بررسی بافت بیضه در سمندر غاری گرگان (*Paradactylodon gorganesis*)

نعیمه رضاپور[۱*]، حاجی قلی کمی[۲]، میترا حیدری نصرآبادی[۳]

۱- دبیر آموزش و پرورش شهرستان شاهرود، استان سمنان، ایران
۲- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
۳- گروه زیست شناسی، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران
*مسئول مکاتبات: rezapur2008@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۵

چکیده

به طور کلی بیضه در دوزیستان دم‌دار (Urodela) خانواده غول سمندرهای آسیایی (Hynobiidae)، استوانه‌ای است و بیضه در لوبول‌هایی سازمان‌دهی شده است که طی بلوغ در سرتا سر محور پشتی- دمی رشد می‌یابند، در حالیکه بیضه دوزیستان بدون دم (Anura) در توبول‌ها سازمان‌دهی می‌شود. اسپرماتوژنز نیز در کیست هایی انجام می‌شود که سلول‌های سرتولی آنها را ساخته‌اند به طوری‌که سلول‌های زایشی را احاطه می‌کند که در یک مرحله‌ی زمانی از تکامل قرار دارند. به هر حال در بسیاری از این گونه‌ها مراحل پیشرفت سلول زایشی بسیار طولانی بوده و گاه یک سال به طول می‌انجامد. به واسطه خصوصیات مذکور، بررسی مراحل پیشرفت سلول زایشی در دوزیستان در مقایسه با مدل‌های حیوانی پستاندار بینش بسیاری به ما می‌دهد. مطالعه حاضر به منظور تشخیص و توصیف جنبه‌های ریخت‌شناسی بیضه و خصوصیات کلی لوله‌های اسپرم‌ساز در پاراداکتیلودون‌هاست. بدین منظور تعداد ۱۶ نمونه نر از سمندر کوهستانی ایرانی یا غاری گرگان با نام علمی *Paradactylodon gorganesis* از تنها زیستگاه آن در غار شیر آباد در ۶۰ کیلومتری شرق گرگان در شرق سلسله جبال البرز در استان گلستان ایران جمع‌آوری شد. پس از تشریح و خارج نمودن بیضه‌ها، بررسی‌های میکروسکوپی از روش‌های رایج بافت‌شناسی و رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین- ائوزین انجام شد. از نظر آناتومی بیضه‌های فعال به‌طور میانگین ۳۲/۷۶ میلی متر طول و ٤/۷۷ میلی‌متر عرض داشته و به شکل استوانه‌ای و به رنگ سفید شیری بودند. در بررسی‌های میکروسکوپی مشاهده شد که بیضه این گونه از نوع لوبوله کامل بوده، اسپرماتوژنز الگوی کیستی دارد و هر کیست شامل سلول‌هایی در یک مرحله از تمایز است که مشخصه همه‌ی دوزیستان است. در بافت زایشی، اسپرماتوسیت اولیه بزرگترین سلول‌های اسپرم‌ساز هستند. هر گروه از سلول‌ها، با سلول‌های سرتولی تشکیل یک اسپرماتوسیست یا کیست اسپرم‌ساز را می‌دهد که پس از تمایز بر حسب ریخت‌شناسی کیست‌ها و سلول‌ها قابل تشخیص‌اند.

کلمات کلیدی: *سمندر کوهستانی گرگان*، بیضه، اسپرماتوژنز، گرگان.

مقدمه

اسپرماتوژنز فرایندی است که طی آن سلول‌های بنیادی اسپرماتوگونی تقسیم شده اسپرماتوسیت‌های میوزی را به وجود می‌آورد که به اسپرماتیدهای بالغ تغییر شکل یافته نهایتاً کشیده شده و طی مراحل اسپرمیوژنز، اسپرماتوزوآ را به وجود می‌آورد. در مدل-های پستاندار مراحل سازمان‌دهی اسپرماتوژنز و اسپرمیوژنز بسیار پیچیده است به طوری‌که مطالعه‌ی مجزای مراحل پیشرفت سلول زایشی را در محیط

واقعی و آزمایشگاهی با مشکل مواجه می‌سازد (٤، ١٣). در حالی که در بین مهره‌داران غیرپستاندار گونه‌هایی هستند که مدل‌های اسپرماتوژنز کیستی، بیضه‌ی غشایی (zonal testis) و مراحل کند پیشرفت سلول‌های زایشی را نشان می‌دهد که یک-سال به‌طول می‌انجامد، این خصوصیات بررسی مراحل پیشرفت اسپرماتوژنز در مدل‌های واقعی را تسهیل می‌کند (٩).

در مهره‌داران دو الگوی اصلی اسپرماتوژنز وجود دارد: یکی در غیرآمنیوت‌ها (ماهی‌ها و دوزیستان) و دیگری در آمنیوت‌ها (خزندگان، پرندگان و پستانداران). در غیرآمنیوت‌ها اسپرم در هر دوره تولیدمثلی تولید می شود. هر اسپرم درون یک کیست یا فولیکول مستقر شده است به‌طوری‌که همه‌ی اسپرم‌ها در قسمت‌های مجزایی در لوله‌های بیضه قرار می‌گیرد (٢).

اسپرماتوژنز در اسپرماتوسیست‌ها رخ می‌دهد درحالی که در بیشتر گونه‌ها در لوبول‌های سمینیفری انجام می شود. کیست‌ها وقتی تشکیل می‌شود که یک سلول سرتولی با یک اسپرماتوگونی اولیه مرتبط شده و طی تقسیم میتوز از اسپرماتوگونی اولیه، گروهی از اسپرماتوگونی‌های ثانویه را بوجود می آورد که سلول سرتولی آنرا احاطه کرده است و در کل یک کیست را تشکیل می‌دهند . با پیشرفت اسپرماتوژنز و طی مرحله اسپرمیوژنز تعداد زیادی اسپرماتوزوآی یکسان تولید می‌شود که با گسیختگی کیست‌ها در آخرین مرحله، سازماندهی کیستی خود را از دست داده به لومن لوبول‌های سمینیفر رها می‌شوند و به دنبال اسپرم زایی, سلول سرتولی مضمحل می‌شود (٩، ١١).

برای غیر آمنیوت‌ها اپیتلیوم زایشی دائمی نیست و کیست‌ها در طی فصول تولیدمثلی به طور متوالی جایگزین می‌شود (١١).

در آمنیوت‌ها، اسپرم در درون لومن لوله‌های سمینیفری تشکیل می‌شود که فاقد قسمت‌های فرعی است (٢)، اسپرماتوژنز در کیست انجام نمی‌شود بلکه در لوله‌های سمینیفر صورت می‌گیرد که جمعیتی دائمی از سلول‌های سرتولی و اسپرماتوگونی دارد و به عنوان منبعی از سلول زایشی برای جایگزین شدن فعالیت‌های متوالی اسپرم‌زایی عمل می‌کند (١١). بنابراین اختلاف اساسی آمنیوت‌ها در مقایسه با غیر-آمنیوت‌ها در سازماندهی بیضه و الگوهای اسپرماتوژنز است که خود دلالت بر این واقعیت دارد که تنوع تولیدمثلی بسیاری در غیر آمنیوت‌ها وجود دارد و محدوده‌ی آن از یک شرایط نسبتاً غیراختصاصی مانند رها شدن گامت‌ها در یک محیط آبی، تا یک استراتژی خیلی اختصاص یافته که لقاح داخلی است را در بر می‌گیرد و این تفاوت‌ها آشکارا در روش‌های اسپرماتوژنز منعکس می‌شود و این به‌طور ویژه مرحله‌ای از اسپرماتوژنزرا نشان می‌دهد که بیانگر مورفولوژی خاص اسپرماتوزوای هر گونه است. بر خلاف آمنیوت‌ها، خیلی از غیرآمنیوت‌ها یک موج اسپرماتوژنیک را نشان می‌دهند که وابسته به گونه و سطح کیست و لوبول‌های سمینیفراست. این تفاوت در سازماندهی بیضه، برخی غیرآمنیوت‌ها را مدل‌های کاملی برای تحقیق برروی نمو سلول زایشی و بلوغ آنها می‌سازد.

به‌عنوان مثال وجود یک موج اسپرماتوژنیک فرصتی برای دستکاری و جدا کردن مراحل تمایز سلول زایشی به منظور بررسی اثرات متقابل و ویژه سلول زایشی- سرتولی فراهم می‌سازد و چون برای خیلی از غیرآمنیوت‌ها بلوغ سلول زایشی با نمو مورفولوژیکی کم سلول سرتولی همراه بوده و سلول سرتولی دارای ویژگی مستقل تنظیم است، این اجازه را می‌دهد که بتوان در محیط کشت آزمایشگاه، سلول‌های زایشی برخی از گونه‌های غیرآمنیوت را در مراحل مختلف نمو از هم تفکیک کرد (١١).

در دوزیستان دم‌دار، بیضه‌ها اندام‌هایی جفت و استوانه‌ای شکل با لوله‌های پیچ در پیچ سمینیفر است که به وسیله‌ی بافت پیوندی فیبروزی به نام تونیکا آلبوژینه احاطه شده است. در رابطه با ساختار بافت شناسی عناصر سمینیفر در دوزیستان، به طور کلی اپیتلیوم زایشی در دوزیستان بدون دست و پا (١٤) و دوزیستان بدون دم (١) در لوله‌های سمینیفری قرار می‌گیرد در حالیکه در دوزیستان دم‌دار در آمپول‌های سمینیفری یا لوبول‌های بیضوی سازمان‌دهی می‌شوند و هر بیضه شامل چند لوبول منفرد است (٨).

دوزیستان دمدار فاقد توبول‌های سمینیفری‌اند و بیضه از لوبول‌هایی تشکیل شده است که سلول‌های زایشی آن پراکنش حاشیه‌ای دارد. در بسیاری از گونه‌ها بیضه تعداد متفاوتی لوب دارد. هر لوب شامل مناطقی با سلول‌های زایشی است که سیر بلوغ آنها در امتداد محور پشتی– دمی است (١١، ١٠).

در این مهره‌داران بافت پوششی زایشی از بافت زایشی به درون آمپول‌های سمینیفر مهاجرت می‌کنند، این آمپول‌های کیست مانند، محل رسیدگی این سلول‌ها قبل از تخلیه است. در پایان فصل تخم‌ریزی پس از آنکه صدها هزار سلول جنسی نر از آمپول‌ها رها شدند، این کیست‌ها روی هم جمع می‌شود (٥).

بافت زایشی که حاوی پارانشیم بیضه‌ای است و انواع سلول‌های مختلفی دارد: اسپرماتوگونی در حاشیه اپیتلیوم، اسپرماتوسیت‌ها و اسپرماتیدها در ردیف‌های تمایز سلولی و اسپرم‌ها در لومن یا مجاور آن. این اپیتلیوم سازمان‌دهی کیستی دارد. گروه‌هایی از سلول های جنسی همراه با سلول سرتولی، کیست‌های اسپرم ساز یا همان اسپرماتوسیست‌ها را می‌سازد بطوری‌که هر یک از از این دسته‌جات سلولی در یک مرحله از تمایز بوده و دارای همزمانی در نمو است و این خود از خصوصیات مشترک دوزیستان محسوب می‌شود (٦، ١٢، ٧).

بنابراین آناتومی ویژه‌ی بیضه و سادگی ساختار واحدهای زاینده مهره‌داران غیرپستاندار آنها را مدل-های حیوانی بسیار بی‌نظیری برای بررسی‌های مشکلات تولیدمثلی جنس نر می‌سازد (١١).

در پژوهش حاضر سعی بر آن است که برای اولین بار به بررسی بافت بیضه و خصوصیات سلول‌های زایشی در سمندر کوهستانی گرگان پرداخته شود. لازم به ذکر است که سمندر کوهستانی گرگان بومی ایران بوده و تنها در غار شیرآباد در نزدیکی خان ببین و ٧٠ کیلومتری شرق گرگان (در شرق سلسله جبال البرز در استان گلستان ایران یافت می‌شود و به عنوان گونه‌ای شدیدا در حال انقراض در لیست قرمز IUCN (١٤) قرار گرفته است.

مواد و روش کار

١٦ نمونه نر از سمندر غاری گرگان از غار شیر آباد در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور گرفته شد. پس از انتقال حیوانات به آزمایشگاه، مطالعات ریخت‌شناسی انجام شد. حیوانات توسط کلروفرم کشته شدند، ناحیه شکمی آنها با شکافی از ناحیه وسط در کلواک تا اندام‌های جلویی باز شد و دستگاه تولیدمثلی آنها مورد بررسی ماکروسکوپی قرار گرفت، بیضه به قطعات کوچکتر تقسیم شده و برای ثبوت در محلول فیکساتیو بوئن به مدت ٢٤ ساعت قرار گرفت.

مراحل پردازش بافتی با آب‌گیری توسط اتانل با درجات صعودی و شفاف‌سازی با تولوئن انجام شد. پس از تهیه قالب‌های پارافینی برش‌هایی ٧–٥ میکرونی توسط میکروتوم روتاری گرفته شد.

برش‌ها با رنگ‌آمیزی هماتوکسیلین–ائوزین رنگ و با میکروسکوپ نوری زایس بررسی شد.

به‌دلیل شیب تند رشته کوه‌های البرز در ناحیه شرقی و بخش‌های صخره‌ای در دامنه کوه قلعه‌ساران و وجود هفت آبشار، در محدوده غار شیرآباد امکان دسترسی

به آنجا در فصول سرد سال و در مواقع بارندگی به-راحتی میسر نیست در نتیجه بررسی سیکل جنسی این جانور فقط در شش ماه از سال ممکن است و چون این گونه شدیدا در معرض انقراض است حداکثر ١٦ نمونه از محیط برداشت شد و نتایج ما نیز بر اساس همین تعداد است.

نتایج

ریخت‌شناسی بیضه: از نظر ماکروسکوپی غدد تناسلی *Paradactylodon gorganesis* استوانه‌ای به رنگ سفید شیری است بافت پیوندی نازکی سطح آن را می‌پوشاند که تونیکا آلبوژینه را تشکیل می‌دهد و اجسام زرد طویل و درخشنده‌ای به نام جسم زرد یا اجسام چربی در کنار بیضه‌ها وجود دارد که متصل به مزانتر گنادهاست و رگ‌های خونی فراوانی سطح بیضه را پوشانده است. پرده صفاق بیضه‌ها را در طرفین بدن به ستون فقرات و کلیه‌ها مرتبط می‌کند. کلیه‌ها نیز کشیده و چسبیده به ستون فقرات می‌باشد و دو شکلی آشکار جنسی به لحاظ ظاهر بین دو جنس وجود ندارد درحالی‌که در سایر سمندرها کلیه-ها به طور آشکاری کوتاه‌تر است و نرها در ناحیه‌ی شکمی باریکترند. در اردیبهشت و خرداد ماه بیضه‌ها از نظر جنسی غیر فعال بوده و در مقاطع میکروسکوپی فقط حاوی اسپرماتوگونی بودند، همچنین جسم زرد بسیار بزرگ و بیضه‌ها کوچک بودند (بیضه با میانگین طول ١٧/٩٨ میلی‌متر و عرض١/٦٤ میلی‌متر) در حالی‌که در اواخر شهریور ماه بیضه‌ها خیلی بزرگ و به لحاظ تولیدمثلی فعال بود و در برش‌های بافتی دسته‌جات اسپرمی دیده می‌شد و اجسام زرد نیز به میزان قابل توجهی تحلیل یافته بود (میانگین طول بیضه فعال ٣٢/٧٦ میلی‌متر وعرض آن ٤/٧٧ میلی‌متر).

بافت‌شناسی لوب‌های بیضه: بیضه‌ها در این گونه از نوع لوبوله کامل بوده و اسپرماتوژنز الگوی کیستی دارد. هرلوبول دارای تعدادی کیست است و سلول-های درون هر کیست در مرحله‌ی یکسانی از تمایز هستند و این در حالی است که گاهی کیست های مجاور در هر لوبول مراحل مختلفی از تمایز را نشان می دهند . این گونه تصور می شود که کیست‌ها به صورت یک گروه سلولی و از نظر زمانی به طور هماهنگ نمو یافته و سرعت رشد یکسانی دارند.

لوبول‌های موجود در حاشیه‌ی بیضه بزرگ، چند ضلعی و فاقد لایه‌ی ژرمینال هستند در حالی‌که لوبول‌های موجود در مرکز بیضه کروی، کوچک وحاوی لایه‌ی ژرمینال در دیواره‌ی لوبول‌هایند. در بین واحدهای سمینیفری آنها بافت بین‌حفره‌ای متراکمی از سلول‌های لایدیگ، سلول‌های فیبروبلاست و رگ‌های خونی و مجاری آوران قرار گرفته و در داخل لوبول‌ها، سلول‌های سرتولی و سلول‌های زایشی در مراحل مختلف رشد و تمایز قرار دارند (شکل ١). هسته سلول‌های سرتولی در پیرامون کیست قرار دارد و هسته سلول‌های زایشی در سراسر کیست‌ها پراکنده شده‌اند که پراکنش آنها وابسته به مرحله رشد و تمایز آنها است (شکل ٢).

اسپرماتوگونی: اسپرماتوگونی‌های اولیه یا سلولهای زایشی اولیه، اولین سلولهای دودمان اسپرم ساز هستند که از اجتماع هیچ سلولی به‌وجود نیامده‌اند و کروماتین متراکم و فشرده‌ای را نشان می‌دهند، به طور کلی آنها در کنار دیواره لوبول‌ها در مجاورت قسمت پایه سلول سرتولی قرار گرفته است. هسته این سلول-ها کروی و به شدت رنگ پذیر است و میانگین قطر اسپرماتوگونی٤/١٥ میکرومتراست.

پس از تقسیم میوز و بوجود آمدن اسپرماتوگونی II این سلولها دست‌خوش برخی تغییرات شده که از آن جمله فشرده و دانه‌دارترشدن هسته است. سلول‌های

سرتولی نیز وقتی با اسپرماتوگونی II مجتمع می‌شود هسته‌ای هلالی یا موزی شکل می یابند (شکل ۳) .

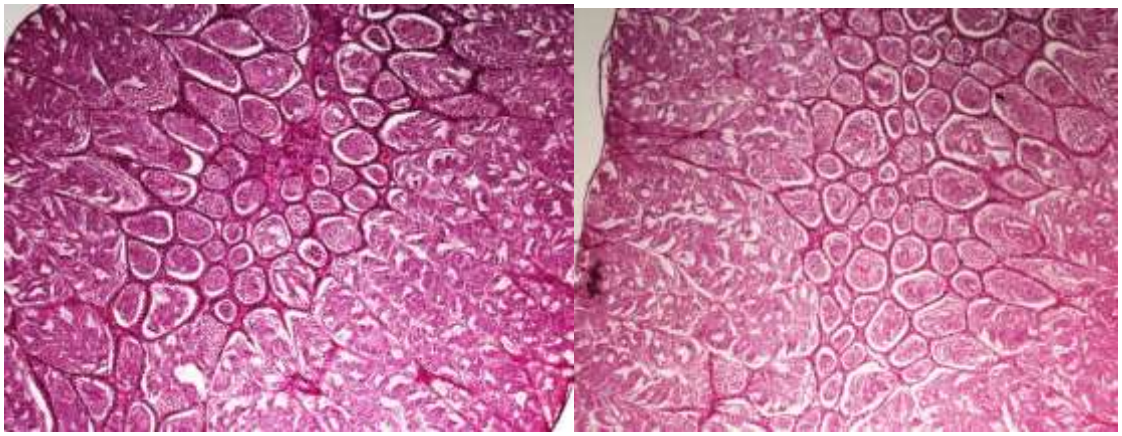
اسپرماتوسیت: اسپرماتوسیت‌هایI شبیه اسپرماتوگونی I هستند، در این هسته‌ها کروماتین کاملاً کروی و دانه‌دار است اسپرماتوسیت‌های II در مراحل مختلفی از تقسیم I میوز قابل مشاهده‌اند که نشانگر مراحل مختلف فشردگی مواد درون هسته است. در این مرحله سلولهای سرتولی حجیم‌تر از همیشه‌اند. هسته فشردگی کمتری دارد و شکل آن حد واسط کشیده و تخم مرغی شکل است (شکل ٤).

اسپرماتید: وقتی اسپرماتوسیت‌های II از دومین تقسیم میوز عبور می‌کنند، اسپرماتیدها تشکیل می‌شوند. این سلول‌ها در مرحله‌ای اول (اسپرماتید I) به صورت گرد با هسته‌ی کوچک و متراکم دیده می‌شوند و در مرحله بعد (اسپرماتید II) به شکل کشیده و گاهی چندوجهی ظاهر می‌شوند که در این حالت نظم و ترتیب کیست‌ها دست‌خوش تغییر می‌شود. در این وضعیت سلولهای اسپرماتید II به شکل دسته‌جاتی سازمان‌دهی می‌شوند که به‌وسیله سلول‌های سرتولی با هسته تخم‌مرغی شکل حمایت می‌شوند. (شکل ۵)

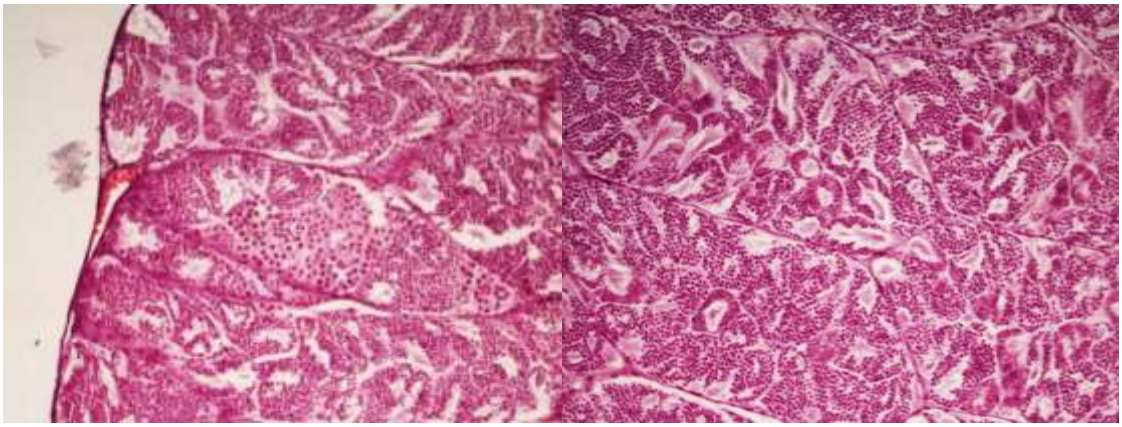
اسپرماتوزوآ: ویژگی عمده سلول‌های اسپرماتوزوآ هسته بازوفیلی و کاهش سیتوپلاسم است. هسته‌ی بلند و باریک بیشتر سر اسپرم را اشغال کرده است. اسپرم‌ها در طی نمو در دسته‌جاتی منظم و مرتب و با آرایش مناسب سازمان‌دهی شده‌اند. این سازمان‌دهی با دخالت سلول‌های سرتولی است و وقتی سلول‌های اسپرماتوزوآ کاملاً بالغ شدند از درون دستجات رها شده به داخل لومن حفره‌دار و لوله‌های آوران تخلیه می‌شوند (شکل ٦).

جدول ۱- مشخصات سلول‌ها و بافت بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis*

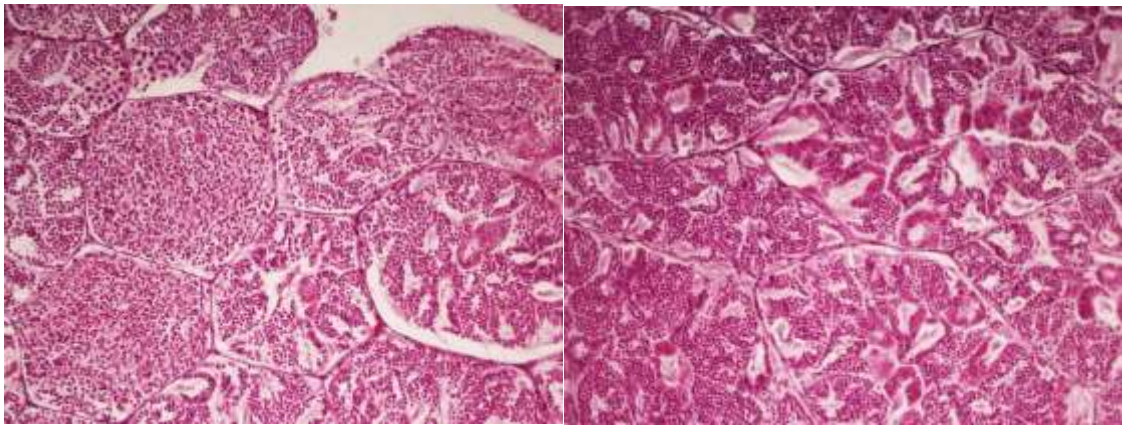
انواع سلول‌ها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	میانگین خطای معیار
سلول سرتولی	۷٦۹	۷/٦٤۱۱	۰/۸۷۸٦۷	۰/۰۳۱۹٦
اسپرماتی گرد	۷٦۹	۳/۰۳۱۲	۰/۳۰۰۲۸	۰/۰۱۰۸۳
اسپرماتوگونی اولیه	۷٦۹	٤/۳۸۱۰	۰/۷۰۲۸۲	۰/۰۲۵۳٤
اسپرماتوسیت اولیه	۷٦۹	۵/۵۱۱۱	۰/۵۳۷۸۳	۰/۰۱۹۳۹
اسپرماتوگونی نابالغ‌ها	۷٦۹	۳/۳۲۵۷	۰/۵٤۰۲٤	۰/۰۱۹٤۸
قطر لایه زاینده	۳۳۰	۰/۵۷۸۸	۰/۱۲۸٤۹	۰/۰۰۷۰۷
تعداد اسپرم در دسته	۷٦۹	۱۵/۹۷	۳/۰۹۱	۰/۱۱۱



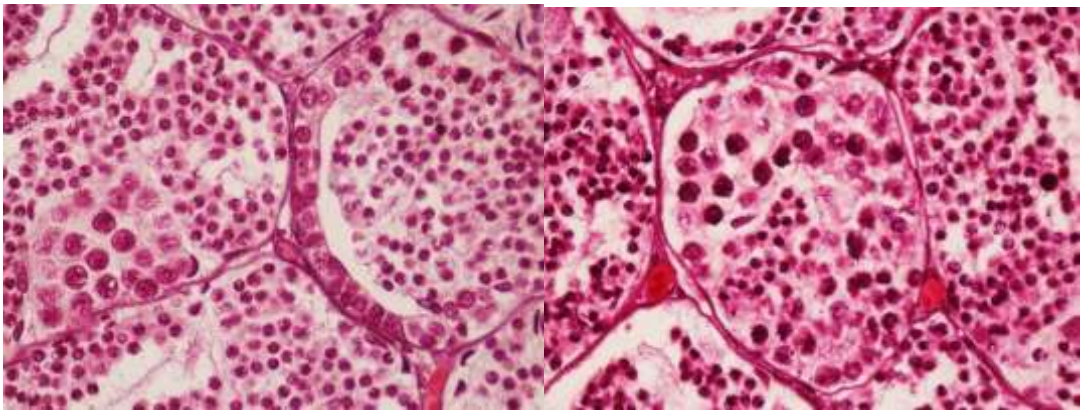
شکل ۱- تصویر فتوگراف از بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis* در شهریور با بزرگنمایی ٤٠ x .



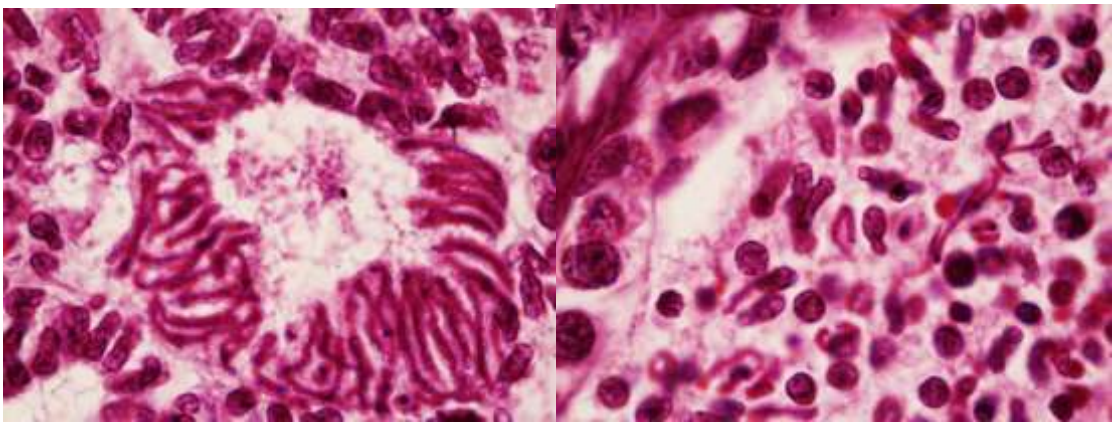
شکل ۲- مقطع عرضی از بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis* در شهریور با بزرگنمایی ۱۰۰ x.



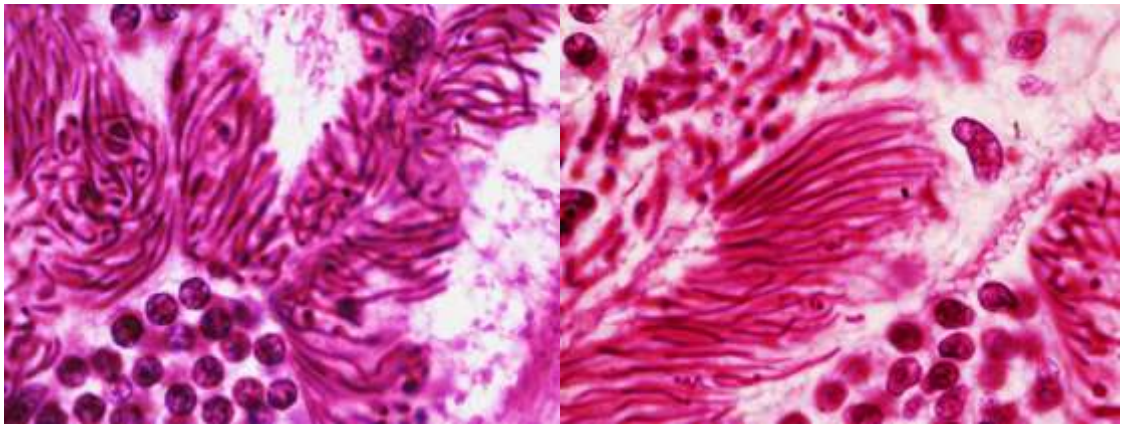
شکل ۳- مقطع عرضی از بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis* در شهریور با بزرگنمایی ۱۰۰x.



شکل ٤- مقطع عرضی از بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis* در شهریور با بزرگنمایی٤٠٠x. کیست حاوی اسپرماتوسیت در مجاورت کیست حاوی اسپرماتید I .



شکل ۵- مقطع عرضی از بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis* در شهریور با بزرگنمایی x۱۰۰۰.



شکل ٦- مقطع عرضی از بیضه‌ی سمندر *Paradactylodon gorganesis* در شهریور با بزرگنمایی x۱۰۰۰.

بحث

به طور کلی الگوی بافت‌شناسی بیضه در سمندر کوهستانی گرگان شباهت بسیاری با ساختمان بافت-شناسی بیضه سایر گونه‌های دوزیستان دم دار دارد. بیضه‌ی دوزیستان دم دار از لوب‌هایی ساخته شده است و در بسیاری از گونه‌ها، بیضه شامل تعداد زیادی لوبول است که هر لوبول توزیع منطقه‌ای سلول‌های زایشی را نشان می‌دهد و در بسیاری از گونه‌ها شامل تعداد متفاوتی از لوب‌هاست، هر لوب شامل مناطقی است که خود حاوی سلول‌های زایشی در مراحل مختلف بلوغ است که در امتداد محور سری- دمی می‌باشد. قسمت سری شامل مراحل ابتدایی اسپرماتوژنز است و در قسمت‌های دمی دسته-جات اسپرمی وجود دارد که همراه با سلول‌های سرتولی و سلول‌های بزرگ لایدیک توسط غشاء پایه از هم جدا می شوند .در این گونه نیز اغلب همانند سایر دوزستان دم‌دار خانواده هاینوبیده، بیضه استوانه‌ای بوده لوبول کامل را نشان می‌دهد. در مرکز بیضه لوبول‌ها کوچک و تقریباً کروی است و حاوی لایه‌ی ژرمینال در اطراف دیواره و اسپرماتوسیت در مرکز است. در حالی‌که لوبول‌های موجود در پیرامون بیضه بزرگ و تقریباً چند وجهی و حاوی اسپرماتیدها و دستجات اسپرمی‌اند. اسپرماتوژنز دراین گونه سمندر الگوی کیستی دارد. در دوزیستان بدون دم نیز بیضه‌ها تخم‌مرغی‌شکل بوده و همانند بیضه‌ی

پستانداران به صورت توبول سازمان‌دهی شده است همچنین بیضه در همه‌ی دوزیستان بدون دم و دم دار، الگوی کیستی داشته و هر کیست با یک سلول سرتولی مرتبط است و سلول‌های زایشی درون آن در یک مرحله از تمایزاند. کیست زایشی, زمانی تشکیل می‌شود که دو سلول دختر که از یک سلول اسپرماتوگونی اولیه به‌وجود می‌آیند در کنار یکدیگر باقی مانده و با تقسیمات میتوزی متوالی، خوشه‌ای از سلول‌ها را ایجاد می‌کنند که با یک سلول سرتولی مرتبطند. پس از دوره‌ی تکثیر اسپرماتوگونی‌های ثانویه، اسپرماتوسیت اولیه ایجاد می‌شود سپس اسپرماتوسیت‌های اولیه دستخوش تقسیم I میوز شده اسپرماتوسیت ثانویه را ایجاد می‌کند. پس از تقسیم I نیز اسپرماتیدها ایجاد شده در نهایت طی اسپرمیوژنز، اسپرماتوزوآ را ایجاد می‌کند.

در این گونه، اسپرماتوسیت اولیه در مقایسه با سایر سلول‌های دودمان اسپرماتوژنز بزرگترین سلول هستند. به طور کلی اسپرماتوسیت‌ها در فاز پروفاز میوز I مشاهده می‌شوند که سطوح مختلفی از فشرده شدن کروموزومی را نشان می‌دهند.

اسپرماتوسیت I عمدتاً از اسپرماتوگونی II بزرگتر است. با تقسیم I میوز اسپرماتوسیت‌های ثانویه از اسپرماتوسیت اولیه به‌وجود می‌آیند که اندازه آن تقریباً نصف قطر اسپرماتوسیت‌های اولیه را نشان می‌دهند که به دلیل طول عمر کوتاه به ندرت قابل روئیت اند. در مرحله بعد و طی تقسیم II میوزاسپرماتیدهای I با یک هسته کروی و کوچک و دانه‌دار به‌وجود می‌آید و طی مراحل بعدی با کشیده شدن سلول و هسته با حداکثر فشردگی در کروماتین اسپرماتید II ایجاد می‌شود. در پایان اسپرماتوژنز اسپرم‌ها در دسته‌جاتی قرار می‌گیرند در حالی‌که هنوز با سلول‌های سرتولی متصل هستند. به هرحال با رها شدن داخل حفره‌های سمینیفر نظم و ترتیب آنها به هم خورده و این تا زمان رهاسازی به شکل دسته‌جات اسپرمی باقی می‌ماند.

نتیجه‌گیری

به هر حال سازمان‌دهی بیضه در گونه‌ی سمندر مطالعه شده نشان می‌دهد که همانند سایر گونه‌ها یک روش کلی برای دوزیستان دم‌دار وجود دارد و آخرین سلول زایشی (اسپرماتوزوآ) بیشترین تفاوت را در بین گونه‌ها نشان می‌دهد که این می‌تواند وابسته به جنبه‌های فیلوژنتیکی و به استراتژی‌های تولیدمثلی دوزیستان دم‌دار مربوط باشد.

منابع

1- Duellman W.E., Trueb L., 1994. Biology of amphibians. New York, McGraw-Hill, 670 pp.

2- Hildebrand M. 1995. Analysis of vertebrate structure .New York: John Wiley and Sons, Inc. Fourth Edition, pp: 299-315.

3- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Downloaded on 03 June 2009.

4 - Jegou B., 1993. The Sertoli germ cell communication network in mammals. *International Review of Cytology*, 147: 25-96.

5- Kent G.C., Carr R.K., 2001. Comparative anatomy of the vertebrates. McGraw-Hill Higher Education. 9th Edition, pp: 350-380.

6- Lofts B., 1974. Reproduction. In: Physiology of the amphibia. New York: Academic Press, 2:107-218.

7- Oliveira C., Vicentini C.A., Taboga S.R., 2003. Structural characterization of nuclear phenotypes during Scinax fuscovarius spermatogenesis (Anura, Hylidae). Caryologia, 1: 75-83.

8- Oliveira C., Zanetoni C., Zieri R., 2002. Morphological observations on the testes of *Physalaemus cuvieri* (Amphibia, Anura). *Revista Chilena de Anatomica*, 20(3): 263-268.

9- Pierantoni R.G., Cobellis R., Meccariello C., Palmiero G., Fienga S., Minucci S.F., 2002. The amphibian testis as model to study germ cell progression during spermatogenesis. *Comparative Biochemistry and Physiology B Biochemistry and Molecular Biology*, 132: 131-139.

10- Pierantoni R., Knobil E., Neill J.D., 1998. Male reproduction system, amphibians. Encyclopedia of reproduction. Academic press, San Diego, pp: 10-15.

11- Pudney J., 1995. Spermatogenesis in nonmammalian vertebrates. Microscopy Research and Technique, 32(6): 459-497.

12- Rastogi R.K., Bagnara J.T., Iela L., Krasovich M.A., 1988. Reproduction in the Mexican leaf frog, Pachymedusa dacnicolor. IV. Spermatogenesis: a light and ultrasonic study. *Journal of Morphology*, 197: 277-302.

13- Russel L.D., Steinberg A., 1989. Sertoli cells in culture view from the perspectives of an in vivo and an in vitro. *Biology of Reproduction*, 41: 571-577.

14- Wake M.H., 1969. Evolutionary morphology of the caecilian urogenital system. I. The gonads and the fat bodies. *Journal of Morphology*, 126: 291-331.