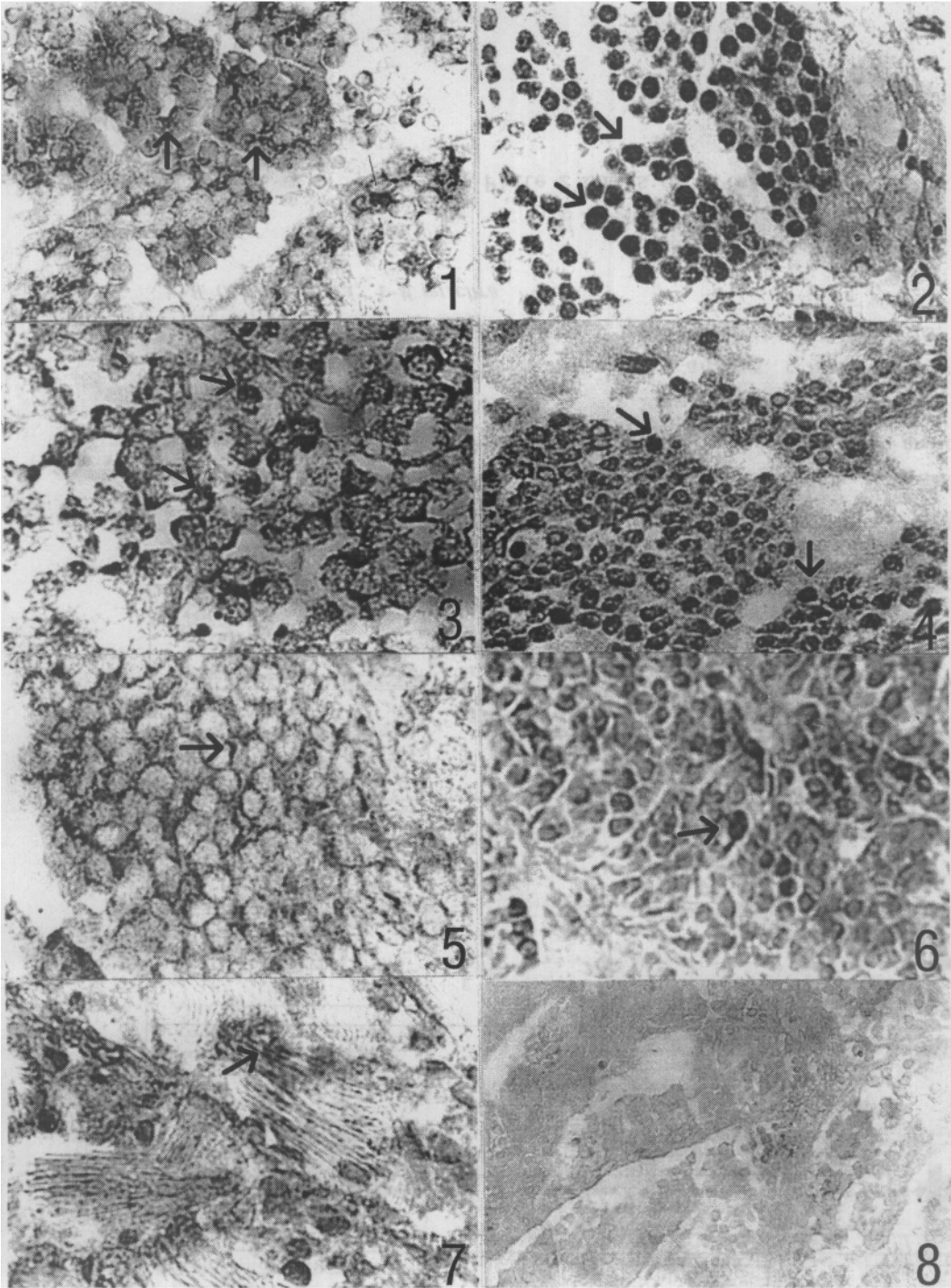
1.MYC( ↑ ) in cytoplasm of spermatogonia in April ;2.MYC( ↑ ) in perinuclear regionus of spermatogonia in May ;3. MYC( ↑ ) in nuclei of spermatocyte in June ;4.MYC( ↑ ) in nuclei of spermatid in July ;5.MYC( ↑ ) in cytoplasm of spermatogonia in immature zone in August ;6.MYC( ↑ ) in cytoplasm and nuclei of spermatogonia in immature zone in November ;7.MYC( ↑ ) in cephalosome of spermatozoa in mature in October ;1-7 ×316 ;8.control section without positive reaction ×158.

李亚琳等 :*c-fos* 和 *c-myc* 在北方山溪鲵精子发生中的表达

图版 I

LI Ya-Lin *et al.* :Expression of *c-fos* and *c-myc* during Spermatogenesis of Stream Salamander

Plate I



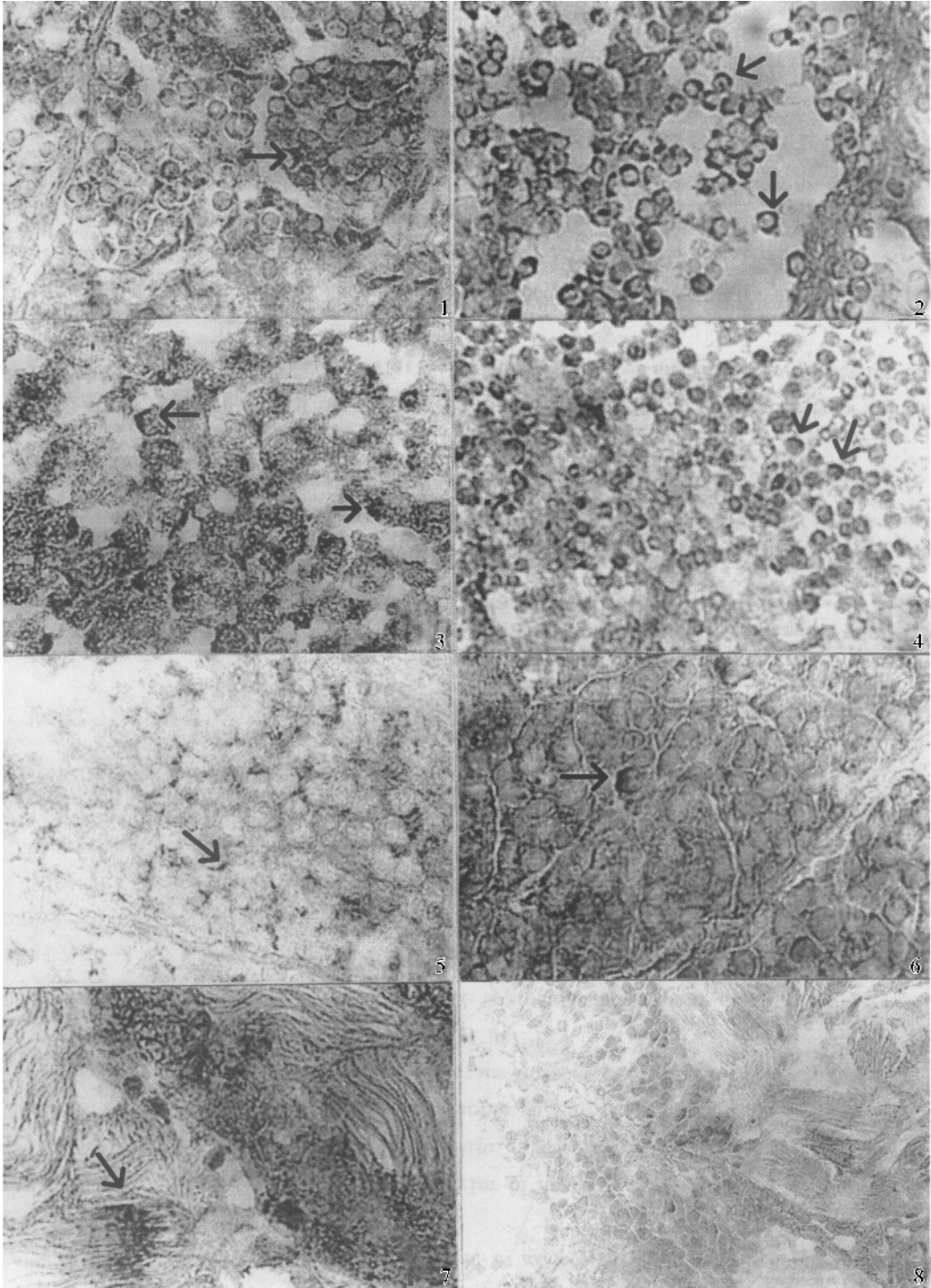
图版说明见文后

李亚琳等 :*c-fos* 和 *c-myc* 在北方山溪鲵精子发生中的表达

图版 II

LI Ya-Lin *et al.* : Expression of *c-fos* and *c-myc* during Spermatogenesis of Stream Salamander

Plate II



图版说明见文后