

北草蜥精子的超微结构——兼评不同类群 蜥蜴精子形态的差异

张永普^{1,*}, 应雪萍¹, 计翔²

(1. 温州师范学院 生命与环境科学学院, 浙江 温州 325027;

2. 南京师范大学 生命科学学院, 江苏省生物资源技术重点实验室, 江苏 南京 210097)

摘要: 应用透射电镜对北草蜥精子的超微结构研究表明, 北草蜥精子头部顶体囊始终呈圆形, 由皮质和髓质组成; 顶体囊单侧脊的皮质与髓质间具电子透亮区; 穿孔器 1 个, 无穿孔器基板; 具顶体下腔; 细胞核长形, 核内小管缺, 核前电子透亮区缺, 核肩圆。尾部颈段具片层结构。中段短, 多层膜结构缺; 纵切面上具 2 层线粒体; 横切面上每圈线粒体 6 个; 2 组致密体, 具连续的环状结构; 线粒体与环状结构的排列模式: rs1/mi1、rs2/mi2; 纤维鞘伸入中段, 具终环。主段前面部分具薄的细胞质颗粒区; 纤维 3 和 8 至主段前端消失; 轴丝呈“9+2”型。蜥蜴科内不同种类的线粒体数目不同, 但都具有 2 组致密体。不同类群蜥蜴的顶体囊、顶体下腔、核前电子透亮区、穿孔器基板、核肩, 以及线粒体与致密体的数目和排列方式等精子超微结构特征都为研究蜥蜴的系统发生提供了辅助信息。

关键词: 蜥蜴科; 北草蜥; 精子; 超微结构

中图分类号: Q959.62; Q954.43; Q952.4 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853(2005)05-0518-09

Ultrastructure of the Spermatozoon of the Northern Grass Lizard (*Takydromus septentrionalis*) with Comments on the Variability of Sperm Morphology Among Lizard Taxa

ZHANG Yong-pu^{1,*}, YING Xue-ping¹, JI Xiang²

(1. School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou Normal College, Wenzhou 325027, China;

2. Jiangsu Key Laboratory for Bioresource and Technology, School of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: We studied the ultrastructure of the spermatozoon of northern grass lizards (*Takydromus septentrionalis*, $n = 5$) collected in April 2003 from a population in Wenzhou, Zhejiang, eastern China. The mature spermatozoa are characterized by: A circular acrosome; an acrosomal vesicle divided into cortex and medulla; the unilateral ridge of the acrosome vesicle divided into cortex and medulla, the electron-lucent zone between them; a prenuclear perforatorium, absence of the perforatorium base plate; presence of the subacrosomal space; an elongated nucleus, absence of an endonuclear canal; absence of epinuclear lucent zone; rounded nuclear shoulders. A bilateral stratified laminar structure within the neck region. A short midpiece; absence of multilaminar membranes; in longitudinal section, two tiers of mitochondria, in transverse section, six mitochondria with linear cristae; the presence of two dense body groups, the ring structure consisting of the complete ring; the arrangement pattern of the ring structure and mitochondria in rs1/mi1 and rs2/mi2; a fibrous sheath in the midpiece; presence of an annulus. A thin granular zone of cytoplasm at the anterior portion of the principal piece; the enlarged fiber 3 and fiber 8 disappearing at the anterior portion of the principal piece; the axoneme complex having an usual 9+2 pattern. Within lacertid lizards, sperms differ among species in the number of mitochondria, but in all species studied so far, there are two groups of dense bodies. However, lizards of different taxa differ, in various degrees, in such sperm morphological traits as acrosome vesicle, subacrosomal space, epinuclear lucent zone, perforatorium base plate, nuclear shoulder and number and arrangement of mitochondria and dense bodies. These differences suggest that sperm morphology provides additional information which one may use to study the phylogeny of lizards.

收稿日期: 2005-03-22; 接受日期: 2005-06-28

基金项目: 浙江省教育厅科研项目 (20040333); 温州师范学院科研基金资助项目 (2003Z18)

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: zhangypu88@yahoo.com.cn; zhangyp@wznc.zj.cn

Key words: Lacertidae; *Takydromus septentrionalis*; Spermatozoa; Ultrastructure

研究精子超微结构有助于揭示动物的受精机理。研究表明,爬行动物的精子超微结构还可作为一类独立的分类特征,为系统发生分析、揭示不同类群间的亲缘关系提供辅助证据(Jamieson & Healy, 1992; Jamieson, 1995b; Oliver et al, 1996; Teixeira et al, 1999a, b)。然而,来自精子超微结构的证据在系统发生分析中究竟最适用于哪个分类阶元尚不明确(Giugliano et al, 2002)。因此,研究更多爬行动物的精子超微结构,有助于弄清其在系统发生分析方面的运用前景。

蜥蜴科(Lacertidae)动物现存约200种,但有关该科精子超微结构的研究不多。Furieri (1970)简要报道了5种蜥蜴科动物(*Lacerta sicula campestris*、*L. lepida lepida*、*L. laevis*、*L. viridis*和*Algyroides alleni*)的精子超微结构,发现它们的精子具有相似的超微结构特征。此外,Butler & Gabri (1984)报道了巴尔干岩蜥(*Podarcis taurica*)精子的头部形成;Courstens & Depeiges (1985)报道了胎生蜥蜴*Lacerta vivipara*的精子发生。但国内有关蜥蜴科精子超微结构方面的工作尚处空白。本文作者以中国特有且在南方多数省份常见的北草蜥(*Takydromus septentrionalis*)为模型动物,比较该种与蜥蜴科其他已被研究的物种、其他蜥蜴类动物精子超微结构的异同,着重探讨精子超微结构在蜥蜴类系统发生分析中的运用前景。

1 材料与方法

2003年4月初,北草蜥捕自浙江温州市郊。材料带回实验室后,断头处死5条成熟雄性,迅速剖取附睾,切成1 mm³左右的小块,分别用0.1 mol/L pH 7.4磷酸缓冲液配制的2.5%戊二醛(v/v)和1%锇酸(m/m)双固定,丙酮梯度脱水,618环氧树脂包埋,瑞典LKB2088超薄切片机切片,醋酸铀和柠檬酸铅双重染色,日立H-600和H-7500型透射电镜观察并拍照。

2 结果

北草蜥成熟精子超微结构由头和尾两部分组成,头部由顶体复合体和核组成(图1);尾部由颈段、中段、主段和末段4部分组成(图3, 5, 7, 8)。

2.1 头部 (sperm head)

2.1.1 顶体复合体(acrosomal complex) 顶体复合体呈帽状,长约2.96 μm ($n = 4$),由顶体囊(acrosomal vesicle)、顶体下锥(subacrosomal cone)、顶体下腔(subacrosomal space)和穿孔器(perforatorium)组成(图1)。顶体呈锥状,称为顶体囊或顶体帽(acrosomal cap),由电子致密物质组成。在纵切面上,顶体囊的前半部分内有一窄腔,腔内有1个穿孔器(图1, 2),穿孔器呈现细而中度电子致密的杆状,长约0.57 μm ($n = 4$);无穿孔器基板(basal plate);顶体囊后半部分壁薄呈袖状,又称为顶体袖(acrosomal sleeve)。顶体囊与核之间,靠近核膜的电子致密部分称为顶体下锥(图1, 2),由类结晶状(paracrystalline)的顶体下物质(subacrosomal material)组成。顶体下锥后端具膜状的凸缘(flange)(图1)。顶体囊与顶体下锥之间具电子密度低、稍透亮的间隙,即顶体下腔(图1, 1d, 1e)。顶体囊前端部分分为髓质和皮质,髓质较宽,位于内层;皮质较窄,位于外层,皮质的电子致密程度比髓质高,且皮质与髓质之间的电子致密较低(图1a, 1b),髓质外具管状结构(tubular organization)(图1a)。在横切面上,顶体囊、顶体下腔、顶体下锥和细胞核呈同心环状(图1d, 1e)。在纵切面和横切面上,顶体下锥前端两侧的顶体囊宽度不对称,较宽的一侧又称单侧脊(unilateral ridge),单侧脊明显分为皮质和髓质,其间具电子致密低的透亮区,髓质部分呈新月形带(crescentic band)(图1, 2, 1c)。在横切面上,顶体前部呈现圆形(图1a)。

2.1.2 细胞核(nucleus) 由高度浓缩且电子致密、均质的染色质组成(图1, 1d, 1e, 2, 2a, 3, 3a, 3b, 4, 5),无核前电子透亮区(epinuclear lucent zone)、无核内管(endonuclear canal),核长约10.21 μm ($n = 3$)。在纵切面上,核的形状长而弯曲,前端逐渐变细呈锥形的部分称核喙(nuclear rostrum),核喙长约1.02 μm ($n = 4$),并伸入顶体下锥(图1, 2)。核喙基部具圆形的核肩(nuclear shoulders)(图1)。核肩至核后端的直径稍有增大,核在核肩和核后端的直径分别约为0.46 μm ($n = 3$)和0.61 μm ($n = 6$)。核后端具一圆锥状的核陷窝(nuclear fossa),又称植入窝(implantation fossa)

(图 3, 3b, 5, 6)。在不同水平的横切面上, 核始终呈圆形(图 1d, 1e, 2a, 3a, 3b)。

2.2 尾部 (sperm tail)

2.2.1 颈段 (neck region) 颈段位于核末端与鞭毛前端的交接处, 包括连接段 (connecting piece)、近端中心粒和远端中心粒。在颈段的矢状面和纵切面上, 连接段由电子致密的中心粒外周物质 (pericentriolar material) 组成的踝状突 (capitulum) 和片层结构 (stratified laminar structure) 组成 (图 5, 6)。踝状突内具一腔, 近端中心粒位于其中 (图 5)。在颈段的额状面上具片层结构 (图 4)。致密锥和核陷窝壁间有电子致密程度浅且窄的间隙连接 (图 3, 5, 6)。远端中心粒位于近端中心粒的后面, 两者的长轴几乎垂直近直角 (图 5)。远端中心粒外具 9 束外周致密纤维 (peripheral dense fiber) (图 3c, 5)。远端中心粒亦称基体 (basal body) 或基粒 (basal granule), 从此产生尾部的轴丝 (axoneme)。远端中心粒无纤维鞘 (fibrous sheath) 包围, 由环状排列的 9 束三联微管和 1 对来自轴丝的中央微管 (central microtubule) 组成。9 束外周致密纤维分别靠近 9 束三联微管, 一条中央致密纤维 (central dense fiber) 与中央微管靠近 (图 3c)。

2.3 中段 (mid piece)

中段起始于第一组致密体 (dense body), 止于后端的终环, 长约 $3.13 \mu\text{m}$, 由线粒体、环状结构 (ring structure)、轴丝 (axoneme)、纤维鞘及终环 (annulus) 组成, 中段外侧多层膜 (multilaminar membranes) 结构缺 (图 3)。

在精子的纵切面上有二组 (group) 块状的致密体, 第一组为紧接于细胞核后的电子致密程度较浅的小致密体; 第二组为长柱状的大致密体, 长约 $0.52 \mu\text{m}$ ($n=4$) (图 3)。第二组致密体在横切面上, 呈环状结构, 内缘个别地方具锯齿状 (图 3e)。线粒体与环状结构的排列模式: rs1/mi1、rs2/mi2。线粒体在横切面上呈卵圆形, 内含双层线状纵嵴 (cristae) (图 3c, 3d)。在横切面上, 线粒体数目相对恒定, 为 6 个 (图 3d)。

终环位于中段末端, 为小型致密环, 紧贴于细胞膜的内表面 (图 3, 3f)。

轴丝起自远端中心粒, 呈“9+2”型, 外围为 9 束双联微管, 内有 1 对分离的中央微管。各双联微管有明显的放射辐伸向中央微管 (图 3d, 3e)。9 束外周致密纤维往后沿着轴丝伸入中段, 并与轴

丝相应的 9 束双联微管靠近, 除双联微管 3 和 8 相邻的外周纤维外, 其余纤维在轴丝起始处迅速退化。双联微管 3 和 8 的外周纤维逐渐向纤维鞘靠拢, 伸至主段颗粒细胞质区 (granular cytoplasmic zone) (图 3g)。

纤维鞘伸入中段, 约占中段长度的 74.46% ($n=4$)。在纵切面上, 纤维鞘形状规则, 呈正方形或长方形的块状 (图 3, 7); 在横切面上, 纤维鞘呈环状, 包围着轴丝 (图 3d, 3e, 3f, 3g, 7a)。

2.4 主段 (principal piece)

主段位于中段后, 为精子的最长部分, 由纤维鞘和轴丝构成 (图 7)。主段起始处, 质膜和纤维鞘之间有一短而宽的颗粒细胞质区 (图 3, 3g), 随后, 质膜向纤维鞘靠拢, 颗粒细胞质逐渐消失。主段无线粒体和环状结构。颗粒细胞质区后所有外周致密纤维和中央纤维消失 (图 7a, 8a)。纤维鞘的厚度随着主段往后延伸逐渐变薄, 至末段交接处消失, 轴丝仍呈“9+2”型 (图 3g, 7a, 8a)。

2.5 末段 (end piece)

从轴丝发出的、位于纤维鞘后的鞭毛部分为末段, 其长度难以测量, 纤维鞘消失, 只有质膜环包于轴丝的外面。在近端, 轴丝仍呈“9+2”型; 往后逐渐解体, 排列不规则 (图 8b)。

3 讨论

3.1 顶体复合体

北草蜥精子的顶体复合体由顶体囊、顶体下锥、顶体下腔和穿孔器组成。其中, 顶体囊、顶体下锥和穿孔器是有鳞类爬行动物的共有特征 (Jamieson, 1995a, b, 1999)。在横切面上, 蜥蜴精子顶体前端有圆形和扁形两种形状 (表 1)。北草蜥顶体前端呈圆形, 与壁虎科 (Gekkonidae)、鳞脚蜥科 (Pygopodidae)、裸眼蜥科 (Gymnophthalmidae) 等具有相同的顶体前端形状。根据现有的报道, 大多数蜥蜴的科内不同种类具有相似的顶体形状 (Teixeira et al, 1999d; Giugliano et al, 2002; Tavares-Bastos et al, 2002; Teixeira et al, 2002), 但石龙子科 (Scincidae) 内不同种类的顶体形状有一定的差异, 如蜓蜥-胎生蜥群 (Sphenomorphus-Egernia group) (Jamieson & Scheltinga, 1993, 1994; Jamieson et al, 1996) 的顶体前端呈扁形, 而巨石龙子群 (Eugongylus group) (Jamieson & Scheltinga, 1994; Jamieson et al, 1996) 的顶体前

端呈圆形。

蜥蜴精子的顶体囊前端部分有两种结构类型 (表 1): (1) 顶体囊前端部分可分为皮质和髓质两

部分, 如北草蜥和蜥蜴科的 *Lacerta* 和 *Algyroides* 属 (Furieri, 1970); (2) 顶体囊由均质的电子致密物质组成, 无皮质与髓质之分。石龙子科和安乐蜥科



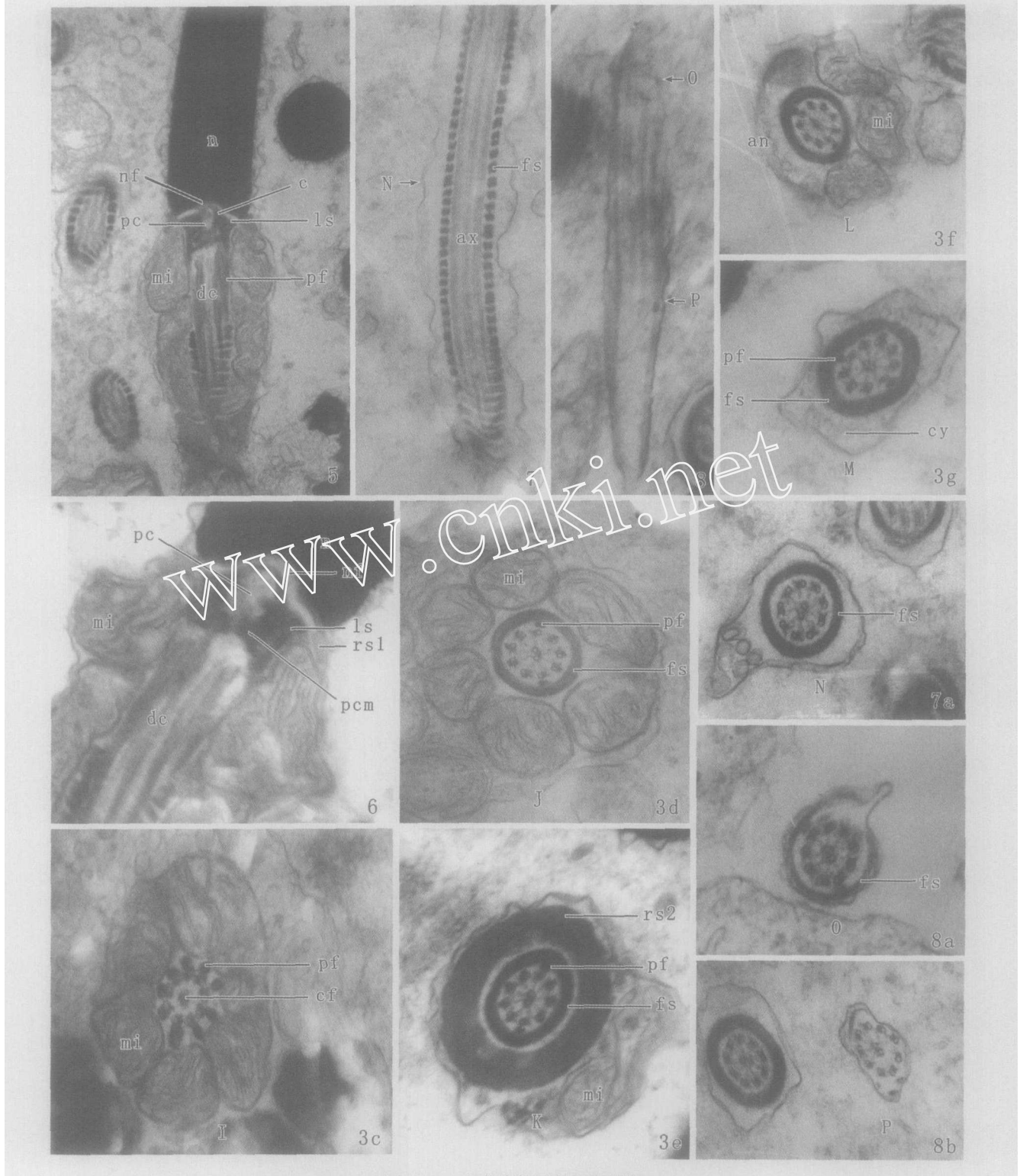


图 1—8 北卓斯精子的超微结构

Figs. 1-8 Ultrastructure of the spermatozoa of *Takydromus septentrionalis*

a: 顶体囊 (Acrosome vesicle); an: 终环 (Annulus); ax: 轴丝 (Axoneme); c: 踝状突 (Capitulum); cf: 中央纤维 (Central fiber); co: 皮质 (Cortex); cy: 细胞质 (Cytoplasm); dc: 远端中心粒 (Distal centriole); fs: 纤维鞘 (Fibrous sheath); ls: 片层结构 (Stratified laminar structure); me: 髓质 (Medulla); mi: 线粒体环 (Mitochondrial ring); n: 细胞核 (Nucleus); nf: 核陷窝 (Nuclear fossa); nr: 核喙 (Nuclear rostrum); p: 穿孔器 (Perforatorium); pc: 近端中心粒 (Proximal centriole); pcm: 中心粒外物质 (Pericentriolar material); pf: 外周致密纤维 (Peripheral dense fiber); rs: 环状结构 (Ring structure); sc: 顶体下锥 (Subacrosomal cone); sf: 顶体下锥凸缘 (Subacrosomal cone flange); ss: 顶体下腔 (Subacrosomal space)。

1. 顶体复合体和核前区纵切, 箭头 A-E 指图 1a-1e 的横切位置 [Longitudinal section of the acrosome complex and anterior nuclear region, transverse sections of the corresponding lettered arrows (A-E) are indicated in the Figs. 1a-1e] $\times 25\ 000$;
- 1a. 顶体前端横切 (Transverse section through the anterior region of the acrosome) $\times 50\ 000$;
- 1b. 穿孔器横切 (Transverse section through the perforatorium) $\times 50\ 000$;
- 1c. 顶体下锥前端横切 (Transverse section through the anterior region of the subacrosomal cone) $\times 50\ 000$;
- 1d. 核喙横切 (Transverse section through the nuclear rostrum) $\times 50\ 000$;
- 1e. 核喙横切 (Transverse section through the nuclear rostrum) $\times 50\ 000$;
2. 顶体复合体和核喙纵切, 箭头 F 指图 2a 的横切位置 (Longitudinal section of the acrosome complex and the nuclear rostrum, transverse section of the corresponding lettered arrow F is indicated in the Fig. 2a) $\times 30\ 000$;
- 2a. 核喙横切 (Transverse section through the nuclear rostrum) $\times 50\ 000$;
3. 中段纵切, 箭头 G-M 指图 3a-3g 的横切位置 [Longitudinal section of the midpiece, transverse sections of the corresponding lettered arrows (G-M) are indicated in the Figs. 3a-3g] $\times 20\ 000$;
- 3a. 核横切 (Transverse section through the nucleus) $\times 40\ 000$;
- 3b. 核陷窝横切 (Transverse section through the nucleus fossa) $\times 50\ 000$;
- 3c. 远端中心粒横切 (Transverse section through the distal centriole) $\times 50\ 000$;
- 3d. 中段线粒体横切 (Transverse section through the mitochondria of the midpiece) $\times 50\ 000$;
- 3e. 中段致密体横切 (Transverse section through the dense body of the midpiece) $\times 50\ 000$;
- 3f. 终环横切 (Transverse section through the annulus) $\times 50\ 000$;
- 3g. 主段前区横切 (Transverse section through the anterior region of the principal piece) $\times 50\ 000$;
4. 颈段纵切 (额状面) (Longitudinal section of the neck region) $\times 20\ 000$;
5. 颈段纵切 (矢状面) (Longitudinal section of the neck region) $\times 20\ 000$;
6. 颈区纵切 (Longitudinal section of the neck region) $\times 50\ 000$;
7. 主段纵切, 箭头 N 指图 7a 的横切位置 (Longitudinal section of the principal piece, transverse section of the corresponding lettered arrow N is indicated in the Fig. 7a) $\times 50\ 000$;
- 7a. 主段横切 (Transverse section through the principal piece) $\times 50\ 000$;
8. 末段纵切, 箭头 O-P 指图 8a、8b 的横切位置 (Longitudinal section of the endpiece, transverse section of the corresponding lettered arrows O and P are indicated in the Figs. 8a and 8b) $\times 50\ 000$;
- 8a. 主段横切 (Transverse section through the principal piece) $\times 50\ 000$;
- 8b. 末段横切 (Transverse section through the endpiece) $\times 50\ 000$ 。

(Polychrotidae) 内不同种类的顶体囊结构不尽相同, 有些种类的顶体囊可分为皮质和髓质; 另一些种类则无皮质与髓质之分 (表 1)。蜥蜴中大多数科的精子无顶体下腔 (表 1); 北草蜥、中国石龙子 (*Eumeces chinensis*) (Zhang et al, 2004)、美洲鬣蜥 (*Iguana iguana*) (Vieira et al, 2004) 和嵴尾蜥科 (Tropiduridae) 的 *Tropidurus semitaeniatus*、*T. torquatus* (Teixeira et al, 1999d) 则具有顶体下腔, 但不同种类顶体下腔的大小不一致。北草蜥精子的顶体下锥与顶体囊之间皆具顶体下腔, 而中国石龙子、美洲鬣蜥和嵴尾蜥科的蜥蜴, 其顶体下腔仅存在于顶体下锥前端与顶体囊的交接处 (Teixeira et al, 1999d; Zhang et al, 2004; Vieira et al, 2004)。北草蜥与蜥蜴大多数科中已被研究的种类一样, 顶体囊具有单侧脊 (表 1), 但北草蜥精子的单侧脊可分为皮质和髓质, 且其间具有电子透明区, 这一特点在其他具有单侧脊的蜥蜴中未见报道。壁虎科、鳞脚蜥科、裸眼蜥科和巨蜥科 (Varanidae) 的顶体囊无单侧脊; 鞭尾蜥科 (Teiidae) 和石龙子科的顶体囊具单侧脊或缺如 (表 1)。

蜥蜴精子的穿孔器基板有塞子状和瘤状两种类型 (表 1)。与蜥蜴科已被研究的其他种类一样

(Furieri, 1970), 北草蜥无穿孔器基板; 嵴尾蜥科、裸眼蜥科和蚓蜥科 (Amphisbaenidae) 亦无穿孔器基板; 石龙子科和鞭尾蜥科具穿孔器基板或缺, 这两科蜥蜴是否具有穿孔器基板存在科内的种间差异 (表 1)。

3.2 细胞核

北草蜥精子具长形的细胞核, 细胞核前面部分往前逐渐变细形成核喙, 后端具核陷窝、无核内管和核前电子透亮区, 核肩圆形。核长形和具有核喙和核陷窝是羊膜动物的共同祖征 (plesiomorphic) (Jamieson & Healy, 1992; Jamieson, 1995b, 1999)。无核内管和具核前电子透亮区是有鳞类爬行动物的共同衍征 (Jamieson, 1995b, 1999)。北草蜥精子无核前电子透亮区, 这一特征也见于壁虎科、裸眼蜥科和石龙子科的蜥蜴-胎生蜥群 (Jamieson et al, 1996)。蜥蜴大多数科具有大小不同的核前电子透亮区 (表 1)。绝大多数蜥蜴的核肩呈圆形, 但石龙子科的巨石龙子群的核肩较尖 (表 1)。

3.3 精子尾部

北草蜥与其他蜥蜴一样, 精子尾部由颈部、中段、主段和末段组成, 类群间中段结构的差异最为显著。在纵切面上, 蜥蜴精子内线粒体与致密体的

表 1 不同类群蜥蜴精子超微结构的差异
 Tab. 1 Variability of sperm ultrastructure among different lizard taxa

蜥蜴类群 Lizard taxa	横切面顶体前端形状 Shape of the anterior portion of acrosome in transverse section	顶体前端皮质与髓质 Cortex and medulla in the anterior portion of acrosome	顶体单侧脊 Unilateral ridge in the acrosome	穿孔器基板 Perforatorium base plate	顶体下腔 Subacrosomal space	核前电子透亮区 Epinuclear lucent zone	核肩 Nuclear shoulder
美洲鬣蜥科 Iguanidae	扁形 Depressed	有 Present	有 Present	瘤状 Knob-like	有 Present	有 Present	圆形 Rounded
鬣蜥科 Agamidae	扁形 Depressed	有 Present	有 Present	瘤状 Knob-like	无 Absent	有 Present	圆形 Rounded
领豹蜥科 Crotaphytidae	扁形 Depressed	有 Present	有 Present	塞子状 Stopper-like	无 Absent	有 Present	圆形 Rounded
角蜥科 Phrynosomatidae	扁形 Depressed	有 Present	有 Present	塞子状 Stopper-like	无 Absent	有 Present	圆形 Rounded
安乐蜥科 Polychrotidae	扁形 Depressed	有或无 Present or absent	有 Present	塞子状 Stopper-like	无 Absent	有 Present	圆形 Rounded
蜥尾科 Tropiduridae	扁形 Depressed	无 Absent	有 Present	无 Absent	有 Present	有 Present	圆形 Rounded
壁虎科 Gekkonidae	圆形 Circular	有 Present	无 Absent	塞子状 Stopper-like	无 Absent	无 Absent	圆形 Rounded
鳞脚蜥科 Pygopodidae	圆形 Circular	无 Absent	无 Absent	不详 Unknown	无 Absent	有 Present	圆形 Rounded
裸眼蜥科 Gymnophthalmidae	圆形 Circular	无 Absent	无 Absent	无 Absent	无 Absent	无 Absent	圆形 Rounded
鞭尾蜥科 Teiidae	扁形 Depressed	有 Present	有或无 Present or absent	有或无 Present or absent	无 Absent	有或无 Present or absent	圆形 Rounded
石龙子科 Scincidae	圆形或扁形 Circular or depressed	有或无 Present or absent	有或无 Present or absent	有或无 Present or absent	有或无 Present or absent	有或无 Present or absent	圆形或尖形 Rounded or pointed
巨蜥科 Varanidae	扁形 Depressed	有 Present	无 Absent	瘤状 Knob-like	无 Absent	有 Present	圆形 Rounded
蚓蜥科 Amphisbaenidae	扁形 Depressed	无 Absent	有 Present	无 Absent	有 Present	有 Present	圆形 Rounded
北草蜥 <i>Takydromus septentrionalis</i>	圆形 Circular	有 Present	有 Present	无 Present	有 Present	无 Absent	圆形 Rounded

(续下表)

(接上表)

蜥蜴类群 Lizard taxa	致密体 Dense bodies	环状结构 Ring structure	线粒体与致密体的纵切排列方式 Longitudinal arrangement of mitochondria and dense bodies	资料来源 Reference source
美洲鬣蜥科 Iguanidae	实体状 Solid	连续或非连续 Continuous or noncontinuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs4/m4)	Vieira et al., 2004
鬣蜥科 Agamidae	实体状 Solid	非连续 Non-continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs4/m4)	Jamieson et al., 1996
领豹蜥科 Crotophytidae	颗粒状 Granular	非连续 Non-continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs5/m5)	Scheltinga et al., 2001
角蜥科 Phrynosomatidae	实体状 Solid	非连续 Non-continuous	相间排列 Alternately arranged. <i>Uta</i> (rs1/m1 - rs5/m5); <i>Urosaurus</i> (rs1/m1 - rs4/m4)	Scheltinga et al., 2000
安乐蜥科 Polychrotidae	实体或颗粒状 Solid or Granular	非连续 Non-continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs4/m4)	Teixeira et al., 1999c; Scheltinga et al., 2001
蜥尾蜥科 Tropiduridae	实体状 Solid	连续 Continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs3/m3)	Teixeira et al., 1999d
壁虎科 Gekkonidae	实体状 Solid	非连续 Non-continuous	相间排列, 线粒体与致密体的组数不详 Alternately arranged, unknown the number of sets of mitochondria and dense bodies	Furten, 1970; Jamieson et al., 1996
鳞脚蜥科 Pygopodidae	实体状 Solid	非连续 Non-continuous	致密体散布于线粒体间 Mitochondria interspersed with dense bodies	Jamieson et al., 1996
裸眼蜥科 Gymnophthalmidae	实体状 Solid	非连续 Non-continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs4/m4)	Teixeira et al., 1999a
鞭尾蜥科 Teiidae	实体状 Solid	连续或非连续 Continuous or noncontinuous	相间排列 Alternately arranged. <i>Cnemidophorus</i> , <i>Kentropyx</i> and <i>Ameiva</i> (rs1/m1 - rs5/m5); <i>T. teguina</i> , <i>T. qua-trilincata</i> (rs1/m1 - rs6/m6); <i>T. duseni</i> (rs1/m1 - rs7/m7); <i>T. merrianae</i> (rs1/m1 - rs8/m8)	Giugliano et al., 2002; Tavares-Bastos et al., 2002; Teixeira et al., 2002
石龙子科 Scincidae	实体状 Solid	连续或非连续 Continuous or non-continuous	相间排列或致密体散布于线粒体间 Alternately arranged, Eumeces and Sphenomorphus-Egernia group (rs1/m1 - rs4/m4); or mitochondria interspersed with dense bodies (Eugekyptus group)	Jamieson & Scheltinga, 1993, 1994; Jamieson et al., 1996; Liu & Zhang, 2004; Zhang et al., 2004
鬣蜥科 Varanidae	颗粒状 Granular	连续 Continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs4/m4)	Jamieson et al., 1996
蜥蜴科 Amphisbaenidae	实体状 Solid	非连续 Non-continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1 - rs3/m3)	Teixeira et al., 1999b
北草蜥 <i>Takydromus septentrionalis</i>	实体状 Solid	连续 Continuous	相间排列 Alternately arranged (rs1/m1, rs2/m2)	本研究 This study

排列方式有相间排列和致密体不规则散布于线粒体间两种类型。相间排列模式在科间、科内不同群或不同属、属内不同种水平上存在着不同程度的差异(表1)。蜥蜴致密体又有实体状和颗粒状两种类型(表1)。致密体形成的环状结构有连续或非连续两种类型(表1)。蜥蜴精子内线粒体数目在不同科、属间或属内不同种类间也存在差异,如在横切面上,蜥蜴科的北草蜥精子线粒体数目为6个、胎生蜥蜴为5个(Courtens & Depeiges, 1985)、蓝斑蜥蜴(*L. lepida*)为10个(Furieri, 1970)。北草蜥和已报道的蜥蜴科种类(Furieri, 1970; Courtens & Depeiges, 1985)精子中段由两组致密体组成,这是蜥蜴科精子超微结构的共同特征,但是否为蜥

参考文献:

- Butler RD, Gabri MS. 1984. Structure and development of the sperm head in the lizard *Podarcis* (= *Lacerta*) *taurica* [J]. *J Ultra Res*, **88**: 261 - 274.
- Courtens JL, Depeiges A. 1985. Spermiogenesis of *Lacerta vivipara* [J]. *J Ultra Res*, **90**: 205 - 220.
- Furieri P. 1970. Sperm morphology of some reptiles: Squamata and Chelonina [A]. In: Baccetti B. Comparative Spermatology [M]. New York: Accademia Nazionale dei Lincei Rome, Academic Press, 115 - 131.
- Giugliano LG, Teixeira RD, Colli GR, Bão SN. 2002. Ultrastructure of spermatozoa of the lizard *Ameiva ameiva*, with considerations on polymorphism within the family Teiidae (Squamata) [J]. *J Morph*, **253**: 264 - 271.
- Jamieson BGM. 1995a. Evolution of tetrapod spermatozoa with particular reference to amniotes [A]. In: Jamieson BGM, Ausio J, Justine J. Advances in Spermatozoal Phylogeny and Taxonomy [M]. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle, 343 - 358.
- Jamieson BGM. 1995b. The ultrastructure of spermatozoa of the Squamata (Reptilia) with phylogenetic considerations [A]. In: Jamieson BGM, Ausio J, Justine J. Advances in Spermatozoal Phylogeny and Taxonomy [M]. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle, 359 - 383.
- Jamieson BGM. 1999. Spermatozoal phylogeny of the vertebrata [A]. In: Gagnon C. The Male Gamete: From Basic Science to Clinical Applications [M]. Vienna, Illinois: Cache River Press, 303 - 331.
- Jamieson BGM, Healy JM. 1992. The phylogenetic position of the tuatara *Sphenodon* (Sphenodontida, Amniota), as indicated by cladistic analysis of the ultrastructure of spermatozoa [J]. *Phil Trans R Soc Lond B*, **335**: 207 - 219.
- Jamieson BGM, Scheltinga DM. 1993. The ultrastructure of spermatozoa of *Vangura spinosa* (Scincidae, Reptilia) [J]. *Mem Queensl Mus*, **34** (1): 169 - 179.
- Jamieson BGM, Scheltinga DM. 1994. The ultrastructure of spermatozoa of the Australian skinks, *Ctenotus taeniolatus*, *Carlia pectoralis* and *Tiliqua scincoides* (Scincidae, Reptilia) [J]. *Mem Queensl Mus*, **37** (1): 181 - 193.
- Jamieson BGM, Oliver SC, Scheltinga DM. 1996. The ultrastructure of spermatozoa of Squamata: I. Scincidae, Gekkonidae and Pygopodidae (Reptilia) [J]. *Acta Zool (Stockholm)*, **77** (1): 85 - 100.
- Liu YZ, Zhang YP. 2004. The ultrastructure of the spermatozoa of *Eumeces elegans* [J]. *Zool Res*, **25**: 429 - 435. [刘永章, 张永普. 2004. 蓝尾石龙子精子的超微结构. 动物学研究, **25**: 429 - 435.]
- Oliver SC, Jamieson BGM, Scheltinga DM. 1996. The ultrastructure of spermatozoa of Squamata: II. Agamidae, Varanidae, Colubridae, Elapidae, and Boidae (Reptilia) [J]. *Herpetologica*, **52** (2): 216 - 241.
- Scheltinga DM, Jamieson BGM, Trauth SE, McAllister CT. 2000. Morphology of the spermatozoa of the iguanian lizards *Uta stansburiana* and *Urosaurus ornatus* (Squamata, Phrynosomatidae) [J]. *J Submicrosc Cytol Pathol*, **32** (2): 261 - 271.
- Scheltinga DM, Jamieson BGM, Espinoza RE, Orrell KS. 2001. Descriptions of the mature spermatozoa of the lizards *Crotaphytus bicinctores*, *Gambelia uisleri* (Crotaphytidae) and *Anolis carolinensis* (Polychrotidae) (Reptilia, Squamata, Iguana) [J]. *J Morph*, **247**: 160 - 171.
- Tavares-Bastos L, Teixeira RD, Colli GR, Bão SN. 2002. Polymorphism in the sperm ultrastructure among four species of lizards in the genus *Tupinambis* (Squamata: Teiidae) [J]. *Acta Zool (Stockholm)*, **83**: 297 - 307.
- Teixeira RD, Colli GR, Bão SN. 1999a. The ultrastructure of the spermatozoa of the lizard *Micrablepharus maximiliani* (Squamata, Gymnophthalmidae), with considerations on the use of sperm ultrastructural characters in phylogenetic reconstruction [J]. *Acta Zool (Stockholm)*, **80**: 47 - 59.
- Teixeira RD, Colli GR, Bão SN. 1999b. The ultrastructure of the spermatozoa of the worm lizard *Amphisbaena alba* (Squamata, Amphisbaenidae), and the phylogenetic relationships of amphisbaenians [J]. *Can J Zool*, **77**: 1254 - 1264.
- Teixeira RD, Colli GR, Bão SN. 1999c. The ultrastructure of spermatozoa of the lizard *Polycebrus acutirostris* (Squamata, Polychrotidae) [J]. *J Submicrosc Cytol Pathol*, **31**: 387 - 395.
- Teixeira RD, Vieira GHC, Colli GR, Bão SN. 1999d. Ultrastructural study of spermatozoa of the neotropical lizards, *Tropidurus semitaeniatus* and *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) [J]. *Tissue & Cell*, **31** (3): 308 - 317.
- Teixeira RD, Scheltinga DM, Trauth SE, Colli GR, Bão SN. 2002. A comparative ultrastructural study of spermatozoa of the teiid lizards *Cnemidophorus gularis gularis*, *Cnemidophorus ocellifer*, and *Kentropyx altamazonica* (Reptilia, Squamata, Teiidae) [J]. *Tissue & Cell*, **34** (3): 135 - 142.
- Vieira GHC, Colli GR, Bão SN. 2004. The ultrastructure of the spermatozoon of the lizard *Iguana iguana* (Reptilia, Squamata, Iguanidae) and the variability of sperm morphology among iguanian lizards [J]. *J Anat*, **204**: 451 - 464.
- Zhang YP, Hu JR, Ji X. 2004. Ultrastructure of spermatozoa of the Chinese skink *Eumeces chinensis* [J]. *Acta Zool Sin*, **50**: 431 - 441. [张永普, 胡健饶, 计翔. 2004. 中国石龙子成熟精子的超微结构. 动物学报, **50**: 431 - 441.]