٩٩٢١٩

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده پزشکی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم تشریح

عنوان

بررسی اثرات سلنیوم بر پارامترهای اسپرم و بیان ژن CatSper در بیضه موش مسن

نگارش

شبنم محمدی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

استاد راهنما

دکتر منصوره موحدین

استاد مشاور

دکتر سید جواد مولی

۱۳۸۷ /۷/ ۱۵

مرداد ۱۳۸۶

۹۹۲۸۹

فرم تأییدیه اعضای هیأت داوران مندرج در پایان‌نامه کارشناسی ارشد»

بدینوسیله پایان‌نامه کارشناسی ارشد **شبنم محمدی** رشته: **علوم تشریح** گرایش:
تقدیم می‌شود. اینجانبان نسخهٔ نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی بررسی و تأیید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجهٔ کارشناسی ارشد پیشنهاد می‌کنیم.

نام و نام خانوادگی و امضاء اعضای هیأت داوران:

سرکار خانم دکتر منصوره موحدین (استاد راهنما)

جناب آقای دکتر سیدجواد مولی (استاد مشاور)

سرکار خانم دکتر مژده صالح نیا (نماینده تحصیلات‌تکمیلی)

سرکار خانم دکتر مژده صالح نیا (استادناظر)

سرکار خانم دکتر پریچهر پاس بخش (استادناظر)

دستورالعمل حق مالکیت مادي و معنوي در مورد نتایج پژوهشهاي علمي
دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان ، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی تحت عناوین پایان نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه ها/ رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامه ها و دستورالعمل های مصوب دانشگاه باشد.

ماده۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.
تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه/ رساله نیز منتشر می شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی، منطقه ای و بین المللی حاصل از نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هر گونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

نام و نام خانوادگي .
تاریخ و امضاء

آئین نامه پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس مبین بخشی از فعالیتهای علمی ـ پژوهشی دانشگاه است .بنابراین به منظورآگاهی و رعایت حقوق دانشگاه ، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود ،مراتب را قبلا به طور کتبی به دفتر " دفتر نشر آثار علمی " دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند :

" کتاب حاضر ، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده دررشته علوم تشریح است که در سال ۸۷ دردانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی خانم دکتر موحدین ، مشاوره آقای دکتر ... از آن دفاع شده است."

ماده ۳ : به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه ،تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهداء کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قراردهد .

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳ ، ۵۰ ٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس ،تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداختهای بهای خسارت ،دانشگاه مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه ووصول کند ،به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود ، ازطریق دادگاه ، معادل وجه مذکور در ماده ۴ رااز محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش ،تامین نماید .

ماده ۶: اینجانب شبنم محمدی دانشجوی رشته علوم تشریح مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده ، به آن ملتزم می شوم.

نام ونام خانوادگی شبنم محمدی

تاریخ وامضا

۸۷/۵/۳

تقدیم به:

پدر و مادر

و

برادر و خواهرانم

به پاس همه مهربانیها و محبتهایشان

تقدیم به:

تمامی معلمان واساتیدی که در طی دوران

تحصیل از آنها ارزشهای فراوانی آموختم

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس و ستایش پروردگار مهربانی را که نعمت وجود به من ارزانی نمود و در پیشگاه پر مهر و محبت پدر و مادری دلسوز و مهربان قرارم داد، تا در دامان پر مهر و محبتشان بیاسایم و در تلاطم روزگار، آسایش یابم. گذشتهایشان، زندگی را در کامم شیرین کرد و از هر نقطه ضعف و عیب من، نکته ای مثبت به من آموختند. زبان قاصر از گفتن ولی دلم سرشار از گویش، خدایا تو دانایی...

اکنون که انجام مراحل این تحقیق با استعانت و الطاف الهی و مساعدت های بسیاری از عزیزان به پایان رسیده است، لازم می دانم که با وجود قصور زبان و قلم، از استاد فرزانه وگرامیم سرکار خانم دکتر منصوره موحدین که بر من منت نهاده و راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند و درطول یک سال و اندی راهنمایم کردند، تقدیر و سپاس گزاری کنم.

همچنین از استاد محترم جناب آقای دکتر سید جواد مولی که مشاوره این پایان نامه را پذیرفتند و در تمام طول این مدت از راهنمایی ها و کمک ها یشان بنده را مورد لطف خود قرار دادند کمال تشکر را می نمایم.

همچنین لازم می دانم از زحمات بی دریغ جناب آقای پور بیرانوند و خانم ابراهیمی کارشناسان گروه آناتومی تشکر نمایم.

چکیده

خانواده ژنی CatSper 1-4 کانالهای کلسیمی منحصر به فردی را دراسپرم کد می کنند. این ژنها تنها در بیضه بیان می شوند و حضور آنها برای تحرک اسپرم و قدرت باروری اسپرم ضروری می باشد. مطالعات نشان می دهد سلنیوم یکی از عناصر ضروری برای باروری مرد است. هدف از این مطالعه بررسی اثر سلنیوم بر پارامترهای اسپرم و بیان ژن CatSper در موش مسن است.

در این مطالعه ۲۰ سر موش نر سوری ۱۲-۱۰ ماه و ۲۰ سر موش نر سوری ۳-۲ ماه بطور تصادفی به سه گروه (کنترل، شم و آزمون) تقسیم شدند. به گروه کنترل هیچ تزریقی انجام نشد. به گروه شم، هم حجم تزریق گروه آزمون حلال سلنیوم (نرمال سالین) به صورت داخل صفاقی تزریق شد. گروه آزمون دوز (Na_2Seo_3, 0.2 mg/kg) سلنیوم به صورت داخل صفاقی دریافت کردند. این دوز به صورت داخل صفاقی و به مدت ۵ هفته تزریق شد. سپس بررسی های زیر در۲۱، ۲۸، ۳۵ و ٤۲ روز بعد از تزریق انجام شد. بعد از پایان تزریقات موشها به روش دررفتگی مهره های گردن کشته شدند و پارامترهای اسپرم ارزیابی شد. همچنین یکی از بیضه ها برای بررسی هیستولوژیکی در فیکساتیو بوئن قرارداده شد. بیضه دیگر برای واکنشsemi-Quentitative- RT-PCR استفاده شد. از نمونه های بیضه RNA استخراج و ژن β2m بعنوان کنترل داخلی انتخاب شد. بعد محصول واکنش RT-PCRدر ژل آگارز و عکسبرداری، شدت نسبی بیان ژن سنجیده شد. در ضمن رنگ آمیزی ایمونوهیستوشیمی اسپرمها جهت بررسی تولید پروتئین CatSper انجام شد. همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی کل اسپرم اندازه گیری شد.

نتایج حاصل با استفاده از روش ANOVA آنالیز و سطح معنی داری P<۰/۰۵ درنظر گرفته شد. نتایج نشان داد که افزایش معنی داری در میانگین بیان ژنCatSper موش های گروه آزمون در مقایسه با گروه کنترل نشان داد (P<0.05). درمان با سلنیوم در موشهای مسن شدت نسبی بیشتری را در مقایسه با موشهای بالغ نشان داد. پارامترهای اسپرم بر طبق دستور العمل سازمان بهداشت جهانی (WHO) انجام گرفت. نتایج آنالیز اسپرم نشان داد که بعد از درمان با سلنیوم پارامترهای اسپرم موشهای بالغ و مسن افزایش می یابد. همچنین رنگ آمیزی ایمونوهیستوشیمی نشان داد محل قرار گیری پروتئین catSper 1,2 در ناحیه اصلی دم اسپرم و پروتئین CatSper 3,4 در ناحیه آکروزومی سر اسپرم قرار دارد. سلنیوم باعث افزایش بیان ژن catSper، یکی از ژنهای مسئول تحرک اسپرم می شود. بعلاوه، درمان با سلنیوم پارامترهای اسپرم بخصوص مرفولوژی طبیعی و میزان درصد زنده ماندن اسپرم را بهبود می بخشد.

واژگان کلیدی: سلنیوم – پارامترهای اسپرم– موش مسن– بیان ژن– CatSper

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات طرح تحقیق

۱-۱- ساختمان و ویژگیهای اسپرم..... ۱

۱-۱-۱- ساختار اگزونم..... ۳

۱-۱-۲- مکانیسم حرکت اگزونم..... ۴

۱-۲- لقاح..... ۴

۱-۲-۱- نقش کلسیم در لقاح..... ۵

۱-۲-۲- کانال های کلسیمی مستقر در اسپرم..... ۶

۱-۳- خانواده ژنی CatSper..... ۷

۱-۳-۱- ژن CatSper1..... ۷

۱-۳-۲- ژن CatSper2..... ۸

۱-۳-۳- **ژنهای** CatSper3&4 ..... ۹

۱-٤- اثر سن روی کیفیت اسپرم سازی..... ۱۱

۱-۵- سیستم دفاع آنتی اکسیدانی و ناباروری در مردان..... ۱۲

۱-٦- سلنیوم..... ۱۳

۱-٦-۱- شناسایی سلنوپروتیئن ها..... ۱۳

۱-٦-۲- اعمال سلنیوم..... ۱۴
۱-٦-۳- ترکیبات سلنیوم..... ۱۵
۱-٦-٤- متابولیسم و فراهم زیستی سلنیوم..... ۱۵
۱-٦-٥- جذب و دفع سلنیوم..... ۱۵
۱-٦-٦- سلنیوم و اسپرماتوژنزیس..... ۱۶
۱-۷- مروری بر مطالعات گذشته..... ۱۶
۱-۸- سؤال تحقیق..... ۱۹
۱-۹- فرضیه ها..... ۲۰
۱-۱۰- هدفها..... ۲۰

فصل دوم: مواد و روشها

۲-۱- حیوان آزمایشگاهی..... ۲۱
۲-۲-۱- دوز یابی..... ۲۱
۲-۲-۲- دوز مطلوب..... ۲۲
۲-۳- تهیه اسپرم ۲۳
۲-۳-۱- آنالیز اسپرم ۲۳
۲-٤- بررسی هیستولوژیکی با میکروسکوپ نوری..... ۲۵

۲-٤-۱- مرحله ثبوت..... ۲۶
۲-٤-۲- مرحله آماده سازی بافت..... ۲۷
۲-٤-۳- مرحله قالب گیری..... ۲۷
۲-٤-٤- برش گیری..... ۲۷
۲-٤-٥- رنگ آمیزی..... ۲۸
۲-٥- RT-PCR..... ۳۰
۲-٥-۱- استخراج RNA کل از بافت..... ۳۰
۲-٦- بررسی کمی و کیفی RNAی استخراج شده..... ۳۵
۲-٦-۱- UV اسپکتروفتومتری..... ۳۵
۲-٦-۲- الکتروفورز ژل آگارز..... ۳۷
۲-۷- تیمار RNAی استخراج شده با آنزیم DNase..... ۴۰
۲-۸- واکنش رونویسی معکوس (RT)..... ۴۱
۲-۹- واکنش PCR..... ۴۳
۲-۱۰- عکسبرداری از ژل آگارز..... ٤٤
۲-۱۱- تکنیک ایمونوهیستوشیمی..... ۴۵
۲-۱۲- نحوه تهیه رسوب اسپرمی..... ۴۸
۲-۱۳- اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی کل پلاسما (آزمون FRAP)..... ۴۹

۲-۱۳-۱- طرز تهیه محلول های مورد نیاز..... ۴۹

۲-۱٤- آنالیز آماری..... ۵۲

فصل سوم: نتایج

۳-۱- بررسی تأثیر دوزهای مختلف سلنیوم بر پارامترهای اسپرم موش مسن..... ۵۳

۳-۲- بررسی تأثیر دوز mg/kg ۰/۲ سلنیوم بر پارامترهای اسپرم موش های بالغ و مسن..... ۵۴

۳-۳- بررسی کمی و کیفی RNA استخراج شده..... ۵۵

۳-٤- تعیین الگوی بیان ژن CatSper در طی درمان با سلنیوم..... ۵۶

۳-۵- نیمه کمی کردن بیان ژن CatSper در موش..... ۵۷

۳-٦- آنالیز آماری در مورد نتایج نیمه کمی کردن بیان ژن CatSper..... ۵۷

۳-٦-۱- بررسی شدت نسبی بیان ژن CatSper موشهای بالغ در روزهای مختلف آزمایش..... ۵۸

۳-٦-۲- بررسی شدت نسبی بیان ژنCatSper موشهای مسن در روزهای مختلف آزمایش..... ۵۸

۳-۷- بررسی هیستولوژیکی..... ۵۹

۳-۸- تکنیک ایمونوهیستوشیمی..... ۵۹

۳-۹- بررسی اثر سلنیوم بر ظرفیت آنتی اکسیدانی کل اسپرم (FRAP)..... ۶۰

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

بحث..... ۸۹

پیشنهادات..... ۹۷

فهرست منابع و مأخذ ۹۸

فهرست ضمائم..... ۱۰۱

ضمیمه الف- نحوه تهیه محلولهای مورد استفاده برای رنگ آمیزی H&E..... ۱۱۱

ضمیمه ب- نحوه تهیه بافرها و محلولهای مورد استفاده در تکنیک RT-PCR..... ۱۱۲

ضمیمه ج- طرز تهیه محلول ها و بافرهای مورد نیاز درایمونوهیستوشیمی..... ۱۱٤

چکیده انگلیسی .....

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- بررسی تأثیر دوزهای مختلف سلنیوم بر پارامترهای اسپرم موش مسن۴۲ روز بعد از تزریق سلنیوم.....۶۱

جدول ۳-۲- بررسی تأثیر دوز ۰/۲mg/kg سلنیوم بر پارامترهای اسپرم ۲۱ روز بعد از تزریق سلنیوم....۶۲

جدول ۳-۳- بررسی تأثیر دوز ۰/۲mg/kg سلنیوم بر پارامترهای اسپرم ۲۸ روز بعد از تزریق سلنیوم....۶۳

جدول ۳-۴- بررسی تأثیر دوز ۰/۲mg/kg سلنیوم بر پارامترهای اسپرم ۳۵ روز بعد از تزریق سلنیوم....۶۴

جدول ۳-۵- بررسی تأثیر دوز ۰/۲mg/kg سلنیوم بر پارامترهای اسپرم ۴۲ روز بعد از تزریق سلنیوم....۶۵

جدول۳-۶- بررسی بیان ژنهای CatSper در روزهای مختلف بعد از درمان با سلنیوم.....۶۶

نمودار ۳-۱- شدت نسبی محصول ژنهای CatSper در موشهای بالغ در روز ۲۱ و ۲۸ آزمایش ۶۷

نمودار ۳-۲- شدت نسبی محصول ژنهای CatSper در موشهای بالغ در روز سی وپنج و چهل و دو آزمایش.....۶۸

نمودار ۳-۳- شدت نسبی محصول ژنهای CatSper در موشهای مسن در روزهای ۲۱ و ۲۸ آزمایش.....۶۹

نمودار ۳-۴- شدت نسبی محصول ژنهای CatSper در موشهای مسن در روزهای ۳۵ و ۴۲ آزمایش.....۷۰

نمودار۳-۵- بررسی تأثیر دوز ۰/۲mg/kg سلنیوم برمیزان FRAP در موشهای بالغ و مسن.....۷۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- بررسی کیفی RNA استخراج شده از بافت بیضه با استفاده از ژل آگارز ۱ درصد.....۷۲

شکل ۳-۲- طرح الکتروفورزی محصول RT-PCR ژن های β2m وCatSper در گروه کنترل مسن. A و در گروه کنترل بالغB.....۷۲

شکل ۳-۳- طرح الکتروفورزی محصول RT-PCR ژن های β2m وCatSper در گروه آزمون مسن۲۱ روز بعد از درمان با سلنیوم. A و در گروه آزمون بالغ۲۱ روز بعد از درمان با سلنیومB .....۷۴.

شکل ۳-۴- طرح الکتروفورزی محصول RT-PCR ژن های β2m وCatSper در گروه آزمون مسن ۲۸ روز بعد از درمان با سلنیوم. A و در گروه آزمون بالغ۲۸ روز بعد از درمان با سلنیوم.B ۷۵

شکل ۳-۵- طرح الکتروفورزی محصول RT-PCR ژن های β2m وCatSper در گروه آزمون مسن ۳۵ روز بعد از درمان با سلنیوم. A و در گروه آزمون بالغ ۳۵ روز بعد از درمان با سلنیوم.B ۷۶

شکل ۳-۶- طرح الکتروفورزی محصول RT-PCR ژن های β2m وCatSper در گروه آزمون مسن ۴۲ روز بعد از درمان با سلنیوم. A و در گروه آزمون بالغ ۴۲ روز بعد از درمان با سلنیومB :.....۷۷

شکل ۳-۷- A) تصویر ایمونوهیستوشیمی سلولهای اسپرم موش بالغ.....۷۸

شکل ۳-۸- A) تصویر ایمونوهیستوشیمی سلولهای اسپرم موش مسن.....۷۹

شکل ۳-۹- A) تصویر از بیضه موش در گروه کنترل بالغ که به آنها هیچ تزریقی نشده بود.....۸۰

شکل ۳-۱۰)A تصویر از بیضه موش در گروه آزمون بالغ که دوز ۰/۲mg/kg دریافت کرده بود.....۸۱

شکل ۳-۱۱) تصویر از بیضه موش در گروه کنترل مسن.....۸۲

شکل ۳-۱۲- A) تصویر از بیضه موش در گروه آزمون مسن که دوز ۰/۰۴mg/kg سلنیوم دریافت کرده بود..... ۸۳

شکل ۳-۱۳- A) تصویر از بیضه موش در گروه آزمون مسن که دوز ۰/۱mg/kg سلنیوم دریافت کرده بود..... ۸۴

شکل ۳-۱۴- A) تصویر از بیضه موش در گروه آزمون مسن که دوز ۰/۲mg/kg سلنیوم دریافت کرده بود..... ۸۵

شکل ۳-۱۵- A) تصویر از بیضه موش در گروه آزمون مسن که دوز ۰/۴mg/kg سلنیوم دریافت کرده بود..... ۸۶

شکل ۳-۱۶- A) تصویر از بیضه موش در گروه آزمون مسن که دوز ۰/۸mg/kg سلنیوم دریافت کرده بود..... ۸۷

شکل ۳-۱۷- A) تصویر از بیضه موش در گروه آزمون مسن که دوز ۱/۶mg/kg سلنیوم دریافت کرده بود..... ۸۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱- ساختمان و ویژگیهای اسپرم

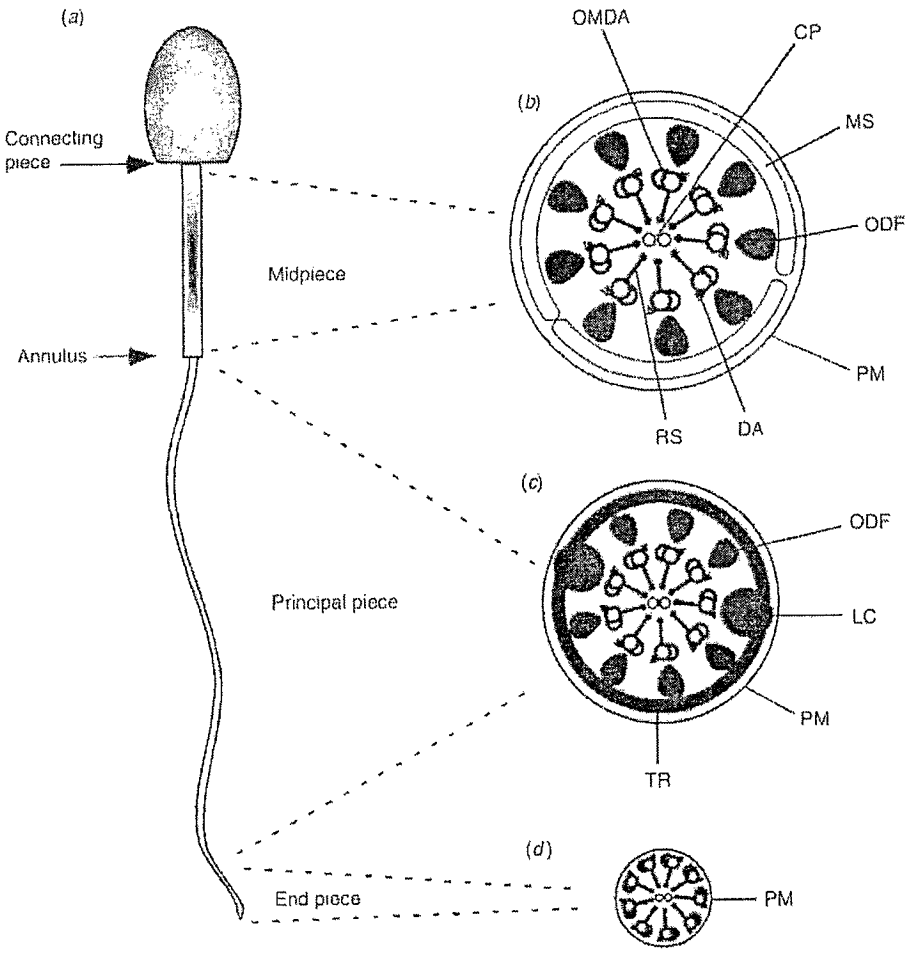
اسپرماتوزوا یک سلول یوکاریوت بسیار اختصاصی است که منحصراً برای انتقال ژنوم هاپلوئید نر از میان دستگاه ماده و رساندن آن به تخمک محتوی ژنوم هاپلوئید ماده طراحی شده است [۱].

اسپرم پستانداران به دو بخش مجزای سر و دم سازمان یافته است. هسته اسپرم در ناحیه سر قرار دارد [۲] و در قطب فوقانی هسته، آکروزوم قرار دارد. این اندامک حاوی آنزیمهای هیدرولیز کننده ای است که پروتئین ها و قند های پیچیده را هضم می کند [۳]. دم اسپرم پستانداران از چهار قسمت تشکیل شده است: گردن[۱]، ناحیه میانی[۲]، ناحیه اصلی[۳] و ناحیه انتهایی[۴] [۲].

گردن بلافاصله بعد از سر اسپرم قرار دارد. ناحیه میانی ضخیم بوده و حاوی میتوکندری هایی است که در اطراف اگزونم[۵] و فیبرهای متراکم خارجی[۶]سازمان یافته اند. وظیفه این میتوکندری ها تأمین انرژی مورد نیاز برای تحرک و متابولیسم اسپرم می باشد [۲]. طویل ترین بخش دم، ناحیه اصلی است که دارای

1. Neck
2. Midpiece
3. Principal Piece
4. End Piece
5. Axoneme
6. Outer dense fibers

اگزونم و فیبرهای متراکم خارجی و عاری از هر گونه اندامکی است. دورترین بخش دم، ناحیه انتهایی است که شامل مناطق کمتر سازمان یافته از صفحه فیبری و اگزونم است که در آن جهت گیری متداول میکروتوبول ها تغییر یافته است [٤].



شکل ۱-۱- تصویر شماتیک سلول اسپرم پستانداران و فرا ساختار دم [٥].

plasma membrane (PM)
mitochondrial sheath (MS)
outer dense fiber(ODF)
longitudinal columns (LC)
outer microtubule doublets of the axoneme (OMDA)

dynein arms (DA)
radial spokes (RS)
transverse ribs (TR)
central pair of microtubule doublets (CP)

۱-۱-۱- ساختار اگزونم

ناحیه اصلی و عامل تحرک فلاژل، اگزونم نام دارد [٦]. اگزونم از ۹ میکروتوبول دوتایی و ۲ میکروتوبول تکی که در کل فلاژل امتداد دارند، تشکیل شده است [۷و۸].

در اسپرماتوزآی اولیه، که نوعاً در گونه های با لقاح خارجی دیده می شود، فلاژل از اگزونم مذکور که تنها با غشای پلاسمایی محاط شده، تشکیل شده است؛ اما در اسپرماتوزوآی گونه های پیشرفته تر، نظیر حیوانات با لقاح داخلی، فلاژل دارای ساختار اصلی اگزونمی است که به وسیله فیبرهای متراکم کمکی و صفحه فیبری[1] و در نهایت غشای پلاسمایی احاطه شده است. دو ساختار اخیر، نقش فعال و روشنی در سرخوردگی[2] میکروتوبول ها و حرکت فلاژلی دارند [۹].

اگزونم ۲+۹ تایی ساختار اصلی سیتواسکلتی مسئول برای حرکت مژه و تاژه ای است. هر میکروتوبول دوتایی، از یک ساب فیبر A حاوی ۱۳ پروتوفیلامنت توبولینی که به یک ساب فیبر B که حاوی ۱۰ یا ۱۱ پروتوفیلامنت مشابه است، تشکیل شده است [۷،۸و ۱۰]. لازم به ذکر است که هر پروتوفیلامنت از پلیمریزه شدن پروتئین هایی به نام α وβ – توبولین ایجاد می شود [۱۱]. هر ساب فیبر A، دو بازو یا برآمدگی به نام dynein دارد که به سمت ساب فیبر B ی میکروتوبول دوتایی مجاور، بر آمده است. میکروتوبول های دوتایی علاوه بر اتصال به میکروتوبول های مجاور به وسیله شاخک های شعاعی[3] به صفحه محاط کننده دو تک میکروتوبول در مرکز اگزونم نیز متصل شده اند [۱۲]. دو تک میکروتوبول مرکزی (C_1 و C_2) از ۱۲ پروتوفیلامنت تشکیل شده اند [۱۵-۱۳].

1. Fibrous sheath
2. Sliding
3. Radial spokes