

به نام خداوند جان و خرد

جزوه بافت شناسی ۲

تهیه کننده

دکتر طیبہ محمدی

دانشکده دامپزشکی

دانشگاه رازی

پاییز ۱۴۰۰

فصل اول: دستگاه گوارش

دستگاه گوارش مجموعه‌ای از اندام‌های لوله‌ای شکل به همراه غدد ضمیمه است که عملکرد اصلی آن تجزیه غذای بلع شده به واحدهای کوچکتر قابل جذب توسط گردش خون و استفاده از آن جهت حفظ و نگه داری موجود زنده می‌باشد. هماهنگی کامل ساختار هر کدام از اندام‌های دستگاه گوارش با عملکرد ویژه آنها، از ویژگی‌های دستگاه گوارش گونه‌های اهلی است. تفاوت‌های قابل توجه دندان، معده و نیز روده بزرگ در میان گونه‌های متفاوت اصولاً در نتیجه تفاوت‌های موجود در رژیم غذایی آنها می‌باشد. به عنوان مثال دندان گوشتخواران برای پاره کردن و قطعه قطعه کردن گوشت و در علف خواران برای سائیدن و له کردن مواد غذایی شکل گرفته است. همچنین تفاوت‌های ساختاری موجود در پیش معده نشخوارکنندگان و سکوم و کولون اسب، باعث تبدیل این اندام‌ها به فضایی مناسب جهت هضم میکروبی مواد غذایی فیبری شده است. هر چند، غدد ضمیمه بزرگ دستگاه گوارش شامل غدد بزاقی، کبد و پانکراس، خارج از لوله گوارش قرار دارند، ولی منشاء آنها از بافت پوششی لوله گوارش بوده و مجاری آنها به دیواره اندام‌های لوله‌ای دستگاه گوارش نفوذ کرده و ترشحات آنها را به حفره این اندام‌ها تخلیه می‌کنند.

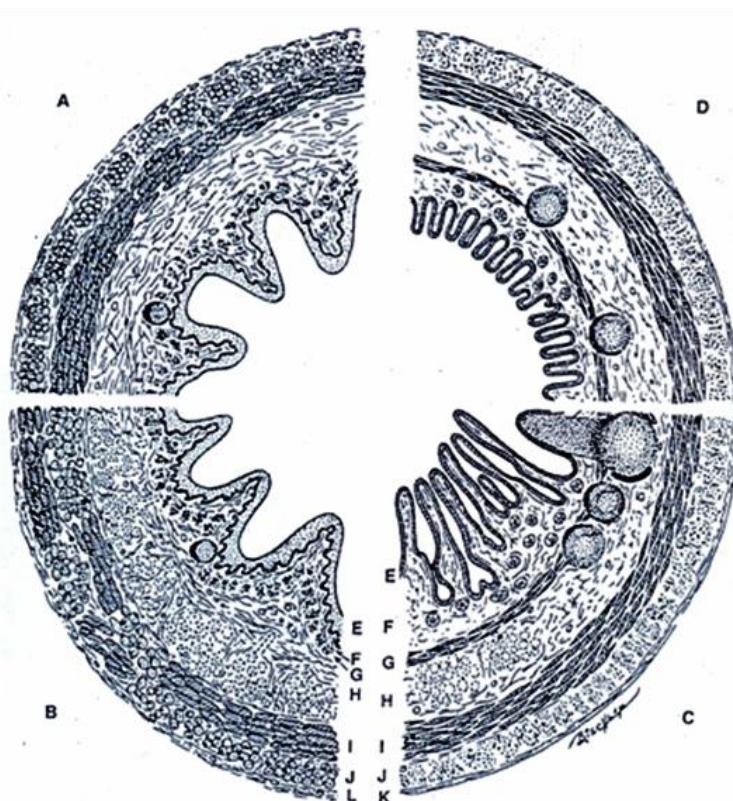
ساختار عمومی اندام‌های لوله‌ای شکل

یک طرح عمومی، جهت مطالعه ساختار تمام اندام‌های لوله‌ای شکل دستگاه‌های گوارش، تنفس، ادراری و تناسلی، وجود دارد (تصویر ۱). آشنایی با این طرح عمومی، به درک ویژگی‌های خاص هر اندام کمک می‌کند. دیواره اندام‌های لوله‌ای یا حفره‌ای شکل از چهار پوشش تشکیل شده است. هر یک از این پوشش‌ها یک طبقه یا طبقه مشبک^۱ نامیده می‌شود. تِلَا دارای یک ساختار مشبک ظریف بوده، درحالی‌که طبقه از بافت منسجم‌تری تشکیل شده است.

1- Tunic or tela

طبقه مخاطی^۱

این طبقه در مجاورت حفره داخلی اندام قرار داشته و تحت عنوان مخاط نیز نامیده می‌شود. مخاط سطح داخلی تمام اندام‌های لوله‌ای شکل که با خارج از بدن در ارتباط هستند، را پوشش داده و به وسیله یک ماده موکوسی چسبنده متشکل از سلول‌های پوششی کنده شده، لوکوسیت‌ها و همچنین موسین ترشح شده از غدد، محافظت می‌شود. با وجودی که ساختارهای همراه یا درون حفره دهانی مانند لب‌ها، گونه‌ها و زبان، به عنوان اندام‌های لوله‌ای شکل تلقی نمی‌شوند، ولی دارای مخاط می‌باشند. مخاط خود از سه لایه تشکیل شده است: بافت پوششی (اپیتلیوم)، پارین^۲ و عضله مخاطی.



تصویر ۱- تصویر شماتیک مقاطع عرضی نواحی مختلف دستگاه گوارش. مری فاقد غدد زیر مخاطی (A)، مری دارای غدد زیر مخاطی (B)، روده باریک با و بدون غدد زیر مخاطی و به همراه فولیکول‌های لنفاوی (C)، روده بزرگ (D) طبقه مخاطی: بافت پوششی

^۱-Tunica Mucosa

^۲- Lamina propria

(E)، پارین (F)، عضله مخاطی (G)، طبقه زیرمخاطی (H). طبقه عضلانی: لایه حلقوی (I)، لایه طولی (J)، طبقه سروزی (k)، طبقه ادوانتیس (L).

بافت پوششی جزء ثابت مخاط بوده و بسته به عملکرد اندام‌ها، از انواع بافت پوششی سطحی تشکیل شده است. این لایه بر روی یک غشاء پایه قرار می‌گیرد. پارین، لایه‌ای از بافت همبند، بلافاصله زیر بافت پوششی بوده، در بیشتر اندام‌ها متشکل از بافت همبند سست حاوی رشته‌های ظریف کلاژن، الاستیک و رتیکولر به همراه انواع سلول‌های بافت همبند می‌باشد. می‌توان پارین را جزء بافت‌های لنفوئیدی منتشر هم طبقه بندی نمود زیرا حاوی مقدار قابل توجهی لنفوسیت B و T می‌باشد. این سلول‌ها آغاز کننده پاسخ ایمنی در مقابل آنتی ژن‌هایی می‌باشند که از سد بافت پوششی عبور کرده‌اند. عروق خونی لازم جهت تغذیه بافت پوششی، به همراه مویرگ‌های لنفی و اعصاب نیز در پارین حضور دارند. در پارین برخی اندام‌ها غددی وجود دارد که غدد مخاطی نام دارند، زیرا این غدد در مخاط هستند. عضله مخاطی از اجزاء ثابت مخاط نبوده، ممکن است در برخی اندام‌ها وجود نداشته باشد. این لایه خود متشکل از یک تا سه لایه عضله صاف بوده که باعث ایجاد حرکات مستقل مخاط شده و منجر به تسهیل حرکات محتویات لوله گوارش و خروج موارد ترشحاتی از غدد می‌شود.

طبقه زیر مخاط^۱

طبقه زیر مخاطی یا به طور خلاصه، زیرمخاط، متشکل از بافت همبندی است که ممکن است حاوی غددی به نام غدد زیر مخاطی باشد. در اکثر اندام‌ها بافت همبند زیر مخاط سخت تر از پارین است. در این طبقه همچنین رگ‌های خونی، لنفی و شبکه عصبی زیرمخاطی (مایسنر)، شبکه عصبی عقده‌ای از سیستم عصبی خودکار، وجود دارد. در اندام‌های فاقد عضله مخاطی، پارین و زیر مخاط بدون وجود یک مرز مشخص، به هم پیوسته و پارین - زیر مخاط را ایجاد می‌کنند.

طبقه عضلانی^۲

¹ - Tela Submucosa

² - Tunica Muscularis

طبقه عضلانی پوششی از جنس عضله صاف یا عضله مخطط است که مسئول حرکت مواد غذایی در لوله گوارش و مخلوط کردن مواد غذایی با ترشحات غدد، می‌باشد. معمولاً طبقه عضلانی اندام‌های لوله‌ای شکل دستگاه گوارش از دو لایه تشکیل شده که آرایش رشته‌های عضلانی در لایه داخلی دارای طرح حلقوی یا بسیار مارپیچی و در لایه خارجی در جهت طولی و یا کمی مارپیچی می‌باشد. در میان این دو لایه عضلانی، شبکه عصبی عقده‌ای از سیستم عصبی خودکار به نام شبکه میان‌تريک (آئرباخ) واقع شده است.

طبقه سروز یا ادوانتیس^۱

طبقه خارجی اندام‌ها ممکن است طبقه سروزی یا طبقه ادوانتیس باشد. طبقه سروزی (سروز) از یک بافت همبند تشکیل شده که از سطح خارج توسط مزوتلیوم پوشیده شده است. اندام‌های موجود در حفرات جنب، پریکاردیوم و صفاق توسط سروز پوشیده شده‌اند. در هر یک از این موقعیت‌ها، سروز نام خاصی را می‌گیرد، که به ترتیب شامل پرده جنب، پریکاردیوم و صفاق می‌باشد. اندام‌هایی که در این حفرات قرار نمی‌گیرند، مانند بخش گردنی مری، فاقد مزوتلیوم هستند. این اندام‌ها توسط لایه‌ای از بافت همبند به نام طبقه ادوانتیس یا به طور خلاصه، ادوانتیس پوشیده می‌شوند که به فاسیای اطراف متصل می‌شود.

حفره دهانی

لب‌ها

لب‌ها محل اتصال پوست و دستگاه گوارش هستند که در سمت خارج به وسیله پوست و در داخل توسط مخاط پوشیده می‌شوند. در مجاورت محل اتصال پوست و مخاط^۲، پوست فاقد فولیکول‌های مو بوده و اپیدرم ضخیم تر و دارای اتصالات بین انگشتی بیشتری با بافت همبند زیرین، می‌باشد.

مخاط لب بوسیله بافت پوششی سنگفرشی مطبق که در نشخوارکنندگان و اسب شاخی شده و در گوشتخواران شاخی نشده است، پوشیده می‌شود. به دلیل عدم وجود عضله مخاطی، پارین و زیر مخاط بدون وجود مرز مشخصی

^۱ - Tunica Serosa or Adventitia

^۲ - Mucocutaneous junction

به هم متصل می‌شوند. تجمعاتی از غدد سرورزی یا سروموکوسی به نام غدد لبی^۱ در سراسر پارین- زیر مخاط مشاهده می‌شوند. طبقه عضلانی لب متشکل از رشته‌های عضلانی اسکلتی عضله حلقوی دهان (عضله اوربیکولاریس اوریس^۲) می‌باشد.

زبان^۳

زبان اندامی عضلانی بوده که توسط مخاط پوشیده شده و دارای نقش مهمی در فشرده کردن، جویدن و بلع مواد غذایی است. بافت پوششی سطح زبان، سنگفرشی مطبق است که در سطح پشتی ضخیم و شاخی شده و در سطح شکمی نازک و غیر شاخی می‌باشد. در سطح پشتی زبان تعداد زیادی برجستگی‌های ماکروسکوپی به نام پردهای زبان^۴ وجود دارد که از نظر شکل متفاوت بوده، بر اساس ویژگی‌های مورفولوژی نامگذاری می‌شوند و دارای عملکرد مکانیکی یا چشایی هستند. پردهای نخعی شکل^۵، مخروطی^۶ و عدسی^۷ پردهای مکانیکی هستند و باعث تسهیل حرکت غذا در حفره دهان می‌شوند. در صورتی که پردهای قارچی شکل^۸، جامی شکل^۹ و برگه^{۱۰} پردهای چشایی بوده و دارای جوانه چشایی^{۱۱} می‌باشند که در حس چشایی دخیل هستند.

پردهای نخعی شکل بیشترین نوع پردهای زبانی بوده، ظریف و تیغه‌ای شکل می‌باشند که از سطح زبان برجسته شده و سطح آنها توسط بافت پوششی سنگفرشی مطبق شاخی شده با طبقه شاخی ضخیم، پوشیده می‌شود. این پردها توسط بافت همبند با شبکه مویرگی متراکم در مرکز پرد، پشتیبانی می‌شوند. پردهای نخعی شکل زبان اسب

¹- Labial glands

²- Orbicularis oris

³- Tongue

⁴- Lingual papillae

⁵- Filiform papillae

⁶- Conical papillae

⁷- Lenticular papillae

⁸- Fungiform papillae

⁹- Vallate papillae

¹⁰- Foliate papillae

¹¹- Taste bud

برجستگی‌های نخ‌شکل شاخی شده ظریفی هستند که بافت همبند مرکزی در قاعده پردها خاتمه می‌یابد. در حالیکه، در نشخوار کنندگان پردهای مخروطی شاخی از سطح مخاط برجسته می‌شوند و بافت همبند مرکزی دارای چندین پرد ثانویه^۱ است. گربه دارای پردهای نخ‌شکل بزرگ با دو برجستگی با اندازه‌های متفاوت می‌باشد که برجستگی خلفی بزرگ تر بوده و به یک ستیغ شاخی با جهت خلفی، که توسط پردهای کروی تر با طبقه شاخی نازکتر حمایت می‌گردد، تبدیل می‌شود. در سگ ممکن است پردهای نخ‌شکل دارای دو یا چند راس باشند که راس خلفی بزرگتر بوده و دارای طبقه شاخی ضخیم تری نسبت به بقیه راس‌ها باشد.

پردهای مخروطی شکل در ریشه زبان سگ، گربه، خوک و نیز بر روی برجستگی زبانی^۲ نشخوار کنندگان وجود دارد. این پردها بزرگتر از پردهای نخ‌شکل بوده، غالباً خیلی شاخی شده نیستند و هر دو نوع پاپیلای بافت همبندی اولیه و ثانویه را دارا می‌باشند.

پردهای عدسی شکل، پهن و به شکل عدسی بوده و بر روی برجستگی زبانی نشخوار کنندگان قرار دارند. سطح آنها توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی شده، پوشیده می‌شود و در مرکز این پردها، بافت همبند سخت نامنظم متراکمی وجود دارد.

پردهای قارچی شکل در لابه لای پردهای نخ‌شکل قرار داشته و سطح فوقانی آنها در اسب و خوک، گنبندی شکل است. شکل آنها شبیه قارچ بوده و به همین دلیل قارچی شکل نامیده می‌شوند. سطح آنها توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی نشده پوشیده شده و دارای یک یا چند جوانه چشایی در سطح فوقانی خود می‌باشند. تعداد جوانه‌های چشایی در پردهای قارچی شکل گاو و اسب اندک، در گوسفند بیشتر و در گوشتخواران و بز فراوان است. بافت همبند مرکز پرد مملو از رگ‌های خونی و عصبی می‌باشد.

پردهای جامی در پشت زبان و دقیقاً در جلوی ریشه زبان قرار گرفته‌اند. این پردها بزرگ و پهن بوده و کاملاً توسط یک شیار (دره) مفروش شده با بافت پوششی احاطه شده‌اند. این پردها به مقدار کمی از سطح مخاط زبان

^۱ - Secondry papillae

^۲ - Torus linguae

بر جسته می‌شوند و توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی نشده، پوشیده می‌شوند که حاوی تعداد زیادی جوانه چشایی است. گروهی از غدد چشایی سروزی در عمق دره قرار گرفته‌اند و مجاری آنها در سطوح مختلف به دره باز می‌شوند. بافت همبند مرکز پرد مملو از رگ‌های خونی و عصبی می‌باشد. تعداد پردهای جامی شکل بسته به گونه متفاوت بوده، اسب معمولاً دارای یک جفت، گوشتخواران دارای ۴ تا ۶ جفت و نشخوارکنندگان دارای ۸ تا ۲۴ جفت از این پردها می‌باشند. پردهای برگی شکل چین‌های موازی از مخاط زبان می‌باشند که در کناره‌های زبان دقیقاً در جلوی قوس کامی-زبانی^۱ قرار دارند. جوانه‌های چشایی در بافت پوششی کناره‌های این چین‌ها قرار دارند. این پردها توسط شیار چشایی از یکدیگر جدا شده‌اند. در قسمت‌های عمقی این پردها تجمعاتی از غدد چشایی سروزی وجود دارند که مجاری آنها به شیار بین این پردها باز می‌شوند. نشخوارکنندگان فاقد این پردهای برگی شکل بوده و در گربه نیز پردهای برگی شکل، فاقد جوانه چشایی بوده و به ندرت دیده می‌شوند.

جوانه‌های چشایی دستجات بیضوی شکل از سلول‌های پوششی اختصاص عمل یافته می‌باشند که در بافت پوششی سنگفرش مطابق شاخی نشده پردهای قارچی، جامی و برگی زبان قرار دارند. همچنین این ساختارها در مخاط نرم کام، اپیگلوت و نواحی دیگر حفره دهان یا حلق پراکنده شده‌اند.

جوانه چشایی متشکل از مجموعه‌ای از سلول‌های پوششی دوکی شکل بوده که از غشای پایه بافت پوششی تا یک منفذ کوچک به نام منفذ چشایی^۲ در سطح بافت پوششی امتداد می‌یابد. در بیشتر گونه‌های پستانداران سه نوع سلول در آنها قابل تشخیص می‌باشد که تحت عنوان سلول‌های نوع I، II و III خوانده می‌شوند. سلول‌های نوع I و II دارای میکروویلی‌های رأسی بوده که به سمت داخل منفذ چشایی پیشرفتگی پیدا می‌کنند. سلول‌های نوع III دارای راس گریزی شکل^۳ بوده که آنها نیز به سمت داخل منفذ چشایی برجسته می‌شوند. ویژگی سلول‌های نوع III وجود دستجاتی از وزیکول‌های سیتوپلاسمی، شبیه به وزیکول‌های سیناپسی، در مجاورت رشته‌های

¹ – Palatoglossal arch

² - Taste pore

³ - Club-shaped apex

عصبی آوران فاقد میلین داخل بافت پوششی می‌باشد. به همین دلیل به این سلول‌ها، سلول‌های چشایی (سلول‌های کمورسپتور) گفته می‌شود، در حالی که اعتقاد بر این است که سلول‌های نوع I و II دارای نقش پشتیبانی بوده و سلول‌های پشتیبان^۱ نامیده می‌شوند. طول عمر متوسط سلول‌ها حدود ۱۰ روز می‌باشد و سلول‌های جدید از تقسیمات میتوزی سلول‌های تقسیم شونده اطراف جوانه^۲ مشتق می‌شوند. عضلات خاص (داخلی) زبان متشکل از دستجات عضلانی اسکلتی بوده که در جهت‌های مختلف (عرضی، طولی و مورب) امتداد یافته‌اند. به دلیل آرایش متنوع این رشته‌های عضلانی، زبان دارای قابلیت تحرک زیادی داشته که باعث تسهیل حرکت مواد غذایی به درون و در داخل حفره دهان می‌شود.

سطح شکمی زبان توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی نشده پوشیده می‌شود. مخاط آن مملو از مویرگ‌ها، آناستوموزهای شریانی-سیاهرگی و انشعابات از شریان و سیاهرگ زبانی می‌باشد که همگی در تنظیم دما شرکت دارند. دستجاتی از غدد بزاقی کوچک سروموکوسی به نام غدد زبانی^۳ در میان رشته‌های عضلانی و در زیر مخاط زبان پراکنده شده‌اند.

دندان

دندان‌ها ساختارهای بسیار آهکی موجود در حفره دهان هستند که در خرد کردن، جویدن غذا و یا به عنوان سلاحی در دفاع و حمله، به پستانداران کمک می‌کنند. دندان از یک بخش خارجی بسیار آهکی شده، در اطراف حفره دندانی^۴ که حاوی پولپ دندان^۵ می‌باشد تشکیل شده است. پولپ دندان بافت همبندی حاوی رگ‌های خونی و لنفی و رشته‌های عصبی می‌باشد.

¹- Sustentacular or supportive cell

²- Perigemmal

³- Lingual gland

⁴- Pulp cavity

⁵- Dental pulp

دندان‌های ساده^۱ و مرکب^۲

دو نوع دندان در پستانداران اهلی وجود دارد: دندان‌های ساده و دندان‌های مرکب، که از لحاظ میزان رشد و نیز آرایش لایه‌های بافت آهکی شده متفاوت هستند. دندان‌های ساده کوتاه بوده و رشد آنها پس از خروج از لثه^۳ متوقف می‌شود. هر دندان ساده دارای سه بخش می‌باشد: تاج^۴ قسمتی از دندان که خارج از لثه واقع شده است، گردن^۵ (ناحیه مرزی دقیقا در زیر خط لثه) و یک یا چند ریشه^۶ که در داخل لثه و درون حفره استخوانی به نام آلوئول قرار دارند. تمام دندان‌های گوشتخواران و انسان و دندان‌های پیش در نشخوار کنندگان از نوع ساده می‌باشند.

دندان‌های مرکب بسیار بلندتر از دندان‌های ساده بوده و در تمام طول عمر یا بخشی از زندگی پس از بلوغ حیوان، به رشدشان ادامه می‌دهند. این دندان‌ها تاج و گردن ندارند، در عوض دارای بدنه‌ای بلند و کشیده می‌باشند، در برخی گونه‌ها، ریشه‌ها و گردن پس از یک دوره طولانی تشکیل می‌شوند. تمام دندان‌های اسب و دندان‌های آسیای نشخوار کنندگان از نوع مرکب می‌باشند.

ساختار بافتی

¹- Brachydont

²- Hypsodont

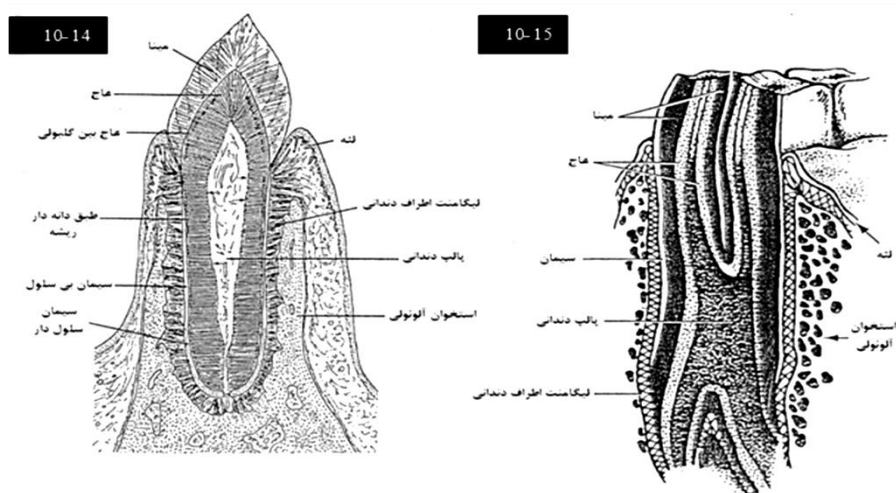
³- Eruption

⁴- Crown

⁵- Neck

⁶- Root

بافت‌های آهکی شده دندان شامل مینا^۱، عاج^۲ و سیمان^۳ می‌باشند، که هر یک دارای منشاء متفاوتی بوده، از نظر شکل و درجه آهکی شدن نیز با یکدیگر تفاوت می‌باشند. در دندان‌های ساده مینا بر روی تاج و در دندان‌های مرکب به صورت لایه‌ای در زیر سیمان قرار دارد. مینا سخت‌ترین بافت بدن بوده و متشکل از ۹۹ درصد املاح معدنی به شکل هیدروکسی آپاتیت و ۱ درصد مواد آلی است. از نظر بافتی، مینا از ساختارهای میله‌ای شکل بلند و ظریف به نام منشورهای مینایی^۴ تشکیل شده که به وسیله مینای بین میله‌ای^۵ به طور طولی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. دستجات موازی از میله‌ها، در کنار یکدیگر از سمت داخل تا سطح خارجی لایه مینا، طرحی مورب یا مواج ایجاد می‌کنند.



تصویر ۲- تصویر شماتیک مقطع طولی دندان ساده (براکیودونت). پولپ دندانی، حفره پولپ دندان را پر کرده است. موقعیت سلول‌های اودنتوبلاست، در حاشیه پولپ دندانی با پیکان مشخص شده است (از کتاب بافت‌شناسی دامپزشکی، Dellmann HD: یک منبع

اطلس مختصر Lea & Febiger : Philadelphia (1971)

¹- Enamel

²- Dentin

³- Cementum

⁴- Enamel prisms

⁵- Inter-rod enamel

ناحیه‌ای که جهت این دستجات تغییر می‌کند، خطوط منحنی پدید می‌آید. مینا توسط آملوبلاست‌ها که از اپیتلیوم مینایی داخلی عضو مینایی^۱ مشتق می‌شوند، ساخته می‌شود. آملوبلاست‌ها در دندان‌های ساده کاملاً تکامل یافته، وجود ندارند، ولی جمعیت کوچکی از سلول‌های استوانه‌ای جهت ادامه تولید مینا در قاعده دندان‌های مرکب باقی می‌ماند.

سیمان از لحاظ ساختاری کاملاً شبیه استخوان است. سیمان فاقد سلول از تیغه‌هایی موازی با سطح دندان تشکیل شده است. سیمان دارای سلول، حاوی سلول‌های سمنتوسیت بوده که در درون لاکوناها و کانالیکولی‌هایی، بسیار شبیه به کانالیکولی‌های استخوان، قرار دارند. دستجاتی از رشته‌های کلاژن، به نام رشته‌های سیمانی آلئولی^۲ با الیاف شارپی^۳ از استخوان آلئولی به داخل سیمان دندان کشیده می‌شوند. در مجموع این رشته‌ها لیگامنت اطراف دندانی^۴ را ایجاد می‌کنند که دندان را در داخل آلئول متصل می‌کند. سلول‌های سمنتوبلاست در محل اتصال سیمان و لیگامنت اطراف دندانی، ماتریکس رشته‌ای سیمان را ایجاد کرده، سپس با رسوب کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت درون ماتریکس، سیمان را آهکی می‌کنند. همین که سلول‌های سمنتوبلاست توسط ماتریکس احاطه شدند، سمنتوسیت نامیده می‌شوند. ریشه دندان‌های ساده توسط لایه‌ای از سیمان پوشیده می‌شود که ممکن است کمی از مینای گردن را بپوشاند. سیمان سطح خارجی دندان‌های مرکب اسب و نشخوارکنندگان در زیر و بالای لثه را پوشانده، دقیقاً از بالای ناحیه‌ای در قاعده دندان و در محل تولید مینا توسط آمیلوبلاست‌ها، شروع می‌شود. در سراسر سیمان دندان‌های مرکب اسب، سلول‌های سمنتوبلاست وجود داشته و بر خلاف دندان‌های ساده فاقد سیمان فاقد سلول، می‌باشند. سیمان اسب همچنین دارای ویژگی منحصر به فرد بوده و دارای عروق و اعصاب می‌باشد

¹- Enamel organ

²- Cementoalveolar fibers

³- Sharpey's fibers

⁴- Periodontal ligament

عاج بافتی شدیداً آهکی شده می‌باشد که بخش اصلی دندان را تشکیل می‌دهد. در دندان‌های ساده عاج در زیر مینای تاج و همچنین در زیر سیمان ریشه‌ها و در دندان‌های مرکب در زیر مینای بدنه قرار دارد. عاج همچنین جدار حفره دندانی را ایجاد می‌کند. عاج متشکل از ماتریکسی از مواد آلی است که عمدتاً شامل فیبریل‌های کلاژن در جهات مختلف و گلیکوپروتئین بوده و املاح معدنی به ویژه هیدروکسی آپاتیت و مقدار کمی کربنات، منیزیم و فلوراید بر روی آن رسوب کرده است. حدود ۷۰ درصد عاج، مواد آهکی شده و ۳۰ درصد آن مواد آلی می‌باشد. عاج توسط لایه‌ای از سلول‌های استوانه‌ای به نام اسلول‌های اودنتوبلاست، تولید می‌شود که در مجاور سطح داخلی عاج در لایه خارجی پولپ دندانی قرار گرفته‌اند.

در زیر سیمان لایه‌ای از مینا در تمام طول بدنه و تقریباً راس ریشه کشیده می‌شود. در زیر مینا، لایه ضخیمی از عاج وجود دارد. بر خلاف دندان‌های ساده، مینا و سیمان دندان‌های مرکب، به داخل تاج فرو می‌روند. پولپ دندانی، حفره پولپی دندان را پر کرده و از سلول‌ها و رشته‌های بافت همبندی، ماده زمینه‌ای بی‌شکل، تعداد زیادی رگ‌های خونی، لنفی و رشته‌های عصبی تشکیل شده است. این بافت از نظر ظاهری مشابه بافت همبند جنینی بوده و دارای رشته‌های کلاژنی بسیار ظریفی می‌باشد که در سراسر ماده زمینه‌ای بی‌شکل پراکنده شده‌اند. در خارجی‌ترین قسمت پولپ، لایه‌ای از سلول‌های اودنتوبلاست وجود داشته، که زوائد آنها به درون لوله‌های عاجی امتداد می‌یابند. زوائد قاعده‌ای از اودنتوبلاست‌ها به داخل ماده زمینه‌ای بی‌شکل کشیده شده و یا با زوائد مشابهی از سلول‌های مجاور، متحد می‌شود. به دلیل اینکه عاج بطور پیوسته در سطح داخلی دندان رسوب می‌کند، اندازه پولپ دندان به تدریج و با افزایش سن کاهش می‌یابد.

غدد بزاقی^۱

ویژگی‌های عمومی

¹ - Salivary glands

غدد بزاقی، متشکل از مجموعه‌ای از واحدهای ترشحی (بافت پوششی غده ای) هستند، که از اکتودرم دهانی منشاء گرفته و به صورت تجمعات بزرگی از غدد مرکب، به داخل مزودرم زیرین رشد می‌کنند. غدد بزاقی بزرگ (اصلی) شامل غدد پاروتید^۱ (بناگوشی)، تحت فکی^۲ و زیر زبانی^۳ می‌باشند. غدد بزاقی کوچک (فرعی)، براساس موقعیتشان نامگذاری می‌شوند، به عنوان مثال، غدد لبی، زبانی، دهانی، کامی، مولار^۴ (در گربه) و زایگوماتیک^۵ (در گوسفند).

بزاق^۶ ترکیبی از ترشحات موکوسی و سروزی غدد بزاقی است، که جهت مرطوب کردن مواد غذایی خورده شده و لغزنده کردن سطح اندام‌های گوارشی فوقانی و در نتیجه تسهیل حرکت مواد غذایی به سمت معده، دارای اهمیت می‌باشد. بزاق اجزاء محلول در آب موجود در مواد غذایی را حل کرده و دسترسی آنها را به جوانه‌های چشایی تسهیل می‌کند. بنابراین احساس چشایی تا حدی به بزاق وابسته است. به نظر می‌رسد، بزاق در پستانداران اهلی دارای نقش کمی در هضم مواد غذایی قبل از رسیدن آنها به معده، می‌باشد. اگرچه، نشخوار کنندگان حجم زیادی از بزاق تولید می‌کنند که منبع مهم مایعات شکمبه است.

غده بزاقی پاروتید

غده بزاقی پاروتید در دام‌های اهلی غالباً سروزی است، اگرچه، ممکن است واحدهای ترشحی موکوسی مجزایی نیز در سگ و گربه مشاهده شود. این غده از نظر ساختاری، یک غده آسینی مرکب متشکل از لوبول‌های متعدد می‌باشد که توسط تیغه‌های ظریفی از بافت همبند از هم جدا شده‌اند. لوبول‌ها از آسینی‌های متشکل از سلول‌های هرمی‌شکل با هسته قاعده‌ای و سیتوپلاسم بازوفیلی، تشکیل شده‌اند. بخش راسی هر یک از سلول‌ها، مملو از

¹- Parotid salivary gland

²- Mandibular salivary gland

³- Sublingual salivary gland

⁴- Molar

⁵- Zigomatic

⁶- Saliva

دانه‌های ترشحی به نام دانه‌های زیموژن^۱ است که حاوی پیش سازهای آنزیم‌های گوارشی هستند. سلول‌های میوآپیتلیال (عضلانی- پوششی) در میان سلول‌های ترشحی و غشاء پایه قرار دارند.

حفره باریک آسینی به یک مجرای رابط^۲ پوشیده شده با بافت پوششی مکعبی کوتاه، باز می‌شود. مجرای رابط به یک مجرای بزرگتر پوشیده از بافت پوششی استوانه‌ای ساده، به نام مجرای مخطط یا بزاقی^۳ متصل می‌شود. ویژگی مجرای مخطط، وجود خطوط عرضی در بخش قاعده‌ای سلول‌ها می‌باشد.

این شکل ظاهری به دلیل قرار گرفتن میتوکندری‌ها با آرایش عمودی در فضاهای سیتوپلاسمی متعدد ایجاد شده توسط چین خوردگی غشاء قاعده سلول‌ها، می‌باشد. این آرایش باعث ایجاد سطح وسیعی از غشاء سلولی حاوی پمپ‌های یونی انرژی خواه در نزدیکی میتوکندری‌های تولید کننده انرژی، شده و انتقال فعال مواد میان سلول‌ها و بافت زیرین را تسهیل می‌کند. مجاری مخطط به عنوان بزرگترین ساختار داخل لوبولی، به آسانی مشخص شده و در فرایند ترشحی مشارکت دارند. این مجاری تا لبه لوبول امتداد یافته، در آنجا به مجرای بین لوبولی واقع در تیغه‌های بافت همبند بین لوبول متصل می‌شوند.

مجرای بین لوبولی توسط بافت پوششی استوانه‌ای ساده پوشیده شده، که با بزرگتر شدن مجرا به بافت پوششی استوانه‌ای مطبق، تغییر کرده و مجرا به مجاری مشابه سایر لوبول‌ها می‌پیوندد. مجاری بین لوبولی به هم پیوسته و مجرای پاروتید را تشکیل می‌دهند که بافت پوششی آن در محل باز شدن مجرا به دهلیز حفره دهان، از استوانه‌ای مطبق به سنگفرشی مطبق تغییر می‌یابد.

غده بزاقی تحت فکی

غده بزاقی تحت فکی، یک غده سرو موکوسی لوله ای- آسینی مرکب است. ساختار ظاهری واحدهای ترشحی تا حدی دارای تفاوت‌های گونه‌ای می‌باشد، ولی معمولاً متشکل از واحدهای لوله‌ای با آسینی‌های انتهایی بزرگ

¹- Zymogen granules

²- Intercalated duct

³- Striated or salivary duct

است. سلول‌های ترشح کننده موکوس، لوله و آسینی را می‌پوشانند و هلال ژیانوزی یا هلال سروزی^۱ در اطراف مشاهده می‌شود. ترشحات سروزی از طریق کانالیکول‌های بین سلولی میان سلول‌های موکوسی، به مجرای واحد وارد می‌شوند. تنوع در الگوی پایه‌ای این غده شامل آسینی‌های سروزی و موکوسی جداگانه یا واحد لوله‌ای موکوسی با قطعه انتهایی آسینی سروزی بزرگ، می‌باشد. در سگ و گربه آسینی‌های موکوسی بیشتر هستند. سلول‌های میوآپیتلیال در اطراف واحدهای ترشحي قرار دارند. سیستم مجاری این غده مشابه پاروتید است. ممکن است در بافت پوششی مجرای اصلی سلول‌های جامی‌شکل هم وجود داشته باشند.

غده بزاقی زیر زبانی

غده بزاقی زیر زبانی مانند غده بزاقی تحت فکی، یک غده سرو موکوسی (مخلوط) لوله‌ای-آسینی مرکب است. تعداد آسینی‌های موکوسی و هلال‌های سروزی و طبیعت سروموکوسی ترشحات آنها در بین گونه‌ها، متفاوت است. غدد زیر زبانی گاو و گوسفند تقریباً به طور کامل، موکوسی، به همراه تعداد نسبتاً کمی هلال‌های سروزی می‌باشد. غدد زیر زبانی سگ و گربه، علاوه بر آسینی‌های موکوسی معمول و هلال‌های سروزی، دارای دستجاتی از آسینی‌های سروزی حاوی دانه‌های PAS (پریودیک اسید-شیف) مثبت در قسمت قاعده‌ای آنها، می‌باشد. سلول‌های موکوسی، واحدهای ترشحي لوله‌ای را تشکیل می‌دهند که آسینی‌های سروزی را به مجاری رابط متصل می‌کنند. مجاری مخطط و رابط در سگ و گربه، از اجزاء ثابت نیستند، ولی در اسب و نشخوارکنندگان به خوبی تکامل یافته‌اند.

مجاری بین لوبولی، در ابتدا توسط بافت پوششی استوانه‌ای ساده کوتاهی پوشیده شده‌اند، که در مجاری بزرگتر، ضخامت بافت پوششی افزایش یافته و دو لایه می‌شود. مجرای اصلی توسط بافت پوششی مکعبی منطبق پوشیده شده، که در گاو دارای سلول‌های جامی‌شکل می‌باشد.

¹ - Serous demilunes

غدد بزاقی کوچک

دستجاتی از غدد بزاقی کوچک سروزی، موکوسی و سروموکوسی در سراسر حفره دهان وجود دارند، که بر اساس موقعیت آنها نامگذاری می‌شوند. غدد بزاقی در پارین- زیرمخاط و بین دستجات عضلات داخلی زبان، قرار گرفته‌اند. غدد چشایی با پردهای جامی شکل و برگی شکل همراه بوده، کاملاً سروزی می‌باشند و مجرای آنها در شیار قاعده پردها باز می‌شوند. غدد لبی، دهانی، کامی و حلقی نیز ترشحات موکوسی و سروزی خود را به بزاق می‌افزایند. از نظر ساختار بافتی، واحدهای ترشحی غدد بزاقی کوچک مشابه غدد بزاقی بزرگ بوده و دارای اشکال متنوعی می‌باشند (مانند آسینی، لوله ای- آسینی یا لوله ای). آسینی‌ها و لوله‌های موکوسی غالباً دارای هلال‌های سروزی به صورت ضمیمه هستند. مجاری مخطط از ویژگی‌های غدد بزاقی کوچک نیستند. سیستم مجاری توسط بافت پوششی مکعبی ساده در داخل لوبول‌ها و بافت پوششی مکعبی دو لایه در مجاری بین لوبولی بزرگتر، پوشیده شده است. طبقات بافت پوششی مجاری با رسیدن به حفره دهان افزایش یافته و در آنجا به بافت پوششی سنگفرشی مطبق تغییر می‌کند. در میان گونه‌های اهلی، غده بزاقی زایگوماتیک فقط در گوشخواران وجود دارد. پارانشیم این غده متشکل از واحدهای ترشحی لوله ای- آسینی منشعب و بلند بوده که ترشحات آنها عمدتاً موکوسی است. مجاری رابط و مخطط تقریباً وجود ندارند. مجاری بین لوبولی و اصلی مشابه سایر غدد هستند. غده بزاقی مولار گربه، از نظر ساختار بافتی مشابه غده بزاقی زایگوماتیک بوده و یک غده لوله ای- آسینی مرکب است که ترشحات آنها عمدتاً موکوسی می‌باشد. مجاری رابط و مخطط وجود ندارند و مجاری بین لوبولی دارای بافت پوششی مکعبی دو لایه هستند. چندین مجرای اصلی به درون دهلیز حفره دهان در مقابل دندان آسیاب، تخلیه می‌شوند.

مری^۱

¹ - Esophagus

مری، حلق دهانی را به معده متصل نموده و تمام لایه‌های یک‌اندام لوله‌ای دستگاه گوارش را دارا می‌باشد. مخاط مری از سه لایه تشکیل شده است: بافت پوششی سنگفرشی مطبق، پارین و عضله مخاطی. تفاوت‌های بین گونه‌ای در میزان شاخی شدن بافت پوششی وجود داشته، در گوشتخواران معمولاً شاخی نشده، در اسب کمی شاخی شده و در نشخوارکنندگان تا حد زیادی شاخی شده است. پارین مری عمدتاً از شبکه متراکمی از رشته‌های ظریف کلاژن و رشته‌های الاستیک پراکنده فراوان تشکیل شده و از این لحاظ مری را اندامی غیر معمول می‌سازد، زیرا بافت همبند پارین مری، سخت تر از بافت همبند زیر مخاط آن می‌باشد. عضله مخاطی از دستجاتی از عضله صاف با آرایش طولی تشکیل شده و در انتهای قدامی مری سگ وجود نداشته، ولی گربه، اسب و نشخوارکنندگان دارای دستجات عضله صاف جدا از یکدیگر در نزدیکی حلق بوده که تعداد و تراکم آن‌ها به سمت معده افزایش می‌یابد.

زیر مخاط مری متشکل از بافت همبند سست حاوی شریان‌ها و وریدهای بزرگ با آرایش طولی، عروق لنفی بزرگ و اعصاب می‌باشد. در زیر مخاط مری سگ، غدد زیر مخاطی حاوی آسینی‌های موکوسی به همراه هلال ژیانوزی وجود دارند. در سگ، این غدد در سراسر مری وجود داشته و به بخش کاردیاک معده غده‌ای نیز امتداد می‌یابند. تراکم غدد ممکن است در نزدیکی معده (بخش خلفی مری) چهار برابر بیش از محل شروع اندام (بخش قدامی مری) باشد. در اسب، گربه و نشخوارکنندگان غدد تنها در محل اتصال حلق، مری مشاهده شده، در گاو متشکل از آسینی‌های مخلوط با هلال ژیانوزی می‌باشند. سست بودن زیر مخاط منجر به ایجاد چین‌های طولی در مخاط مری در حال استراحت می‌گردد. طبقه مخاطی مری از دو لایه عضلانی تشکیل شده است. در نشخوارکنندگان و سگ، طبقه عضلانی کاملاً از عضله اسکلتی تشکیل شده است. در اسب، دو سوم قدامی مری از جنس عضله اسکلتی بوده، و به تدریج در یک سوم خلفی به عضله صاف تغییر می‌کند. در گربه، عضله اسکلتی ممکن است قبل از تغییر به عضله صاف تا چهار پنجم طولی مری را طی کند. در انتهای قدامی مری، در دو لایه

عضلانی تعدادی فرورفتگی‌های بین انگشتی^۱ و آرایش مارپیچی مشاهده می‌شود، ولی به سمت نواحی خلفی تر، این دو لایه به صورت لایه عضلانی حلقوی در داخل و لایه عضلانی طولی در خارج آرایش می‌یابند. لایه عضله حلقوی داخلی در دهانه کاردیاک^۲ معده تمام پستانداران اهلی ضخیم شده و عضله اسفنگتر کاردیاک را تشکیل می‌دهد. این عضله به ویژه در اسب با ضخامتی حدود ۱۵-۱۰ میلی متر همواره مشاهده می‌شود. در نشخوارکنندگان، عضله اسکلتی از مری به جدار شیارنگاری^۳ امتداد می‌یابد. در بخش گردنی مری، طبقه عضلانی توسط ادوانتیس متشکل از بافت همبند سست حاوی عروق خونی، لنفی و اعصاب، احاطه شده است.

بخش سینه‌ای مری در بیشتر گونه‌ها، عمدتاً توسط سروز (جنب مدیاستن^۴) در برگرفته شده است. در اسب، بخش شکمی مری، تقریباً ۲/۵ سانتی متر طول داشته و توسط سروز (صفاق احشایی^۵) احاطه شده است. در گوشتخواران نیز بخش شکمی مری هر چند کوتاه تر می‌باشد، ولی توسط صفاق احشایی پوشیده شده است، در حالیکه در سایر گونه‌ها، محل اتصال مری - معده در درون و یا نزدیک دیافراگم بوده و فاقد پوشش مزوتلیالی است.

معده^۶

معده بخش متسع شده لوله گوارش بوده و جهت هضم آنزیمی و هیدرولیزی مواد غذایی و تبدیل آن‌ها به مواد غذایی قابل جذب تخصص عمل یافته است. طبقه عضلانی معده به آمیخته شدن مواد هضمی با ترشحات معده‌ای کمک می‌کند.

¹- Interdigitating

²- Cardiac ostium

³- Reticular sulcus

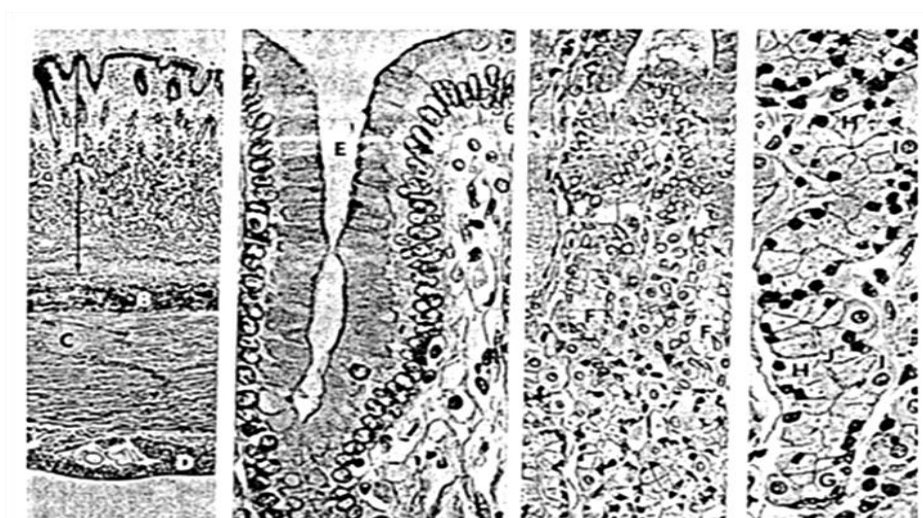
⁴- Mediastinal Pleura

⁵- Visceral peritoneum

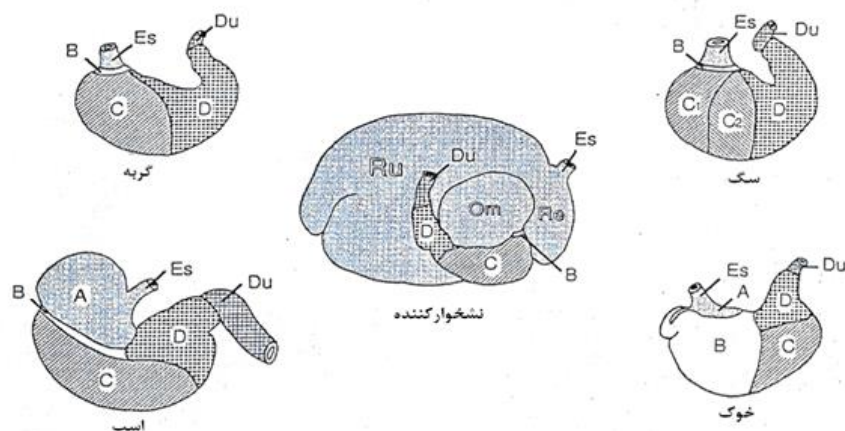
⁶ - Stomach

معده گوشتخواران منحصرأ توسط مخاط غده‌ای پوشیده شده است، در حالیکه معده حیوانات علفخوار، علاوه بر مخاط غده‌ای دارای مخاط غیر غده‌ای بوده و توسط بافت پوششی سنگفرشی مطبق نیز پوشیده شده است. جدار معده تمام لایه‌های یک‌اندام لوله‌ای معمولی را دارد.

مخاط متشکل از بافت پوششی، پارین (بافت همبند سست) و عضله مخاطی است. زیر مخاط حاوی رشته‌های کلاژن، بافت چربی سفید، عروق خونی و شبکه عصبی زیر مخاطی می‌باشد. طبقه عضلانی از سه لایه مورب (داخلی)، حلقوی (میانی) و طولی (خارجی) تشکیل شده است. شبکه عصبی میانتریک (آئرباخ) میان دو لایه عضلانی میانی و خارجی واقع شده است. سرور متشکل از یک لایه مزوتلیوم بر روی بافت همبند سست می‌باشد.



تصویر ۳- ناحیه غده‌ای معده اصلی (فاندوس) طبقه مخاطی، معده (سگ). ۱ مقطع ناحیه غده‌ای معده اصلی. تری کروم (۴۸×). ۲- چاله (پیت) معده‌ای. هماتوکسیلین و اتوزین (۴۵۰×). ۳- ناحیه گردنی غدد اصلی معده دارای سلول‌های موکوسی گردنی هستند. هماتوکسیلین و اتوزین (۲۱۰×). ۴- ناحیه فاندوس (بدنه) غدد اصلی معده دارای سلول‌های اصلی و جداری هستند. هماتوکسیلین و اتوزین (۴۸۰×). طبقه مخاطی (A)، طبقه زیرمخاط (B)، لایه‌های عضلانی حلقوی (C) و طولی (D) طبقه عضلانی، چاله معدی (E)، بدنه غدد معدی (G)، سلول‌های اصلی (H)، سلول‌های جداری (I)، حفره غده (J).



تصویر ۴- تصویر شماتیک نمایانگر نواحی مختلف طبقه مخاطی معده. مخاط غیر غده‌ای پوشیده شده از بافت پوششی سنگفرشی مطابق (A)، شامل شکمبه (Ru)، نگاری (Re) و هزارلا (Om)، منطقه غده‌ای کاردیاک (B)، منطقه غده‌ای فاندوس (C)، دارای بخش‌های روشن (C1) و تیره (C2) در سگ، منطقه غده‌ای پیلور (D)، مری (Es)، دوازدهه (Du).

ناحیه غده‌ای کاردیاک

ناحیه غده‌ای کاردیاک معده، در تمام حیوانات اهلی، به صورت نوار باریکی در محل اتصال مخاط غده‌ای و غیر غده‌ای قرار دارد. غدد کاردیاک از نوع غدد لوله‌ای ساده منشعب پیچیده و نسبتاً کوتاه بوده که دارای ترشحات موکوسی می‌باشند. سلول‌های غدد کاردیاک مکعبی بوده که هسته آن‌ها در قسمت قاعده‌ای سلول واقع شده است. غدد کاردیاک ترشحات خود را به درون پیت‌های معدی نسبتاً کم عمق تخلیه می‌کنند. سلول‌های جداری^۱ نیز ممکن است در غدد موجود در محل اتصال بخش غده‌ای کاردیاک و معده اصلی (فاندوس^۲) وجود داشته باشند.

ناحیه غده‌ای معده اصلی (فاندوس)

ناحیه غده‌ای معده اصلی در حیوانات اهلی به خوبی تکامل یافته است. در گوشتخواران، این بخش بیش از یک دوم، در اسب بیش از یک سوم و در نشخوارکنندگان دو سوم شیردان را در بر می‌گیرد. این بخش غده‌ای تنها در سگ و گربه مانند انسان واقعاً بخش فاندوس معده را در بر می‌گیرد، به همین دلیل و جهت جلوگیری از اشتباه در مورد موقعیت قسمت‌های مختلف معده از واژه معده اصلی استفاده می‌شود.

¹ - Parietal cells

² - Fundus

غدد معده اصلی از نوع غدد لوله‌ای مستقیم منشعب ساده بوده که تا عضله مخاطی کشیده می‌شوند. این غدد دارای یک بخش گردنی کوتاه، یک بدنه بلند و یک انتهای کور و کمی متسع به نام فاندوس می‌باشند. بافت پوششی ترشحی این غدد متشکل از چهار نوع سلول مجزا از لحاظ ساختاری و عملکردی می‌باشد: سلول‌های موکوسی گردن^۱، سلول‌های اصلی^۲، سلول‌های جداری^۳ و سلول‌های اندوکرینی^۴.

سلول‌های موکوسی گردن در بخش گردنی غدد معده اصلی قرار گرفته‌اند. این سلول‌ها دارای ویژگی‌های یک سلول موکوسی با هسته پهن چسبیده به قاعده سلول بوده و بسیار مشابه سلول‌های پوششی سطحی تولید کننده موکوس می‌باشند، هر چند سیتوپلاسم این سلول‌ها، بازوفیلی تر است. علاوه بر این، در رنگ آمیزی PAS (پریودیک اسید شیف)، سراسر سلول موکوسی گردن به شدت واکنش مثبت می‌دهد، در حالیکه مواد PAS مثبت سلول‌های پوششی سطحی تنها در دو سوم فوقانی سلول واقع شده‌اند.

سلول‌های اصلی بیشترین نوع سلول‌های تشکیل دهنده غدد معده می‌باشند. این سلول‌ها معکبی و یا هرمی و دارای یک هسته کروی نزدیک به قاعده سلول می‌باشند. منطقه بین هسته و سطح آزاد سلول پس از ثبوت به صورت مشبک و حاوی فضاهای شفاف به نظر می‌رسد. در سلول زنده، این واکوئول‌ها توسط دانه‌های زایموزن بوده که با به کار بردن روش‌های ثبوت و رنگ آمیزی اختصاصی قابل مشاهده می‌باشند. به همین دلیل سلول‌های اصلی، سلول‌های زایموزن نیز نامیده می‌شوند. بخش قاعده‌ای این سلول‌ها دارای شبکه آندوپلاسمی خشن (rER) وسیع بوده که منجر به رنگ بازوفیلی این بخش می‌شود. سلول‌های اصلی، پپسینوزن ترشح می‌کند که توسط اسید هیدروکلریک به پپسین تبدیل می‌شود.

¹- Mucous neck cells

²- Chief cells

³- Parietal cells

⁴- Endocrine cells

سلول‌های جداری بلندتر بوه و تعداد آن‌ها کمتر از سلول‌های اصلی است. این سلول‌ها غالباً به صورت منفرد و در اطراف سلول‌های اصلی قرار می‌گیرند. معمولاً فقط یک راس بسیار باریک از سلول به حفره داخلی غده می‌رسد. غالباً، قاعده سلول از سطح خارج غده به سمت بیرون برجسته می‌شود. سلول جداری دارای هسته کروی بوده، سیتوپلاسم آن به شدت رنگ‌آئوزین را به خود گرفته و به دلیل وجود تعداد زیادی میتوکندری دارای ظاهری دانه دار می‌باشد. غشاء سلول در بخش راسی فرو رفته و کانالیکولی‌های (کانال‌های ریز) داخل سلولی منشعبی را تشکیل می‌دهد که به سمت مرکز سلول امتداد یافته و با حفره غدد معدی دارای ارتباط است. تعداد زیادی میکروویلی (پرزهای کوچک) با طول‌های متفاوت به درون کانالیکول‌ها پیش رفتگی پیدا کرده و منجر به افزایش قابل توجهی در سطح مربوط سیستم انتقال فعال مورد نیاز جهت تولید اسید هیدروکلریک آزاد می‌شوند. سلول‌های جداری در طی یک واکنش آنزیمی با واسطه کرینیک آنهیدراز، اسید کربنیک تولید می‌کنند. سپس اسید کربنیک به یون‌های بی کربنات (که در درون سلول باقی می‌مانند) و یون‌های هیدروژن (که از غشاء سلول به درون کانالیکولی‌های داخل سلولی منتقل می‌شوند) تجزیه می‌شود. یون‌های هیدروژن در درون کانالیکولی‌ها و حفره مرکزی غدد معدی تشکیل می‌شود.

در سراسر بخش غده‌ای مخاط معده و نیز مخاط روده‌های کوچک و بزرگ، مجموعه‌هایی از سلول‌های اندوکرینی (سلول‌های آنتراندوکراین^۱) مسئول تولید هورمون‌های معدی - روده ای^۲ نظیر گاسترین، سکرترین، کوله سیستوکنین و پلی پتید مهار کننده معده^۳ می‌باشند. این هورمون‌ها به درون سیستم‌های عروق خونی یا لنفی آزاد شده، در سراسر بدن گردش کرده و یا به صورت موضعی منتشر شده و به سلول‌های هدف خود می‌رسند (مثلاً به روش پاراکرین). تشخیص این سلول‌ها در مقاطع بافتی معمولی رنگ آمیزی شده با هماتوکسیلین - آئوزین بسیار مشکل بوده و معمولاً بسیار شفاف و کم رنگ به نظر می‌رسند. بسیاری از این سلول‌ها

^۱- Enterendocrine cells

^۲- Gastrointestinal hormones

^۳- Gastric inhibitory polypeptide

تمایل زیادی به رنگ‌های نقره داشته و به همین علت سلول‌های نقره دوست یا آرژنتافین یا آرژیروفیل^۱ نامیده می‌شوند. برخی از این سلول‌ها با محلول‌های دی کرومات پتاسیم نیز قابل مشاهده بوده و به همین دلیل سلول‌های آنتروکرومافین^۲ نامیده می‌شوند. غالباً این سلول‌ها در میان قاعده سلول‌های اصلی و غشاء پایه اطراف سلول‌های غده‌ای قرار گرفته و راس آن‌ها به سطح بافت پوششی نمی‌رسد. هر چند، برخی از این سلول‌ها تا حفره مرکزی امتداد یافته و به نظر می‌رسد که محتویات غده‌ای را کنترل نموده و با آزاد کردن هورمون‌ها پاسخ می‌دهند. حداقل دوازده سلول‌اندوکرینی مختلف توسط میکروسکوپ الکترونی در لوله گوارشی تشخیص داده شده‌اند. همه آن‌ها دارای تعداد زیادی دانه‌های کوچک غشاء دار، عمدتاً در سیتوپلاسم قاعده‌ای سلول و همچنین شبکه‌اندوپلاسمی خشن نسبتاً کوچک و دستگاه گلژی کوچک می‌باشند. سلول‌های اندوکرینی لوله گوارشی بخشی از گروه سلولی بزرگ هستند که به نام سیستم نروآندوکرینی (عصبی-هورمونی) منتشر^۳ (DNES) شناخته شده‌اند.

¹ - Argentaffin or Argyrophilic cells

² - Enterochromaffin cells

³ - Diffuse Neuroendocrine System

ناحیه غده‌ای پیلور

ناحیه غده‌ای پیلور تقریباً نیمی از مخاط غده‌ای گوشتخواران، یک سوم مخاط غده‌ای اسب و یک سوم مخاط شیردان نشخوارکنندگان را در بر می‌گیرد. این ناحیه در خوک کوچک بوده و تقریباً یک چهارم مخاط را شامل می‌شود.

غدد پیلوری از نوع غدد لوله‌ای پیچ خورده^۱، منشعب و کوچک بوده که در مقایسه با سایر غدد معدی نسبتاً کوتاه‌تر می‌باشند. پیت‌های معدی این منطقه در مقایسه با ناحیه غده‌ای کاردیال و معده اصلی به مقدار قابل توجهی عمیق‌تر هستند. سلول‌های غدد پیلوری دارای ویژگی‌های ظاهری سلول‌های ترشح‌کننده موکوس معمولی، با هسته پهن واقع در قاعده سلول و سیتوپلاسم راسی روشن می‌باشند.

در محل اتصال پیلور- دوازدهه، غدد روده‌ای زیر مخاطی از دوازدهه به زیر مخاط ناحیه غده‌ای پیلور امتداد می‌یابند. لایه حلقوی میانی طبقه عضلانی پیلور ضخیم شده و عضله اسفنکتر پیلوری^۲ را ایجاد می‌کند که منجر به برجستگی زیر مخاط و مخاط به درون حفره می‌گردد. در نشخوارکنندگان و خوک، این ناحیه برجسته به نام توروس پیلوریکوس^۳ بسیار مشخص و واضح است.

معدۀ^۴

معدۀ بخش متسع شده لوله گوارش بوده و جهت هضم آنزیمی و هیدرولیزی مواد غذایی و تبدیل آن‌ها به مواد غذایی قابل جذب تخصص عمل یافته است. طبقه عضلانی معدۀ به آمیخته شدن مواد هضمی با ترشحات معدۀ کمک می‌کند.

^۱ - Coil

^۲ - Pyloric sphincter

^۳ - Torus pyloricus

^۴ - Stomach

معدۀ گوشتخواران منحصراً توسط مخاط غدۀای پوشیدۀ شدۀ است، در حالیکه معدۀ حیوانات گیاه خوار، علاوه بر مخاط غدۀای دارای مخاط غیر غدۀای بودۀ و توسط بافت پوششی سنگفرشی مطبق نیز پوشیدۀ شدۀ است. جدار معدۀ تمام لایه‌های یک‌اندام لولہ‌ای معمولی را دارد.

مخاط متشکل از بافت پوششی، پارین (بافت همبند سست) و عضلۀ مخاطی است. زیر مخاط حاوی رشته‌های کلاژن، بافت چربی سفید، عروق خونی و شبکه عصبی زیر مخاطی می‌باشد. طبقه عضلانی از سه لایه مورب (داخلی)، حلقوی (میانی) و طولی (خارجی) تشکیل شدۀ است. شبکه عصبی میانتریک (آئورباخ) میان دو لایه عضلانی میانی و خارجی واقع شدۀ است. سرور متشکل از یک لایه مزوتلیوم بر روی بافت همبند سست می‌باشد. ناحیۀ غدۀای کاردیاک معدۀ، در تمام حیوانات اهلی به جز خوک، به صورت نوار باریکی در محل اتصال مخاط غدۀای و غیر غدۀای قرار دارد. در خوک این بخش تقریباً نیمی از معدۀ شامل بیشتر دیورتیکولوم بطنی^۱ را می‌پوشاند. غدد کاردیاک از نوع غدد لولہ‌ای سادۀ منشعب پیچیدۀ و نسبتاً کوتاہ بودۀ که دارای ترشحات موکوسی می‌باشند. سلول‌های غدد کاردیاک مکعبی بودۀ که هسته آن‌ها در قسمت قاعدۀای سلول واقع شدۀ است. غدد کاردیاک ترشحات خود را به درون پیت‌های معدی نسبتاً کم عمق تخلیه می‌کنند. سلول‌های جداری^۲ نیز ممکن است در غدد موجود در محل اتصال بخش غدۀای کاردیاک و معدۀ اصلی (فاندوس^۳) وجود داشته باشند.

ناحیۀ غدۀای معدۀ اصلی (فاندوس)

ناحیۀ غدۀای معدۀ اصلی در حیوانات اهلی به خوبی تکامل یافته است. در گوشتخواران، این بخش بیش از یک دوم، در اسب بیش از یک سوم و در خوک تقریباً یک چهارم معدۀ و در نشخوارکنندگان دو سوم شیردان را در بر

¹ - Diverticulum Ventriculi

² - Parietal cells

³ - Fundus

می‌گیرد. این بخش غده‌ای تنها در سگ و گربه مانند انسان واقعاً بخش فاندوس معده را در بر می‌گیرد، به همین دلیل و جهت جلوگیری از اشتباه در مورد موقعیت قسمت‌های مختلف معده از واژه معده اصلی استفاده می‌شود. غدد معده اصلی از نوع غدد لوله‌ای مستقیم منشعب ساده بوده که تا عضله مخاطی کشیده می‌شوند. این غدد دارای یک بخش گردنی کوتاه، یک بدنه بلند و یک انتهای کور و کمی متسع به نام فاندوس می‌باشند. بافت پوششی ترشحی این غدد متشکل از چهار نوع سلول مجزا از لحاظ ساختاری و عملکردی می‌باشد: سلول‌های موکوسی گردن^۱، سلول‌های اصلی^۲، سلول‌های جداری^۳ و سلول‌های اندوکرینی^۴.

سلول‌های موکوسی گردن در بخش گردنی غدد معده اصلی قرار گرفته‌اند. این سلول‌ها دارای ویژگی‌های یک سلول موکوسی با هسته پهن چسبیده به قاعده سلول بوده و بسیار مشابه سلول‌های پوششی سطحی تولید کننده موکوس می‌باشند، هر چند سیتوپلاسم این سلول‌ها، بازوفیلی تر است. علاوه براین، در رنگ آمیزی PAS (پریودیک اسید شیف)، سراسر سلول موکوسی گردن به شدت واکنش مثبت می‌دهد، در حالیکه مواد PAS مثبت سلول‌های پوششی سطحی تنها در دو سوم فوقانی سلول واقع شده‌اند.

سلول‌های اصلی بیشترین نوع سلول‌های تشکیل دهنده غدد معده می‌باشند. این سلول‌ها معکبی و یا هرمی و دارای یک هسته کروی نزدیک به قاعده سلول می‌باشند. منطقه بین هسته و سطح آزاد سلول پس از ثبوت به صورت مشبک و حاوی فضاهای شفاف به نظر می‌رسد. در سلول زنده، این واکوئول‌ها توسط دانه‌های زایموژن بوده که با به کار بردن روش‌های ثبوت و رنگ آمیزی اختصاصی قابل مشاهده می‌باشند. به همین دلیل سلول‌های اصلی، سلول‌های زایموژن نیز نامیده می‌شوند. بخش قاعده‌ای این سلول‌ها دارای شبکه آندوپلاسمی خشن (rER)

¹- Mucous neck cells

²- Chief cells

³- Parietal cells

⁴- Endocrine cells

وسیع بوده که منجر به رنگ بازوفیلی این بخش می‌شود. سلول‌های اصلی، پپسینوژن ترشح می‌کند که توسط اسید هیدروکلریک به پپسین تبدیل می‌شود.

سلول‌های جداری بلندتر بوه و تعداد آن‌ها کمتر از سلول‌های اصلی است. این سلول‌ها غالباً به صورت منفرد و در اطراف سلول‌های اصلی قرار می‌گیرند. معمولاً فقط یک راس بسیار باریک از سلول به حفره داخلی غده می‌رسد. غالباً، قاعده سلول از سطح خارج غده به سمت بیرون برجسته می‌شود. سلول جداری دارای هسته کروی بوده، سیتوپلاسم آن به شدت رنگ‌آئوزین را به خود گرفته و به دلیل وجود تعداد زیادی میتوکندری دارای ظاهری دانه دار می‌باشد. غشاء سلول در بخش راسی فرو رفته و کانالیکولی‌های (کانال‌های ریز) داخل سلولی منشعبی را تشکیل می‌دهد که به سمت مرکز سلول امتداد یافته و با حفره غدد معدی دارای ارتباط است. تعداد زیادی میکروویلی (پرزهای کوچک) با طول‌های متفاوت به درون کانالیکول‌ها پیش رفتگی پیدا کرده و منجر به افزایش قابل توجهی در سطح مربوط سیستم انتقال فعال مورد نیاز جهت تولید اسید هیدروکلریک آزاد می‌شوند. سلول‌های جداری در طی یک واکنش آنزیمی با واسطه کرینیک آنهیدراز، اسید کربنیک تولید می‌کنند. سپس اسید کربنیک به یون‌های بی کربنات (که در درون سلول باقی می‌مانند) و یون‌های هیدروژن (که از غشاء سلول به درون کانالیکولی‌های داخل سلولی منتقل می‌شوند) تجزیه می‌شود. یون‌های هیدروژن در درون کانالیکولی‌ها و حفره مرکزی غدد معدی تشکیل می‌شود.

در سراسر بخش غده‌ای مخاط معده و نیز مخاط روده‌های کوچک و بزرگ، مجموعه‌هایی از سلول‌های اندوکرینی (سلول‌های آنترواندوکرین^۱) مسئول تولید هورمون‌های معدی - روده ای^۲ نظیر گاسترین، سکرتین، کوله سیستوکنین و پلی پپتید مهار کننده معده^۳ می‌باشند. این هورمون‌ها به درون سیستم‌های عروق خونی یا لنفی آزاد شده، در سراسر بدن گردش کرده و یا به صورت موضعی منتشر شده و به سلول‌های هدف خود می‌رسند (مثلاً به روش پاراکرین). تشخیص این سلول‌ها در مقاطع بافتی معمولی رنگ آمیزی شده با

^۱- Enterendocrine cells

^۲- Gastrointestinal hormones

^۳- Gastric inhibitory polypeptide

هماتوکسیلین - ائوزین بسیار مشکل بوده و معمولاً بسیار شفاف و کم رنگ به نظر می‌رسند. بسیاری از این سلول‌ها تمایل زیادی به رنگ‌های نقره داشته و به همین علت سلول‌های نقره دوست یا آرژنتافین یا آرژیروفیل^۱ نامیده می‌شوند.

برخی از این سلول‌ها با محلول‌های دی کرومات پتاسیم نیز قابل مشاهده بوده و به همین دلیل سلول‌های آنتروکرومافین^۲ نامیده می‌شوند. غالباً این سلول‌ها در میان قاعده سلول‌های اصلی و غشاء پایه اطراف سلول‌های غده‌ای قرار گرفته و راس آن‌ها به سطح بافت پوششی نمی‌رسد. هر چند، برخی از این سلول‌ها تا حفره مرکزی امتداد یافته و به نظر می‌رسد که محتویات غده‌ای را کنترل نموده و با آزاد کردن هورمون‌ها پاسخ می‌دهند. حداقل دوازده سلول اندوکرینی مختلف توسط میکروسکوپ الکترونی در لوله گوارشی تشخیص داده شده‌اند. همه آن‌ها دارای تعداد زیادی دانه‌های کوچک غشاء دار، عمدتاً در سیتوپلاسم قاعده‌ای سلول و همچنین شبکه اندوپلاسمی خشن نسبتاً کوچک و دستگاه گلژی کوچک می‌باشند. سلول‌های اندوکرینی لوله گوارشی بخشی از گروه سلولی بزرگ هستند که به نام سیستم نروآندوکرینی (عصبی-هورمونی) منتشر^۳ (DNES) شناخته شده‌اند.

ناحیه غده‌ای پیلور

ناحیه غده‌ای پیلور تقریباً نیمی از مخاط غده‌ای گوشتخواران، یک سوم مخاط غده‌ای اسب و یک سوم مخاط شیردان نشخوارکنندگان را در بر می‌گیرد. این ناحیه در خوک کوچک بوده و تقریباً یک چهارم مخاط را شامل می‌شود.

غدد پیلوری از نوع غدد لوله‌ای پیچ خورده^۴، منشعب و کوچک بوده که در مقایسه با سایر غدد معدی نسبتاً کوتاه‌تر می‌باشند. پیت‌های معدی این منطقه در مقایسه با ناحیه غده‌ای کاردیاک و معده اصلی به مقدار قابل

¹ - Argentaffin or Argyrophilic cells

² - Enterochromaffin cells

³ - Diffuse Neuroendocrine System

⁴ - Coil

توجهی عمیق تر هستند. سلول‌های غدد پیلوری دارای ویژگی‌های ظاهری سلول‌های ترشح کننده موکوس معمولی، با هسته پهن واقع در قاعده سلول و سیتوپلاسم راسی روشن می‌باشند.

در محل اتصال پیلور- دوازدهه، غدد روده‌ای زیر مخاطی از دوازدهه به زیر مخاط ناحیه غده‌ای پیلور امتداد می‌یابند. لایه حلقوی میانی طبقه عضلانی پیلور ضخیم شده و عضله اسفنکتر پیلوری^۱ را ایجاد می‌کند که منجر به برجستگی زیر مخاط و مخاط به درون حفره می‌گردد. در نشخوارکنندگان و خوک، این ناحیه برجسته به نام توروس پیلوریکوس^۲ بسیار مشخص و واضح است.

نگاری^۳ و شیار نگاری^۴

مخاط نگاری دارای چین‌هایی دایمی به نام ستیغ‌های نگاری^۵ بوده که ظاهری شبیه به کندوی عسل به آن می‌دهد. این ستیغ‌ها دارای دو ارتفاع متفاوت هستند. تیغه‌های بلندتر سطح مخاط را به محفظه‌های کم عمقی به نام محفظه‌های نگاری^۶ تقسیم بندی می‌کنند، که خود توسط تیغه‌های کوتاه‌تر به بخش‌های کوچکتری تقسیم می‌شوند. کناره‌های ستیغ‌ها دارای لبه‌های عمودی هستند و مخاط میان ستیغ‌ها توسط پرزهای مخروطی شکل نگاری پوشیده شده است که به سمت حفره نگاری برجسته شده‌اند. بافت پوششی نگاری از نوع سنگفرشی مطبق شاخی شده مشابه شکمبه است. پارین - زیر مخاط عمدتاً از شبکه‌ای از رشته‌های کلاژن و الاستیک تشکیل شده است. عضله مخاطی فقط در بخش راسی ستیغ‌های بلند نگاری وجود دارد، بنابراین، پارین و زیر مخاط با یکدیگر ترکیب می‌شوند عضله مخاطی به عضله مخاطی مری امتداد می‌یابد. دستجات عضله صاف در جاهایی که ستیغ‌ها یکدیگر را قطع می‌کنند از یک ستیغ به دیگری امتداد یافته و بنابراین شبکه‌ای از عضله صاف در سراسر مخاط نگاری ایجاد می‌کنند.

¹- Pyloric sphincter

²- Torus pyloricus

³- Reticulum

⁴- Reticular sulcus

⁵- Reticular crest

⁶- Reticular cells

طبقه عضلانی متشکل از دو لایه سلول‌های عضله صاف بوده که دارای طرحی مورب بوده و بازوی راست همدیگر را قطع می‌کنند. طبقه سروزی نگاری مشابه شکمبه است. شیار نگاری از دهانه کاردیاک آغاز شده و به صورت عمودی روی جدار میانی نگاری تا انتهای آن در محل دهانه نگاری - هزار لایی امتداد می‌یابد. لبه‌های شیار متشکل از دوچین ضخیم به نام لب^۱ می‌باشند. سراسر شیار توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی شده پوشیده شده است.

پارین - زیر مخاط عمدتاً از رشته‌های کلاژن و الاستیک تشکیل شده است. عضله مخاطی که امتدادی از عضله مخاطی مری می‌باشد، ناکامل بوده و عمدتاً در لبه‌های شیار مشاهده شده، در نزدیکی هزار لای یک لایه کامل را تشکیل می‌دهد. طبقه عضلانی شیار نگاری، عمدتاً متشکل از رشته‌های عضله صاف است. رشته‌های عضلانی اسکلتی از طبقه عضلانی مری در نزدیکی دهانه کاردیاک دیده می‌شود، اما به سرعت در شیار محو می‌گردد. رشته‌های عضلانی صاف با آرایش طولی و عرضی در کف شیار وجود دارند، در حالیکه لب‌ها عمدتاً حاوی رشته‌های عضلانی صاف با آرایش طولی و عرضی در کف شیار وجود دارند، در حالیکه لب‌ها عمدتاً حاوی رشته‌های عضلانی صاف با آرایش طولی می‌باشند. رشته‌های عضلانی طولی موجود در لب‌ها، یک حلقه را در اطراف دهانه کاردیاک ایجاد می‌کنند که معادل حلقه کاردیاک در حیوانات تک معده‌ای است. در انتهای شکمی شیار نگاری، رشته‌های عضلانی به درون اسفنکتر دهانه نگاری - هزار لایی وارد می‌شوند. در حیوانات جوان، لایه‌های عضله صاف لب‌ها در هنگام مکیدن شیر به طور رفلکسی منقبض شده، لبه‌های آن‌ها به سمت یکدیگر آمده و یک کانال را ایجاد می‌کنند که شیر را از نگاری شکمبه عبور می‌دهد. شیر پس از عبور از یک ناودان هزار لایی کوتاه مستقیماً وارد شیردان می‌شود.

^۱ - Labia

هزارلا^۱

هزارلا تقریباً توسط ۱۰۰ چین طولی به نام تیغه^۲ پر شده است که از سطح داخلی خم بزرگتر و کناره‌های اندام خارج می‌شوند. بزرگترین تیغه‌ها که تقریباً دوازده عدد می‌باشند، دارای لبه آزاد، ضخیم و محدب می‌باشند که تا فاصله‌ای کوتاه از خم کوچکتر امتداد می‌یابند و تیغه‌های دوم، سوم، چهارم و پنجم، تیغه‌های کوتاهتری بوده و به ترتیب ارتفاع آن‌ها کاهش می‌یابد. محتویات هزارلا بصورت لایه‌های نازک از میان فضاها باریک بین تیغه‌ها (گودی‌های بین تیغه ای^۳) عبور کرده و توسط تعداد زیادی از پرزهای هزارلایی کروی شاخی که سطح مخاط را پوشانده است به پولپ‌های کوچکی تبدیل می‌شوند.

پرزها مستقیم هستند، به همین علت حرکت تیغه‌ها محتویات متراکم را از دهانه نگاری - هزارلایی به گودی‌های بین تیغه‌ای و در نهایت به سمت خارج در دهانه هزار لا شیردان می‌داند. بافت پوششی از نوع سنگفرشی مطابق شاخی شده بوده و پارین فاقد غده حاوی شبکه مویرگی زیر اپتیالی متراکمی می‌باشد. عضله مخاطی یک لایه ضخیم دقیقاً در زیر پارین در هر دو طرف تیغه تشکیل می‌دهد. زیر مخاط بسیار ظریف و نازک است. طبقه عضلانی متشکل از یک لایه ظریف طولی خارجی و یک لایه ضخیم تر حلقوی داخلی از عضله صاف می‌باشد. داخلی ترین رشته‌های لایه حلقوی به صورت لایه عضلانی بینابینی به درون تیغه‌های بلند هزار لا (تیغه‌های اول تا سوم) نفوذ می‌کنند.

¹- Omasum

²- Laminae

³- Interlaminar recesses

شیردان^۱

دهانه هزارلا- شیردان توسط دوچین به نام دریچه‌های شیردانی^۲ مشخص می‌شود. در این بخش بافت پوششی به طور ناگهانی از سنگفرشی مطابق شاخی شده به استوانه‌ای ساده تغییر می‌کند. در گاو، این تغییر در راس چین‌ها و در نشخوارکنندگان کوچک، این تغییر در بخش هزارلایی چین‌ها اتفاق می‌افتد. پارین در بخش شیردانی چین‌ها تراکم کمتری دارد و غالباً فولیکول‌های لنفی در زیر محل اتصال اپیتالی مشاهده می‌گردد. مخاط شیردان تمام ویژگی‌های نواحی معده غده‌ای را که پیش از این تشریح شد، دارد.

روده کوچک

روده کوچک به سه بخش دوزاده (دئودنوم)، ژژنوم و ایلئوم قابل تقسیم می‌باشد. هضم روده ای، یا تبدیل غذا به مواد قابل جذب، زمانی آغاز می‌گردد که محتویات معده تحت تاثیر ترشحات پانکراس، صفرا و ترشحات روده‌ای قرار گرفته و این عمل در طول روده کوچک ادامه می‌یابد. عملکردهای هضمی و جذبی روده کوچک توسط چندین ساختار اختصاصی تسهیل می‌شود. عملکرد هضمی به افزایش حجمی آنزیم‌های گوارشی و نیز افزایش موکوس جهت حمایت و حفاظت سلول‌های پوششی از صدمات مکانیکی و ترکیبات تحریک کننده، نیاز دارد. آنزیم‌ها از سلول‌های استوانه‌ای جاذب و پانکراس منشاء می‌گیرند. آنزیم‌های تولید شده توسط سلول‌های استوانه‌ای جاذب، به غشاء سطح حفره‌ای دارای میکروویلی این سلول‌ها متصل است، در حالیکه آنزیم‌های پانکراسی به صورت آزاد با محتویات حفره‌ای ترکیب می‌شود. موکوس توسط غدد زیر مخاطی روده کوچک و نیز سلول‌های جامی‌شکل^۳ موجود در میان سلول‌های استوانه‌ای جاذب در سراسر روده، تولید می‌شود. تاثیر عملکرد جذبی توسط سه ساختار که منجر به افزایش سطح تماس محتویات روده‌ای می‌گردند، افزوده می‌شود:

¹- Abomasum

²- Vela abomasica

³- Goblet cells

(۱) دو سوم فوقانی روده کوچک دارای چین‌های مخاطی حلقوی به نام چین‌های حلقوی^۱ بوده که تقریباً دو سوم دور حفره روده کوچک کشیده می‌شود. در نشخوارکنندگان، این چین‌ها دائمی هستند، ولی در سایر حیوانات اهلی، این چین‌ها با پر شدن روده محو می‌شوند

(۲) سطح مخاط توسط برجستگی‌های انگشتی شکلی به نام کرک‌های روده ای^۲ پوشیده شده است. طول کرک‌ها در قسمت‌های مختلف روده کوچک و نیز در بین گونه‌ها متفاوت است. در گوشتخواران، این کرک‌ها بلند و ظریف و در گاو، کوتاه و پهن هست.

(۳) میکروکرک‌ها (میکروویلی‌ها) بر روی سطح آزاد سلول‌های پوششی استوانه ساده کرک‌ها وجود دارد

طبقه مخاطی

مخاط شامل بافت پوششی پوشاننده، پارین حاوی غدد و عضله مخاطی است. کرک‌ها^۳ برجستگی‌های مخاطی بوده و عمده ترین ویژگی روده کوچک می‌باشند. غدد روده‌ای (کریپت‌های لیبرکوهن^۴) که در فاصله میان قاعده کرک‌ها باز می‌شوند، تا عضله مخاطی در پارین نفوذ می‌کنند. این غدد لوله‌ای ساده، گاهی تحت عنوان غدد مخاطی نیز نامیده می‌شوند سیتوپلاسم راسی سلول حاوی شبکه انتهایی^۵ و شبکه اندوپلاسمی صاف وسیع (SER) لازم جهت ساخت تری گلیسیریدها، به قطرات کوچک چربی به نام کیلومیکرون‌ها^۶ که توسط خون انتقال می‌یابند، می‌باشد. ریبوزوم‌های آزاد و rER در بخش قاعده‌ای سلول واقع شده‌اند.

سلول‌های جامی در میان سلول‌های استوانه‌ای جاذب پراکنده شده‌اند. به محض تولید موسینوزن در درون سلول، بخش راسی سلول متسع شده و قطرات موسینوزن در این بخش تجمع یافته، هسته و سایر قسمت‌های سیتوپلاسم به سمت قاعده باریک سلول که بر روی غشاء پایه قرار دارد، کشیده

¹ - Plicae circulares

² - Intestinal Villi

³ - Villi

⁴ - Crypts of Lieber kuhn

1- Terminal web

⁶ - Chylomicron

می‌شوند. تعداد سلول‌های جامی در راس کرک‌ها کاهش می‌یابد. تعداد این سلول‌ها در ایلوم، دو تا سه برابر بیش از دوازدهه می‌باشد غدد روده‌ای ساده (کریپت‌های لیبرکوهن) توسط چندین نوع سلول مختلف پوشیده شده‌اند. سلول اصلی این غدد، سلول استوانه‌ای تمایز نیافته^۱ می‌باشد. این سلول‌ها پس از تکثیر، تمایز و مهاجرت به کرک‌ها، به سلول‌های استوانه‌ای جاذب و سلول‌های جامی تبدیل می‌شوند. این سلول‌ها توسط سلول‌های اطراف به سمت راس کرک‌ها رانده شده و در آنجا کنده شده و به درون حفره روده ریخته می‌شوند. به دلیل چنین تجدید سلولی مداومی، اشکال میتوزی فراوانی در میان سلول‌های پوشاننده غدد دیده می‌شوند. فعالیت میتوزی ثابت و مداوم بوده و ارتباطی به میزان هضم یا فعالیت آنزیمی ندارد. بافت پوششی تقریباً هر ۲-۳ روز تجدید می‌شود. در نزدیکی قاعده غدد روده‌ای نشخوارکنندگان و اسب، سلول‌های دانه دار اسیدوفیلی^۲ (سلول‌های پانت^۳) مشاهده می‌شوند. این سلول‌ها، سلول‌هایی هرمی شکل با هسته کروی بوده که در فاصله بین هسته و راس آنها مملو از دانه‌های اسیدوفیلی می‌باشد. سلول‌های دانه دار اسیدوفیلی، تمام ویژگی‌های سلول‌های تولید کننده آنزیم را داشته و شواهد نشان می‌دهد که این سلول‌ها، پپتیدازها که منجر به هیدرولیز پیوندهای پپتیدی می‌شود و لیزوزیم که یک ترکیب آنتی باکتریال است را تولید می‌کنند. این سلول‌ها همچنین محتوی روی بوده که در فعال سازی پپتیدازها دارای نقش مهمی می‌باشد. سلول‌های انتراندوکرین نیز که در غدد معده اصلی (فاندوس) وجود دارند در غدد روده‌ای نیز یافت می‌شوند.

پارین هسته مرکزی کرک‌ها را تشکیل داده و غدد روده‌ای را در بر می‌گیرد. پارین متشکل از بافت همبند سست حاوی شبکه‌ای از رشته‌های رتیکولر می‌باشد. در درون این شبکه رشته‌ای وسیع، عروق خونی و لنفی، لوکوسیت‌ها، فیبروسیت‌ها، سلول‌های عضله صاف، پلازما سل‌ها و ماست سل‌ها قرار گرفته‌اند. گلبول لوکوسیت‌ها در مخاط روده بیشتر گونه‌های اهلی یافت می‌شوند. این سلول‌های حاوی اجزاء کروی ائوزینوفیلی بزرگ بوده که

¹ - Undifferentiated columnar cell

² - Acidophilic granular cells

³ - Paneth cells

هسته‌ای کوچک را احاطه می‌کنند. عملکرد این سلول‌ها ناشناخته است. بافت لنفوییدی منتشر و فولیکولهای لنفوییدی منفرد در سراسر پارین روده کوچک وجود داشته، تعداد فولیکولهای لنفی به سمت ایلئوم افزایش می‌یابد. طبقه متراکمی مشابه طبقه متراکم معده ممکن است در بین قاعده غدد روده‌ای و عضله مخاطی گوشتخواران وجود داشته باشد.

یک مویرگ لنفی منفرد به نام رگ لاکتال^۱ (رگ شیری)، در مرکز پارین درون کرک دیده می‌شود. این رگ دارای یک انتهای کور (بسته) در راس کرک بوده و مبدا عروق لنفی است که شبکه‌ای را در قاعده کرک‌ها تشکیل می‌دهند. این شبکه قاعده‌ای تبدیل به شبکه بزرگتری می‌شود که غدد روده‌ای و فولیکولهای لنفی را احاطه می‌کنند. سلول‌های عضله صاف با آرایش طولی که از عضله مخاطی منشاء می‌گیرند تا راس کرک‌ها کشیده می‌شوند. انقباض این سلول‌ها منجر به کوتاه شدن کرک‌ها شده و بی شک مسئول حرکات جانبی کرک‌ها است. انقباض عضلانی همچنین به پمپ کردن لنف از رگ شیری (لاکتال) به شبکه لنفی زیرین کمک می‌کند. یک شریانچه منفرد از شبکه شریانی زیر مخاطی، پس از نفوذ به عضله مخاطی وارد پارین شده و تا راس کرک امتداد یافته، در آنجا حلقه شریانی- وریدی^۲ و یک شبکه مویرگی را دقیقاً در زیر بافت پوششی ایجاد می‌کند. در نتیجه فعالیت هضمی، شبکه عروقی توسط خون پر شده و منجر به افزایش طول کرک می‌شود. در طی انقباض عضلانی، با پمپ شدن به خارج از شبکه عروقی، کرک کوتاه می‌شود. بنابراین، کرک‌ها به عنوان ایستگاه‌های پمپاژ جهت حرکت خون و لنف به گردش خون عمومی عمل می‌کنند.

عضله مخاطی متشکل از لایه‌های عضله صاف حلقوی در داخل و طولی در خارج بوده که به استثناء سگ، در سایر نازک و ناکامل می‌باشد. تفاوت‌های گونه‌ای، فردی و منطقه‌ای در این عضله وجود دارد.

¹ - Lacteal

² - Arteriovenular loop

زیر مخاط

زیر مخاط، لایه‌ای از بافت همبند است که بسیار متراکم تر از پارین می‌باشد. غدد لوله‌ای آلونولی زیر مخاطی (غدد برونر^۱) درون این بافت همبند واقع شده و به قاعده غدد مخاطی روده باز می‌شوند. غدد زیر مخاطی در سگ و نشخوارکنندگان موکوسی، در اسب و خوک سروزی و در گربه سروموکوسی هستند. تولیدات ترشحات سروزی یا موکوسی این غدد منجر به لغزنده شدن سطح بافت پوششی شده و از آن در برابر کیموس اسیدی معده محافظت می‌کند. این غدد در تمام حیوانات اهلی وجود دارد ولی پراکندگی آن در میان گونه‌ها متفاوت است. به عنوان مثال، این در بخش قدامی دوازدهه سگ قرار دارند، درحالی‌که در اسب حتی تا ژژنوم نیز کشیده می‌شوند. فولیکولهای لنفی منفرد در سراسر زیر مخاط روده کوچک وجود دارند. تجمعات بزرگی از فولیکولهای لنفی (پلاک‌های پایر^۲) در هر سه قسمت روده کوچک یافت می‌شوند، هر چند این پلاکها، ویژگی عمده ایلیوم می‌باشند. به جز در گربه، در سایر گونه‌ها این توده‌های لنفوییدی بزرگ بوده و منجر به برجسته شدن سطح مخط می‌گردند. گاو دارای بزرگترین تجمعات فولیکولهای لنفی و اسب دارای بیشترین تعداد این تجمعات می‌باشند.

¹ - Brunners glands

² - Peyer,s patches

غدد روده‌ای ممکن است در نواحی از روده کوچک که عضله مخاطی توسط فولیکولهای لنفی مجتمع ناپیوسته شده است، به زیر مخاط کشیده شوند (به فصل هشتم مراجعه شود). زیر مخاط همچنین حاوی شبکه عصبی زیر مخاط بوده که رشته‌های عصبی از آن به کرک‌ها امتداد می‌یابند.

طبقه عضلانی

در تمام گونه‌ها، طبقه عضلانی روده باریک متشکل از لایه‌های عضله صاف حلقوی در داخل و طولی در خارج می‌باشد. اسب دارای ضخیم‌ترین طبقه عضلانی بوده که در آن دو لایه دارای ضخامت نسبتاً یکسانی هستند. بافت همبند بین دو لایه حاوی شبکه عصبی میان‌تریک است.

طبقه سروزی

سراسر روده باریک توسط سروز پوشیده شده است که متشکل از لایه‌ای از بافت همبند سست پوشیده شده توسط مزوتلیوم می‌باشد.

تشخیص تفریقی

در پستانداران اهلی، قسمت‌های مختلف روده باریک از لحاظ میکروسکوپی، آنچنان که در انسان قابل تفریق می‌باشند، دارای تفاوت‌های قابل توجهی نمی‌باشند. به عنوان مثال، در گوسفند، بز و گوشتخواران، غدد زیر مخاطی در تمام طول دوازدهه امتداد نمی‌یابند، درحالی‌که در اسب، گاو و خوک، این غدد به ژژنوم نیز کشیده می‌شوند. غالباً پلاک‌های پایر (فولیکولهای لنفی مجتمع) از ویژگی‌های ایلوم محسوب می‌شوند، درحالی‌که در پستانداران اهلی ممکن است این پلاک‌ها در هر قسمتی از روده باریک مشاهده شوند. از آنجایی که طول کرک‌ها در طی واکنش‌های فیزیولوژی مختلف و در میان گونه‌های متفاوت، تغییر می‌کند، نمی‌توان از این ویژگی به عنوان فاکتور قابل اعتمادی جهت تمایز بخش‌های مختلف روده باریک از یکدیگر استفاده نمود.

روده بزرگ^۱

روده بزرگ شامل سکوم (روده کور)، کولون، رکتوم (راست روده) و کانال مقعدی^۲ بوده و محل انجام واکنشهای میکروبی گوارش، جذب آب، الکترولیتها، ویتامینها و ترشح موکوس می باشد. بسیاری از تفاوتهای ظاهری و عملکردی روده بزرگ به ضرورت تجزیه توده های بزرگ مواد حاوی سلولوز که توسط علفخواران مصرف می شود، مربوط است. اگرچه علی رغم اختلافات ظاهری میان قسمتهای مختلف روده بزرگ، تمایز سکوم، کولون و رکتوم در مقاطع میکروسکوپی بسیار مشکل است. ویژگی های این سه قسمت از روده بزرگ شامل فقدان کرکها، غدد روده ای لوله ای ساده بلندتر ولی دارای پیچیدگی کمتر و سلول های جامی شکل بیشتر است (تصویر ۵۶-۱۰). عدم وجود سلول های اسیدوفیلی (سلول های پانت) و افزایش تعداد فولیکولهای لنفی، است. روده بزرگ فاقد چین های حلقوی و دارای چین های طولی می باشد. در حیوانات پرواری، مقدار زیادی چربی سفید در زیر مخاط روده بزرگ تجمع می یابد.

¹-Large intestine

²-Anal canal

سکوم

اندازه سکوم در میان گونه‌های مختلف، متفاوت است. در علفخواران تک معده‌ای (مثل اسب)، سکوم بزرگ بوده و جایگاهی جهت تخمیر باکتریایی مواد هضمی می‌باشد، درحالی‌که گوشتخواران دارای سکومی کوچک می‌باشند. در همه پستانداران اهلی تعدادی فولیکول‌های لنفی به صورت پراکنده در سراسر طول سکوم وجود دارند. تعداد این فولیکول‌ها به ویژه در اطراف دهانه ایلئومی (مدخل ایلئوم به درون سکوم یا کولون) در خوک، نشخوارکنندگان و سگ بسیار فراوان می‌باشد، ولی در اسب و گربه، فولیکول‌های لنفی در نزدیکی راس سکوم تجمع یافته‌اند.

کولون

مخاط کولون اساساً به دلیل بلندتر بودن غدد روده‌ای آن، ضخیم تر از مخاط روده باریک است. سطح مخاط به دلیل فقدان کرک صاف بوده (تصویر ۵۸-۱۰) و تعداد سلول‌های جامی‌شکل در مقایسه با روده کوچک، در کولون فراوانتر هستند، وسعت زیر مخاط غالباً به دلیل وجود باف لنفوییدی افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است. در برخی از قسمت‌ها عضله مخاطی توسط این بافت لنفوییدی پاره شده و غدد روده‌ای از همین بخش‌ها به زیر مخاط امتداد می‌یابند. در خوک و اسب، لایه طولی خارجی طبقه عضلانی سکوم و کولون، نوارهای عضلانی بزرگ و پهنی به نام تنیا سکی^۱ و تنیا کولی^۲ را تشکیل می‌دهد که حاوی تعداد زیادی رشته‌های الاستیکی می‌باشند. نوارهای عضلانی مربوط به سکوم و بخش شکمی کولون اسب دارای تعداد بیشترین رشته‌های الاستیک در مقایسه با سلول‌های عضله صاف می‌باشند.

^۱ - Taenia ceci

^۲ - Taenia coli

رکتوم (راست روده)

مخاط رکتوم نیز همچون سکوم و کولون، صاف بوده و به استثناء افزایش تعداد سلول‌های جامی‌شکل در آن، ساختار کلی آن مشابه سکوم و کولون می‌باشد. در گوشتخواران، لایه طولی خارجی طبقه عضلانی ضخیم تر شده است. بیشترین تعداد رشته‌های الاستیک در رکتوم اسب و گاو و کمترین تعداد آن در رکتوم گوسفند و بز دیده می‌شود. تعداد رشته‌های الاستیک در لایه طولی خارجی طبقه عضلانی بیش از لایه حلقوی داخلی آن است. بخش قدامی رکتوم توسط سرور و بخش خارج صفاقی آن توسط ادوانتیس که با فاسیای لگنی آمیخته می‌شود، در بر گرفته شده است. در نشخوارکنندگان در مخاط رکتوم در نزدیکی محل اتصال رکتوم به کانال مقعدی، چین‌های طولی به نام ستون‌های رکتومی^۱ ایجاد می‌شود. در تمامی پستانداران اهلی یک شبکه وریدی وسیع در پارین این ناحیه از رکتوم وجود دارد. در سگ، وجود حدود ۱۰۰ فولیکول لنفی منفرد در رکتوم، ویژگی این ناحیه می‌باشد که به دلیل وجود فرورفتگیهای چاله مانند به نام چاله‌های رکتومی^۲ در مخاط پوشاننده این فولیکولهای لنفی، با چشم غیر مسلح نیز قابل مشاهده هستند.

کانال مقعدی

کانال مقعدی، قطعه انتهایی لوله گوارش بوده و در محل اتصال رکتوم به کانال مقعدی^۳، بافت پوششی استوانه‌ای ساده رکتوم به طور ناگهانی به بافت پوششی سنگفرشی مطبق شاخی نشده تغییر می‌کند. در این محل همچنین عضله مخاطی رکتوم خاتمه می‌یابد. مخاط کانال مقعدی در نشخوارکنندگان و اسب صاف و فاقد غده است. در خوک و گوشتخواران، مخاط کانال مقعدی به سه منطقه جداگانه تقسیم می‌شود: (۱) منطقه ستونی^۴، (۲) منطقه

¹ - Rectal canals

² - Rectal pits

³ - Anorectal line

⁴ - Zona columnaris ani

بینابینی^۱ و ۳) منطقه جلدی^۲. منطقه ستونی دارای چینهای طولی به نام ستون‌های مقعدی^۳ می‌باشد که در میان آنها، ناودان‌هایی به نام سینوس‌های مقعدی^۴ وجود دارد. منطقه بینابینی به صورت یک نوار باریک در فاصله میان منطقه ستونی و منطقه جلدی واقع شده است. مخاط مناطق ستونی و بینابینی توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی نشده پوشیده شده و غدد عرق اصلاح شده لوله‌ای آلئولی به نام غدد مقعدی^۵ پارین-زیر مخاط این مناطق را اشغال کرده است. غدد مقعدی در سگ و گربه دارای ترشحات لیپیدی و در خوک دارای ترشحات موکوسی می‌باشند. منطقه جلدی از خط مقعدی-جلدی شروع می‌شود که در این محل بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی نشده منطقه بینابینی به طور ناگهانی به نوع شاخی شده تبدیل شده و نشانه شروع منطقه جلدی می‌باشد. منطقه جلدی توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی شده پوشیده شده است. در گوشتخواران، مجاری کیسه‌های مقعدی^۶ در محل اتصال مناطق بینابینی و جلدی باز می‌شوند. کیسه‌ها مقعدی و مجاری آنها، فرورفتگی‌هایی دو طرفه از مخاط مقعد می‌باشند. در سگ، مخاط خارجی ترین قسمت منطقه جلدی، در نزدیک محل اتصال به پوست، حاوی غدد چربی تغییر یافته بزرگ به نام غدد حلقوی مقعدی^۷ می‌باشند. لایه طولی خارجی طبقه عضلانی رکتوم در محل اتصال مقعدی-رکتومی^۸ خاتمه می‌یابد. لایه حلقوی داخلی به کانال مقعدی امتداد یافته و به صورت عضله اسفنکتر مقعدی داخلی پایان می‌یابد. عضله اسفنکتر خارجی از نوع عضله مخطط با آرایش حلقوی بوده و عضله اسفنکتر داخلی مقعد را می‌پوشاند.

¹- Zona intermedia

²- Zona cutanea

³- Anal columns

⁴- Anal sinuses

⁵- Anal glands

⁶- Anal sacs or Paranal sinuses

⁷- Cicumanal glands

⁸- Anorectal junction

کبد^۱

کبد بزرگترین غده بدن بوده و دارای عملکردهای پیچیده بسیاری همچون دفع (مواد زائد)، ترشح (صفرا)، ذخیره (لیپید، ویتامین‌های A, B، گلیکوژن)، تولید (فیبرینوژن، گلوبولین‌ها، آلبومین، فاکتورهای انعقادی)، فاگوسیتوز (مواد و ذرات خارجی)، سم زدایی (داروهای محلول در چربی)، کونژوگه کردن (آمیختن) (مواد سمی، هورمون‌های استروئیدی)، استریفیکاسیون^۲ (اسیدهای چرب آزاد به تری گلیسیریدها)، متابولیسم (پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، هموگلوبین، داروها) و خون سازی (در جنین و به صورت بالقوه در بالغین) می‌باشد. شناخت ساختار کبد جهت تفسیر این فرآیندها ضروری به نظر می‌رسد.

کپسول و داربست^۳

هرلوب کبد توسط یک لایه سروزی (صفاق احشایی) پوشیده می‌شود که خود کسپولی نازک از جنس بافت همبند را می‌پوشاند. بافت همبند کپسول به شکل بافت همبند بین لوبولی به درون لوب‌های کبدی امتداد یافته، اطراف هر یک از لوبول‌های کبدی را احاطه نموده و همچنین سیستم‌های مجاری صفراوی و عروق خونی را پشتیبانی می‌کند. شبکه ظریفی از رشته‌های رتیکولر سلول‌ها و سینوزوئیدی‌های کبدی را احاطه می‌کند. ممکن است سلول‌های عضله صاف در بافت همبند کپسول و تیغه‌های بین لوبولی وجود داشته باشد. بافت همبند بین لوبولی به جز در خوک که دارای تیغه‌های بین لوبولی مشخصی است، بسیار ظریف و مشاهده آن مشکل است. این ویژگی دلیل سفت تر بودن کبد خوک در مقایسه با کبد گوساله به عنوان غذا می‌باشد. نواحی وسیعی از بافت همبند بین لوبولی عروق لنفی، شاخه‌هایی از شریان کبدی، شاخه‌هایی از ورید باب^۴ و مجرای صفراوی را احاطه

¹- Liver

²- Esterification

³- Stroma

⁴- Portal vein

می‌کند. این مجموعه از عروق و مجاری به همراه بافت همبند پشتیبان آنها، کانال‌ها یا نواحی پورتال یا باب^۱ نامیده می‌شوند.

پارانشیم

صفحات کبدی متشکل از ردیف‌هایی از سلول‌های کبدی (هپاتوسیت‌ها) می‌باشند. هپاتوسیت‌ها دارای شش سطح یا بیشتر بوده که دارای سه نوع مختلف هستند: (۱) سطوح دارای میکروویلی که به طرف فضای اطراف سینوزوئیدی قرار دارند، (۲) سطوح کانالیکولی که جدار کانالیکولی‌های صفراوی را تشکیل می‌دهند و (۳) سطوح تماسی هپاتوسیت‌های مجاور که ممکن است حاوی اتصالات محکم یا دسموزوم باشد. همچنین هپاتوسیت‌ها دارای هسته کروی مرکزی با یک یا چند هسته مشخص و دستجات پراکنده‌ای از هتروکروماتین هستند. سلول‌های دو هسته‌ای نیز گاهی مشاهده می‌شوند. شکل ظاهر سیتوپلاسم هپاتوسیت‌ها بسته به تغییرات تغذیه‌ای و عملکردی دارای تغییرات بسیار وسیعی است. این سلول‌ها حاوی میتوکندری‌هایی فراوان و یک دستگاه گلژی در نزدیکی کانالیکولی صفراوی و گاهی در مجاورت هسته می‌باشند. همچنین تعداد زیادی لیزوزوم، دستجاتی از ریبوزوم‌های آزاد و شبکه اندوپلاسمی صاف و خشن وسیع که غالباً به یکدیگر امتداد می‌یابند، در هپاتوسیت‌ها وجود دارد.

کانالیکولی‌های صفراوی و مجاری صفراوی

هپاتوسیت‌ها، بیلی روبین (رنگدانه اصلی صفرا) را از خون جذب و آن را کانژوگه کرده و به عنوان یکی از ترکیبات صفرا ترشح می‌کنند. املاح صفراوی، پروتئین و کلسترول، اجزاء دیگر صفرا هستند. صفرا به درون کانالیکولی‌های صفراوی ترشح می‌شوند که کانال‌های بسیار کوچک (قطر ۰/۵ تا ۱ میکرومتر) میان دو هپاتوسیت مجاور می‌باشند. کانالیکولی‌ها فضاهای بین سلولی وسیعی می‌باشند که لبه‌های آنها غشاهای سلولی دارای

¹ - Portal canals or areas

میکروویلی‌های کوتاهی می‌باشد که به درون خفره کانالیکول برجستگی پیدا می‌کند. اتصالات محکم در دو طرف کانالیکولی از خروج صفرا به فضاهای بین سلولی مجاور کانالیکولی‌ها جلوگیری می‌کند.

صفرا در کانالیکولی‌ها به سمت محیط لوبول‌های کلاسیک جریان یافته و سپس به درون مجاری ریز صفراوی مفروش شده با بافت پوششی مکعبی ساده، وارد می‌شوند. مجاری کوچک صفراوی به مجاری صفراوی بین لوبولی واقع شده در فضاهای باب (کانال‌های پورتال) می‌پیوندند. این مجاری دارای بافت پوششی مکعبی ساده یا استوانه‌ای ساده می‌باشند. مجاری صفراوی بین لوبولی به تدریج به یکدیگر پیوسته و مجاری داخل کبدی^۱ بزرگتری را ایجاد می‌کنند که سرانجام لوب‌های کبدی را به صورت مجاری کبدی^۲ ترک می‌کند. مسیرهای صفراوی خارج کبدی متشکل از مجاری کبدی، مجاری سیستیک^۳، مجرای صفراوی و کیسه صفرا می‌باشند. مجاری کبدی هر یک از لوب‌های کبدی و مجاری سیستیک، به کیسه صفرا (در اسب وجود ندارد) جریان می‌یابند. مجاری کبدی و مجرای سیستیک با یکدیگر پیوسته و مجرای صفراوی را تشکیل می‌دهند که به درون دوازدهه تخلیه می‌شود. همه مسیرهای صفراوی خارج کبدی توسط بافت پوششی استوانه‌ای ساده بلند مفروش شده‌اند.

لوبول‌های کبدی کلاسیک- واحدهای آناتومیکی کبد

وجود بافت همبند فراوان در کبد خوک باعث می‌شود حدود لوبول‌های کبدی (لوبول‌های کبدی کلاسیک) بسیار مشخص و واضح باشد. این واحد مورفولوژی در اطراف ورید مرکزی شکل گرفته است. هر لوبول کلاسیک متشکل از یک منشور چند ضلعی به طول تقریباً ۲mm و عرض تقریباً ۱mm است. برش‌های عرضی این لوبول‌ها دارای طرح شش ضلعی بوده و همه سینوزوئیدها از محیط به سمت ورید مرکزی جریان داشته و به درون آن تخلیه می‌شوند. کانال‌های باب تقریباً در سه زاویه از شش زاویه این لوبول‌ها وجود دارد. پارانشیم واقع شده میان کانال‌های باب و ورید مرکزی متشکل از سلول‌های کبدی با آرایش صفحات یا تیغه‌های منشعب می‌باشد (تصویر

¹- Intrahepatic ducts

²- Hepatic ducts

³- Cystic duct

۶۶-۱۰). تیغه‌ها دارای ضخامت یک سلول بوده و سطح آزاد سلول‌ها به سمت سینوزوئیدها قرار دارد. شبکه‌ای از کانالیکولی‌های صفراوی به هم پیوسته توسط غشاهای سلولی هپاتوسیت‌های مجاور شکل گرفته و در سراسر تیغه‌ها مشاهده می‌شود.

کیسه صفرا^۱

صفرای تولید شده توسط کبد در کیسه صفرا ذخیره شده و از طریق باز جذب آب و املاح غیرآلی، تغلیظ می‌شود. در کیسه صفرای خالی (تهی)، مخاط دارای چین‌های متعددی به نام پلیکا^۲ می‌باشد، اما با پر شدن کیسه صفرا، چین‌ها صاف شده و منجر به صاف و یکنواخت شدن سطح مخاط می‌شوند. سطح حفره‌ای کیسه صفرا توسط بافت پوششی استوانه‌ای ساده بلند پوشیده شده که به کریپت‌های (چاله‌ها) مخاطی امتداد می‌یابند. این کریپت‌ها، فرورفتگی‌های اپیتلیومی کوچکی هستند که گاهی به شکل غده به نظر می‌رسند.

بافت پوششی کیسه صفرا از دو نوع سلول تشکیل شده است. فراوانترین نوع این سلول‌ها، سلول‌های روشن بوده که دارای سیتوپلاسم روشن و یکنواخت هستند و بخش رأسی آنها دارای وزیکول و فاقد اورگانل‌ها (اندامکها) می‌باشد. اجسام متراکم و تیره با حاشیه صاف در سیتوپلاسم زیررأسی^۳ و فوق هسته ای^۴ مشاهده می‌شود. سلول‌های تیره^۵ دارای فراوانی کمتری بوده و در بین سلول‌های روشن پراکنده‌اند. این سلول‌ها باریک بوده و دارای سیتوپلاسم تیره و متراکم، حاوی مقدار کمی اورگانل و یک هسته تیره و هتروکروماتین می‌باشند. سطح سلول‌های پوششی توسط میکروویلی پوشیده شده و در بین سلول‌های مجاور اتصالات محکم وجود دارد که از نفوذ مایعات

¹- Gallbladder

²- Plicae

³- Sub apical cytoplasm

⁴- supera nuclear cytoplasm

⁵- Dark cells

موجود در حفره (لومن) کیسه صفرا به فضای بین سلولی جلوگیری می‌کند. وجود سلول‌های جامی‌شکل از ویژگی‌های بافت پوششی کیسه صفرا در برخی گونه‌ها مانند گاو است. بافت پوششی برخی از گونه‌ها مانند گربه نیز دارای سلول‌های گلبول لوکوسیت می‌باشد. همچنین سلول‌های اندوکرینی، احتمالاً از سیستم APUD^۱، در بافت پوششی کیسه صفرای گاو یافت شده است.

پارین- زیر مخاط (کیسه صفرا فاقد عضله مخاطی است) متشکل از بافت همبند سست حاوی بافت لنفوییدی منتشر و یا فولیکولهای لنفی، می‌باشد. در برخی گونه‌ها به ویژه نشخوارکنندگان، پارین زیر مخاط حاوی غده‌های سرریزی یا موکوسی (بسته به گونه، حیوان و یا موقعیت غده در مخاط) است. طبقه عضلانی از دستجات ظریفی از سلول‌های عضلانی صاف تشکیل شده است که معمولاً دارای آرایش حلقوی هستند. عضله توسط هر دو نوع اکسونهای سمپاتیکی و پاراسمپاتیکی تعصیب می‌شود. جدار مجاری کبدی، سیستیک و صفراوی متشکل از طبقاتی مشابه جدار کیسه صفرا است.

لوزالمعده (پانکراس)^۲

لوزالمعده غده لوله‌ای- آسینی مرکب، لوبوله و کپسول دار بوده که هر دو بخش درون ریز (آندوکراین) و برون ریز (اگزوکراین) را دارا است.

عملکرد بخش اگزوکراین، تولید آنزیم‌های متفاوت شامل آمیلاز، لیپاز و تریپسین می‌باشد که بروی محصولات گوارشی معده پس از ورود به دوازدهه اثر می‌کنند. بخش اندوکرینی به نام جزایر پانکراسی عمدتاً انسولین و گلوکاگون تولید می‌کند.

پارانشیم لوزالمعده توسط داربستی از بافت همبند به لوبولهای مجزایی تقسیم می‌شود و هر لوبول متشکل از واحدهای ترشحی و مجاری داخل لوبولی است. واحدهای ترشحی لوزالمعده از نوع لوله‌ای- آسینی و دارای لومن کوچکی هستند. در نشخوارکنندگان بخش لوله‌ای فراوانتر است. سلول‌های پوششی غده‌ای معمولاً هرمی‌شکل و

¹- Amine Precursor Uptake and Decarboxylation

²- Pancreas

دارای هسته کروی نزدیک به قاعده سلول می‌باشند. سیتوپلاسم اطراف هسته شدیداً بازوفیلی و حاوی rER وسیع و میتوکندری‌های فراوان است. قسمت رأسی سلول مملو از دانه‌های زایموژن غشاء دار و ائوزینوفیل حاوی پیش سازهای آنزیمی تولید شده در rER می‌باشند. یک دستگاه گلژی بزرگ در بین هسته و دانه‌های زایموژن قرار دارد. سلول‌های آسینی دارای گیرنده‌هایی برای کول سیستوکنین^۱ که توسط سلول‌های اندوکرینی روده کوچک تولید شده و باعث تحریک آزاد شدن آنزیم‌های پانکراسی و انقباض طبقه عضلانی کیسه صفرا می‌شود، هستند.

واحدهای ترشحی لوله ای- آسینی به مجرای رابط^۲ کوچکی می‌پیوندند. این مجرا در محل شروع توسط سلول‌های پهنی پوشیده می‌شود که به لومن آسینی پیش رفتگی پیدا کرده و به همین علت سلول‌های مرکز آسینی^۳ نامیده می‌شوند. سلول‌های مرکز آسینی و سلول‌های مجرای رابط در اثر تحریک توسط پلی پپتید سکرترین، آب و بیکربنات ترشح می‌کنند. بیکربنات منجر به افزایش PH محتویات روده و در نتیجه تسهیل فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده می‌شود. مجاری رابط به مجاری داخل لوبولی دارای بافت پوششی مکعبی ساده کوتاه می‌پیوندند. مجاری داخل لوبولی لوزالمعده مانند این مجاری در غده بزاقی پاروتید، مخطط نیستند. مجاری داخل لوبولی به مجاری بین لوبولی دارای بافت پوششی استوانه‌ای ساده امتداد می‌یابند. این مجاری نیز به یکدیگر پیوسته و سرانجام مجرای پانکراسی و مجرای پانکراسی فرعی^۴ را تشکیل می‌دهند که هر دو این مجاری به درون دوازدهه تخلیه می‌شوند. ممکن است بافت پوششی مجاری بزرگتر حاوی سلول جامی می‌باشد.

داربست لوزالمعده از تیغه‌های ظریفی از بافت همبند که ادامه کپسول بوده و منجر به جداسدن لوبولها می‌شوند، تشکیل شده است.

جزایر پانکراسی

¹- Cholecystokinin

²- Intercalated duct

³- Centrpacinar cells

⁴- Accessory pancreatic duct

سلول‌های درون ریز پانکراس، در میان بافت‌های پارانشیمی برون ریز پانکراسی، جزایری را ایجاد می‌کنند که از لحاظ با هم متفاوت بوده و از چند سلول درون ریز تا دستجاتی از صدها سلول درون ریز تشکیل شده‌اند. بخش برون ریز پانکراس از مشتقات اندودرم می‌باشد. بر اساس برخی مدارک، سلول‌های جزایر پانکراسی از اندودرم مشتق شده و سپس از مجاری جدا می‌شوند. در هر صورت، ویژگی‌های APUD مشترک سلول‌های جزایر و سلول‌های انتروآندوکرینی موجود در بافت پوششی روده، بسیار جالب توجه بوده، به نظر می‌رسد این دو نوع سلول از سلول‌های اجدادی مشترکی مشتق شده‌اند. این موضوع دارای اهمیت کلینیکی بوده، زیرا به قابلیت رژنراسیون سلول‌های جزایر بستگی دارد. سلول‌های اصلی جزایر شامل سلول‌های آلفا (α)، بتا (β) و دلتا (δ) می‌باشد. تعداد کمی از سایر سلول‌های انتروآندوکرینی نیز ممکن است در جزایر حضور داشته باشند.

سلول‌های آلفا، گلوکاگون تولید و ذخیره کرده و ۳۰-۵ درصد جمعیت سلولی جزایر را شامل می‌شوند. تعداد سلول‌های آلفا در خوک از ۵۰ درصد در زمان تولد به ۸ تا ۲۰ درصد در زمان بلوغ کاهش می‌یابد. این سلول‌ها در اسب در مرکز جزایر و در گاو در محیط جزایر واقع شده‌اند. جزایر ناحیه شکمی لوب راست پانکراس سگ فاقد سلول‌های آلفا هستند (که احتمالاً نشان دهنده منشاء متفاوت این لوب می‌باشد). آزاد شدن گلوکاگون در پاسخ به هیپوگلیسمی (کاهش قند خون) صورت می‌گیرد. گلوکاگون به گیرنده‌های GPCR خود بر سلول‌های کبدی، عضلانی و چربی متصل شده و با فعال کردن آدنیلات سیکلاز و افزایش غلظت cAMP منجر به تحریک گلیکوژنولیز و گلوکونئوژنز و در نتیجه مقابله با هیپوگلیسمی می‌شود. (این اثر توسط کورتیزول، GH، اپی نفرین و نوراپی نفرین تشدید می‌شود).

سلول‌های بتا، انسولین تولید و ذخیره کرده، ۶۰ تا ۸۰ درصد (در گوسفند ۹۸ درصد) سلول‌های جزایر را تشکیل می‌دهند. این سلول‌ها تحت تاثیر هیپرگلیسمی (افزایش قند خون) تحریک می‌شوند که اصلی ترین محرک انسولین است. گلوکز توسط GLUT-2 به درون سلول‌های بتا منتقل می‌شود. درون سلول، گلوکز به مصرف تولید ATP رسیده که منجر به بسته شدن کانال‌های پتاسیمی حساس به ATPase شده و باعث دیپولاریزاسیون غشاء سلولی می‌شود. دیپولاریزاسیون، کانال‌های کلسیمی را فعال نموده، منجر به افزایش غلظت کلسیم داخل

سلولی و شروع اگزوسیتوز انسولین می‌گردد. انسولین به گیرنده‌های خود (تیروزین کیناز) روی سلول‌های کبدی، چربی و عضله اسکلتی متصل می‌شود. گیرنده فعال شده اتوفسفاریله شده و منجر به آغاز فسفوریلاسیون سوبسترای گیرنده انسولین-۱ (IRS-1) و تحریک کاهشی از طریق پروتئین کینازها و فسفاتازها می‌شود. انسولین، تولید آنزیم‌های آنابولیکی را فعال نموده و با هیپرگلیسمی مقابله می‌کند. ترشح ناکافی انسولین باعث بیماری دیابت ملیتوس شده که از نظر کلینیکی دارای علائم فراوانی از جمله تولید حجم زیادی از ادرار با قند فراوان می‌باشد.

سلول‌های دلتا، سوماتواستاتین (SST) تولید و ذخیره کرده و درصد نسبتاً کمی از پارانشیم جزایر را تشکیل می‌دهند. SST دارای اثرات اندوکرینی و عصبی وسیعی می‌باشد. SST در حالت اتوکراین، منجر به مهار ترشح خود و در حالت پاراکراین، باعث مهار ترشح انسولین و گلوکاگون درون جزایر می‌شود. علاوه بر این، SST موجود در نورون‌های هیپوتالاموس، آزاد شدن GH و TSH را مهار می‌کنند. SST مرکزی به عنوان نوروترانسمیتر بوده و SST محیطی به عنوان تنظیم کننده پاراکراین سلول‌های انتروآندوکراین عمل می‌کند. SST به گیرنده‌های GPCR خود متصل شده، باعث جدا شدن cAMP، کاهش غلظت کلسیم داخل سلولی و مهار آزاد شدن هورمون‌های مربوطه می‌شود. همچنین SST با مکانیسم مشابهی منجر به تنظیم کاهشی کینازهای فعال کننده میتوزن در سلول‌های هدف و مهار ورود این سلول‌ها به چرخه میتوز می‌شود.

فصل دوم: دستگاه ادراری

دستگاه ادراری از دو کلیه، دو میزنای، یک مثانه و یک پیشابراه تشکیل شده است. کلیه‌ها ترکیبات نیتروژنی زائد را دفع کرده و حجم و ترکیب مایعات بدن را از طریق تصفیه خون، باز جذب محلول‌های تصفیه شده و آب و ترشح الکترولیت‌ها تنظیم می‌کنند. دو میزنای ادرار را از کلیه به مثانه منتقل می‌کنند. مثانه ادرار ذخیره کرده و آن را از طریق پیشابراه خارج می‌کند.

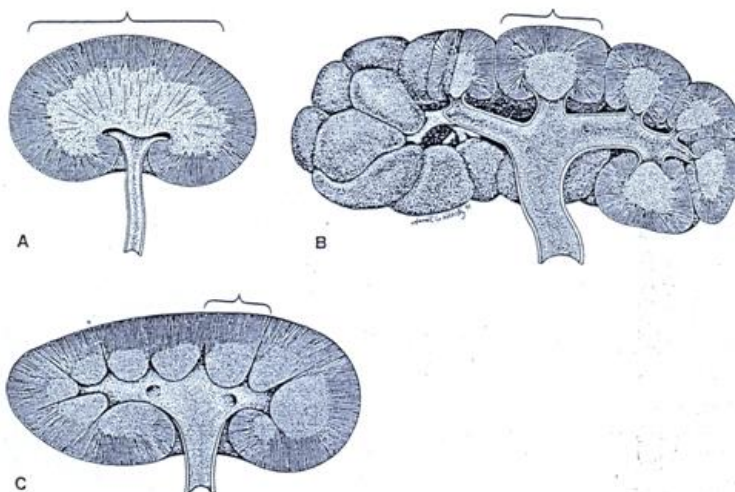
کلیه

ساختار عمومی

خصوصیات تشریحی عمومی

در تمامی گونه‌ها، دو کلیه، خارج صفاقی بوده و در پهنا در مقابل عضلات کمری قرار گرفته اند و یا از فضای شکمی‌پشتی آویزان هستند. معمولاً کلیه راست کمی جلوتر از کلیه چپ قرار دارد. سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های کلیوی، رگ‌های لنفی، اعصاب و دو میزنای، از یک فرورفتگی یا ناف عبور می‌کنند. سطح کلیه توسط یک کپسول فیبروزی که عمدتاً از رشته‌های کلاژن و احتمالاً عضله صاف و عروق خونی تشکیل شده، پوشیده شده است. کلیه‌های حیوانات اهلی دارای اشکال متفاوتی هستند (تصویر ۱). در سگ، گربه، گوسفند و بز، سطح خارجی کلیه صاف و لوبیایی شکل است. در خوک، کلیه‌ها صاف و کشیده و پهن هستند. اسب دارای کلیه‌های صاف بوده،

ولی فقط کلیه چپ لوبیایی شکل است، در صورتیکه کلیه راست قلبی شکل می‌باشد. در نشخوار کنندگان بزرگ، شکل کلی کلیه‌ها بیضی شکل است، ولی در سطح آنها لوب‌های متعددی وجود دارد.



تصویر ۱- تصویر شماتیک ساختار آناتومی و طرح لوبولاسیون سه کلیه مختلف. A. نمونه یک کلیه یک لوبی در گوشتخواران. B. نمونه یک کلیه چند لوبی در نشخوار کنندگان بزرگ. در سطح کلیه، حدود هر لوب به طور جداگانه توسط شیارهای عمیقی مشخص هستند. توجه شود که این کلیه فاقد لگنچه کلیوی است. C. کلیه چند لوبی در خوک. به سطح صاف کلیه توجه شود. در کلیه گاو، حدود لوب‌ها کاملاً مشخص و مرزبندی شده‌اند (براکت تصویر B)، در حالی که در کلیه خوک، بخش‌های قشری لوب‌ها با هم یکی می‌شوند (براکت تصویر C). در کلیه گوشتخواران (مانند اسب و نشخوار کنندگان کوچک)، لوب‌ها کاملاً با هم یکی می‌شوند (براکت تصویر A) و کلیه به شکل یک لوبی می‌باشد (کلیه یک لوبی). (تصویر باز ترسیم شده از کتاب مرجع بافت شناسی دامپزشکی ، (Dellmann H-D, Brown FM, Lea & Febiger & Philadelphia, 1987

ساده ترین شکل کلیه پستانداران، کلیه یک لوبی (یک پاپیلاری)، با یک هرم کلیوی منفرد دارای یک قاعده در مجاور قشر کلیه و یک راس یا پاپیلا، می‌باشد. کلیه یک لوبی معمولاً در حیوانات آزمایشگاهی وجود داشته و واحد ساختاری کلیه‌های پیچیده تر که متشکل از چندین لوب بوده که به مقادیر متفاوتی به هم متصل هستند، را نشان می‌دهد. سگ، گربه، اسب، گوسفند و بز دارای کلیه یک لوبی با پاپیلاهایی هستند که به هم متصل شده

ویک ستیغ کلیوی^۱ منفرد را ایجاد می کنند که به لگنچه کلیوی تخلیه می شود. خو ک، نشخوارکنندگان بزرگ و انسان دارای کلیه چند لوبی (چند هرمی)، با تعداد زیادی هرم و پاپیلاهای مرکزی هستند. پاپیلاها ترشحات خود را به برجستگی های لگنچه یا میزنای، به نام کالیکس های کوچک و بزرگ^۲ و یا مستقیماً به داخل لگنچه می ریزند.

ناحیه قشری و مرکزی کلیه

در مقاطع طولی یا عرضی کلیه پارانشیم کلیه به یک بخش قشری قرمز تیره در خارج و یک بخش مرکزی روشن در داخل قابل تقسیم است. ساختارهای موجود در ناحیه قشری کلیه در اشعه های مرکزی^۳ و لابیرنت های قشری^۴ آرایش یافته اند. این عناوین به این دلیل استفاده می شوند، که برخلاف ناحیه مرکزی که تماماً از بخش های لوله ای شکل مستقیم تشکیل شده است، ناحیه قشری کلیه حاوی بخش های لوله ای شکل مستقیم و پیچیده است. در مقطع عرضی، سراسر ناحیه مرکزی، مخطط به نظر می رسد و قطعات مستقیم در ناحیه قشری که کم و بیش در دستجات موازی قرار گرفته اند، به نظر می رسد به صورت شعاعی از ناحیه مرکزی به خارج و به سمت کپسول فیبروزی، قرار دارند و به این دلیل به آنها اشعه های مرکزی گفته می شود. اشعه های مرکزی حاوی مجاری جمع کننده قشری، قطعه صعودی ضخیم قشری لوپ هنله^۵ و لوله مستقیم نزدیک، هستند. مقاطع لابیرنت، قشری حاوی طرح نامنظمی از لوله های پیچیده شامل لوله پیچیده نزدیک، لوله پیچیده دور و قطعه ارتباطی و همچنین اجسام کلیوی، قطعه صعودی ضخیم خلفی (که از اشعه های مرکزی منحرف می شود تا به دستگاه جنب گلومرولی مربوط به گلومرول متصل شود) و ابتدای لوله جمع کننده می باشد.

¹- Renal crest

²- Minor and major calices

³- Medullary rays

⁴- Cortical Labyrenth

⁵- Loop of Henle

بخش خارجی ناحیه مرکزی در عمق ناحیه قشری واقع شده است و عروق خونی قوسی شکل مرز میان ناحیه قشری و بخش خارجی ناحیه مرکزی را مشخص می‌کنند. بخش خارجی ناحیه مرکزی، خود به نوارهای^۱ خارجی و داخلی تقسیم می‌شود. نوار خارجی، خارجی ترین ناحیه بخش خارجی ناحیه مرکزی بوده و حاوی لوله‌های نزدیک مستقیم (قطعات S3)، قطعه صعودی ضخیم و مجاری جمع کننده می‌باشد. نوار داخلی فاقد لوله‌های نزدیک است. انتقال از لوله نزدیک مستقیم به قطعه نزولی نازک مربوط به لوپ هنله، مرز میان نوارهای داخلی و خارجی را مشخص می‌کند. بنابراین، نوار داخلی حاوی مجاری جمع کننده، قطعات صعودی ضخیم و قطعات نزولی حلقه نازک هنله می‌باشد.

بخش داخلی ناحیه مرکزی در عمق بخش خارجی ناحیه مرکزی قرار گرفته است. انتقال قطعه صعودی حلقه هنله از نازک به ضخیم، مرز میان بخش‌های داخلی و خارجی ناحیه مرکزی را مشخص می‌کند. بنابراین، بخش داخلی ناحیه مرکزی فاقد قطعات صعودی ضخیم بوده و فقط مجاری جمع کننده و قطعه نازک نزولی و صعودی لوپ هنله، به علاوه مویرگ‌های خونی و لنفی در این قسمت وجود دارند. از لحاظ ماکروسکوپی، بخش داخلی ناحیه مرکزی به دو بخش قاعده و پاپیلا یا ستیغ کلیوی تقسیم می‌شود. پاپیلا یا ستیغ کلیوی، قسمت انتهایی بخش داخلی ناحیه مرکزی بوده که به لگنچه یا کالیکس‌های کلیوی امتداد می‌یابد.

اجزاء جسمک کلیوی^۲ و لوله ادراری^۳

در ادامه، اجزاء جسمک کلیوی و قطعات لوله ادراری به ترتیب از محل شکل گیری مایع تصفیه (فیلتر) شده تا محل خروج ادرار، ارائه شده است:

^۱- Stripes

^۲- Renal corpuscle

^۳- Renal tubule

I- نفرون^۱

A. جسمک کلیوی

۱- گلومرول^۲

a. مویرگ‌های گلومرولی

b. مزانژیوم^۳

۲- کپسول گلومرولی (کپسول بومن^۴)

B. لوله نزدیک^۵

۱- لوله پیچیده نزدیک^۶ (PCT) شامل بافت پوششی S1 و S2

۲- لوله مستقیم نزدیک^۷ (PST) شامل بافت پوششی S2 و S3

C. قطعه نازک حلقه هنله

۱- بخش نزولی

۲- بخش صعودی

D. قطعه صعودی ضخیم حلقه هنله

E. لوله پیچیده دور^۸ (DCT)

F. قطعه ارتباطی

¹- Nephron

²- Glomerulus

³- Mesangium

⁴- Bowmans capsule

⁵- Proximal tubule

⁶- Proximal convoluted tubule

⁷- Proximal straight tubule

⁸- Distal convoluted tubule

II، مجرای جمع کننده

A. لوله جمع کننده ابتدایی قوسی شکل

B. بخش‌های مستقیم

۱- مجرای جمع کننده قشری

۲- مجرای جمع کننده بخش خارجی ناحیه مرکزی

۳- مجرای جمع کننده بخش داخلی ناحیه مرکزی

نفرون

از زمان‌های پیشین، نفرون واحد ساختاری و عملکردی کلیه در نظر گرفته می‌شد، که متشکل از گلومرولوس و تمام قطعات لوله ادراری تا قطعه ارتباطی می‌شود. تعداد نفرون‌ها در گونه‌های مختلف متفاوت است. سگ دارای تقریباً ۴۰۰/۰۰۰ نفرون در هر کلیه است، درحالی‌که تعداد نفرون‌ها در گربه، حدود ۲۰۰/۰۰۰ در هر کلیه است. در گوشتخواران و خوک، که در هنگام تولد کاملاً نابالغ هستند، ایجاد نفرون‌ها تا چندین هفته پس از تولد ادامه پیدا می‌کند. پس از بلوغ کلیه، نفرون دیگری تشکیل نمی‌شود.

نفرون‌ها را هم می‌توان براساس موقعیت گلومرول آنها در ناحیه قشری به سطحی (نزدیک کپسول)، میدکورتیکال^۱ (قسمت‌های میانی ناحیه قشری) یا جنب مرکزی^۲ (نزدیک ناحیه مرکزی) و یا براساس طول حلقه هنله به حلقه‌های کوتاه^۳ و بلند^۴ تقسیم نمود (تصویر ۲).

نفرون‌های حلقه کوتاه، معمولاً دارای گلومرول سطحی یا در وسط ناحیه قشری بوده و لوله آنها تنها به درون بخش خارجی ناحیه مرکزی، پیش از برگشت به ناحیه قشری، کشیده می‌شود. در خوک، حلقه هنله در اشعه

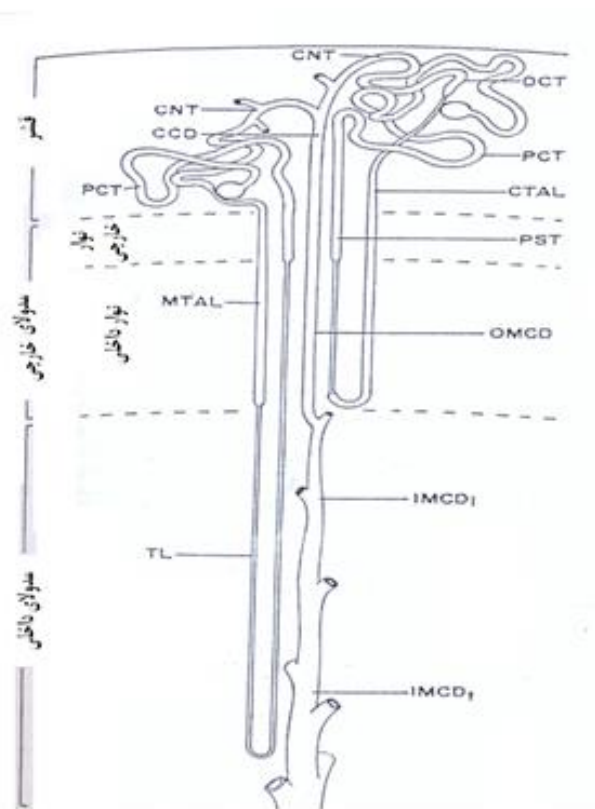
¹ - Mid cortical

² - Juxtamedullary

³ - Short- looped

⁴ - Long- looped

مرکزی ناحیه قشری می‌چرخد. نفرون‌های بلند حلقه، دارای گلومرول جنب مرکزی و لوله‌هایی هستند که درون بخش داخلی ناحیه مرکزی، پیش از برگشت به ناحیه قشری، امتداد می‌یابد. بیشتر گونه‌ها دارای هر دو نوع نفرون حلقه کوتاه و حلقه بلند هستند. به هر حال، گربه، سگ و بسیاری از گونه‌های بومی مناطق خشک و بایر، فقط دارای نفرون‌های حلقه بلند هستند، که بیشتر از نفرون‌های حلقه کوتاه قادر به ذخیره آب می‌باشند. برعکس، جوندگان نیمه آبی^۱ که در آب‌های تازه زندگی می‌کنند، فقط دارای نفرون‌های حلقه کوتاه هستند.



تصویر ۲- تصویر شماتیک ارتباط میان قطعات نفرون و مجرای جمع کننده و نواحی مختلف کلیه. نفرون‌های با حلقه بلند (چپ) و با حلقه کوتاه (راست) ترسیم شده‌اند. مجرای جمع کننده قشری (CCD)، قطعه ارتباطی (CNT)، قطعه صعودی ضخیم قشری (CTAL)، لوله پیچیده دور (DCT)، ابتدای مجرای جمع کننده ناحیه مرکزی داخلی (IMCDi)، انتهای مجرای جمع کننده ناحیه مرکزی داخلی (IMCDt)، قطعه صعودی ضخیم مرکزی (MTAL)، مجرای جمع کننده ناحیه مرکزی خارجی

¹ - Beavers

(OMCD)، لوله پیچیده نزدیک (PCT)، لوله مستقیم نزدیک (PCT)، قطعه نازک لوب هنله (TL)، گلومرول، PCT، DCT، قطعه انتهایی CTAL و CNT در لابیرنت قشری قرار دارند. PST، CTAL و CCD در اشعه‌های مرکزی ناحیه قشری قرار دارند (از Wilcox CS, Tisher CC, eds: در: Modsen KM, Verlander JW، ساختار کلیه در ارتباط با عملکرد آن. چاپ پنجم. کتاب نفروولوژی و فشار خون. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2004.

جسمک کلیوی

ساختار عمومی

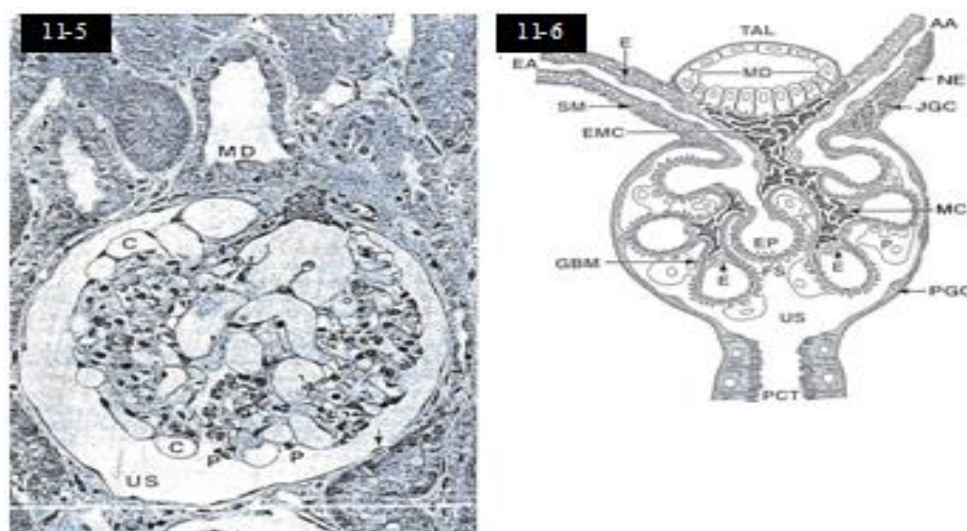
جسمک کلیوی از یک شبکه مویرگی گلومرولی، مزانژیوم و یک کپسول گلومرولی که به نام کپسول بومن نیز نامیده می‌شود، تشکیل شده است. اگرچه سابقاً عنوان گلومرول، تنها به شبکه مویرگی گلومرولی و مزانژیوم اطلاق می‌شد، امروزه این واژه به طور گسترده‌ای جهت اشاره به تمام جسمک کلیوی، استفاده می‌شود. جسمک کلیوی، کروی بوده و اندازه آن در بین گونه‌های مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال، متوسط قطر جسمک‌های اسب ۲۲۰ میکرومتر است، درحالی‌که متوسط قطر جسمک‌های گربه ۱۲۰ میکرومتر می‌باشد. عروق خونی از قطب عروقی^۱ به گلومرول وارد و یا از آن خارج می‌شوند. قطب ادراری^۲ در مقابل قطب عروقی و در مدخل کپسول گلومرولی به لوله پیچیده نزدیک، قرار دارد.

مویرگ‌های گلومرولی

¹ - Vascular pole

² - Urinary pole

شبکه مویرگی گلومرولی، یا شبکه گلومرولی، شبکه‌های از مویرگ‌های منشعب و متصل به هم (دارای آناستوموز) است. این مویرگ‌ها توسط لایه نازکی از آندوتلیوم منفذدار پوشیده شده است، که قطر منافذ یا روزنه‌های آندوتلیومی آن حدود ۵۰ تا ۱۵۰ نانومتر است. خون از طریق شریانچه آوران وارد و از طریق شریانچه وایران از قطب عروقی خارج می‌شود.



تصویر ۳- جسمک کلیوی (اسب). گلومرول، از حلقه‌های مویرگی فراوان (C) و سلول‌های مزانجیال (که در این تصویر به سادگی قابل تشخیص نیستند)، توسط کپسول گلومرولی متشکل از لایه احشایی از سلول‌های پودوسیت (P) و لایه جداری از سلول‌های سنگفرشی (پیکان) احاطه شده‌اند، تشکیل شده است. مایع تصفیه گلومرولی در فضای ادراری (US) کپسول گلومرولی تجمع می‌یابد. ماکولا دنسا (MD) مربوط به دستگاه جنب گلومرولی، در قطعه صعودی ضخیم قطب عروقی جسمک کلیوی قرار دارد، JB-4 پلاستیک. همتوکسیلین و اتوزین و فلوکسین (۳۳۵x).

تصویر ۴- تصویر شماتیک جسمک کلیوی و دستگاه جنب گلومرولی، شریانچه آوران (AA) به گلومرول خون‌رسانی می‌کند و شریانچه وایران (EA) خون را از آن خارج می‌کند. سلول‌های پوششی (E) پوشاننده شریانچه، منفذ دار نیستند در حالی که سلول‌های پوششی پوشاننده گلومرول دارای منافذ آندوتلیالی (EP) می‌باشند. سلول‌های مزانجیال (MC) گلومرول را احاطه می‌کند. سلول‌های پودوسیت (P) روی مویرگ‌ها را پوشانده و لایه احشایی را ایجاد می‌کنند که در قطب عروقی برگشته و به لایه جداری متشکل از سلول‌های پوششی سنگفرشی ساده (PGC) امتداد می‌یابد. زوائد پودوسیت با GBM اتصال داشته، فضاهای بین زوائد، شکاف‌های تصفیه‌ای (FS) هستند. فضای ادراری (US) به حفره لوله پیچیده دور (PCT) امتداد می‌یابد. دستگاه جنب گلومرولی شامل ماکولا دنسا (MD) در قطعه صعودی ضخیم (TAL)، سلول‌های مزانجیال خارج گلومرولی (EMC)، سلول‌های جنب

گلومرولی (JGC) و شریانچه‌های آوران و وبران که حاوی عضله صاف (SM) در طبقه میانی خود، هستند. پایانه‌های عصبی (NE) در نزدیکی سلول‌های جنب گلومرولی یافت می‌شوند. (باز ترسیم شده از Koushanpour E. Kriz W، اصول فیزیولوژی، ساختار و عملکرد کلیه. Springer. Verlag, New York, 1986)

غشاء پایه گلومرولی^۱ (GBM)، سلول‌های آندوتلیالی روی سطح داخلی خود را از سلول‌های پوششی احشایی یا سلول‌های پودوسیت^۲ پوشاننده سطح خارجی آن، جدا می‌کند. GBM از سه لایه تشکیل شده است: تیغه شفاف داخلی^۳، که مجاور آندوتلیوم قرار دارد، تیغه شفاف خارجی^۴، در مجاور سلول‌های پودوسیت واقع شده است، و تیغه متراکم^۵، لای‌های است که بین تیغه‌های شفاف قرار گرفته است. واژه‌های تیغه‌های شفاف و متراکم به تراکم الکترونی لایه‌ها در مشاهده با میکروسکوپ الکترونی انتقالی اشاره کرده، تیغه شفاف، دارای تراکم الکترونی کمی بوده و در نتیجه روشن دیده می‌شود، درحالی‌که تیغه متراکم دارای تراکم الکترونی زیادی بوده و در تصاویر میکروسکوپ الکترونی به رنگ تیره، مشاهده می‌شود. GBM در سگ دارای ضخامت ۱۰۰ تا ۲۵۰ نانومتر بوده و عمدتاً از رشته‌های کلاژن نوع IV، پروتئوگلیکان‌های هیپران سولفات و گلیکوپروتئین‌های لامینین، فیبرونکتین و انتاکتین تشکیل شده است. GBM با واکنش پریودیک اسید- شیف (PAS)، که ارزیابی میکروسکوپی گلومرول‌ها را در بیوپسی‌های کلیوی تسهیل می‌کند، رنگ می‌گیرد.

مزائیم

¹- Glomerular basement membrane

²- Podocyte

³- Lamina rara interna

⁴- Lamina rara externa

⁵- Lamina densa

مزانژیوم، مرکز گلومرول را تشکیل داده و متشکل از سلول‌های انقباضی تخصص عمل یافته در یک ماتریکس فاقد سلول، می‌باشد. سلول‌های مزانژیالی، دارای زواید سلولی بلند نامنظم، حاوی دستجاتی از میوفیلامنت‌ها بوده که بوسیله اتصالات روزنه دار به سلول‌های مزانجیال مجاور متصل می‌شوند. عملکردهای سلول‌های مزانجیالی شامل فاگوسیتوز، تولید ماتریکس مزانجیالی، حفظ ارتباط حلقه‌های مویرگی و تنظیم جریان خون گلومرولی از طریق تنظیم مقاومت مویرگی می‌باشد. ویژگی ماتریکس مزانجیالی، وجود شبکه متراکمی از میکروفیبریل‌های احاطه شده بوسیله مواد بی‌شکلی مشابه GBM، است.

کپسول گلومرولی

کپسول گلومرولی (کپسول بومن) در اطراف گلومرول قرار گرفته است. ارتباط شبکه مویرگی گلومرولی با کپسول گلومرولی، مشابه فرو بردن مشت دست به درون یک بادکنک نسبتاً پر باد، است. مشت، همان شبکه مویرگی گلومرولی است و بخشی از بادکنک که مستقیماً مشت دست را می‌پوشاند معادل بافت پوششی احشایی و لایه خارجی بادکنک که در تماس با مشت نیست، معادل بافت پوششی جداری می‌باشد. فضای میان لایه‌های احشایی و جداری، فضای ادراری (فضای بومن) است.

سلول‌های پوششی احشایی یا سلول‌های پودوسیت، سطح خارجی مویرگ‌های گلومرولی را می‌پوشانند. بدنه سلول‌های پوششی احشایی حاوی هسته بوده و منشاء چندین زائده اولیه بزرگ می‌باشد که زواید ثانویه و ثالثیه کوچکتری از آنها خارج می‌شوند. کوچکترین زائده‌ها، زواید پایی شکل یا پدیسل^۱ نامیده می‌شود. زواید پایی شکل ثانویه و ثالثیه یک سلول با زواید سلول‌های مجاور، مانند انگشتان است در هم فرو می‌روند. فضاهای باریکی به اندازه ۲۵ تا ۶۰ نانومتر، به نام شکاف‌های تصفیه‌ای^۲ میان زواید پایی ایجاد می‌شود، که توسط دیافراگم^۳ شفاف

^۱ - Foot processes or pedicels

^۲ - Filtration slits

^۳ - Slit diaphragm

پوشیده می‌شوند. بافت پوششی جداری از نوع سنگفرشی ساده بوده و کپسول را پوشانده و در قطب ادراری به طور ناگهانی به بافت پوششی مکعبی لوله نزدیک تغییر می‌کند.

لوله کلیوی (لوله ادراری)

لوله نزدیک

لوله نزدیک از قطب ادراری کپسول کلیوی شروع می‌شود. لوله نزدیک، طویل ترین قطعه لوله قشری بوده و بنابراین در مقاطع بافتی، بیشترین مقاطع قابل مشاهده در ناحیه قشری می‌باشد. اولین بخش لوله نزدیک، لوله پیچیده نزدیک (PCT) نامیده می‌شود، زیرا این بخش در لابیرنت‌های قشری پیچ خورده، تااینکه به اشعه‌های مرکزی وارد شده و به لوله مستقیم نزدیک (PST) تبدیل می‌شود. PST، اشعه‌های مرکزی را طی کرده و به درون نوار خارجی بخش خارجی ناحیه مرکزی، کشیده می‌شود. قطعات لوله نزدیک، همچنین براساس تفاوت‌های موجود در طول یا فراوانی اجزایی که در همه سلول‌های لوله نزدیک مشترک و معمول هستند به قطعات S1، S2 و S3 تقسیم می‌شوند.

معمولاً، سطح راسی لوله نزدیک، توسط لبه مسواکی¹ تشکیل شده از برجستگی‌های وسیع غشاء پلاسمایی راسی به نام میکروویلی، پوشیده شده است. ویژگی لبه‌های جانبی سلول‌های پوششی، فرو رفتن زواید سلولی جانبی در یکدیگر می‌باشد. علاوه براین، سطح قاعده ای سلول‌ها دارای غشاء چین خورده قابل توجهی، به همراه زوایدی از سلول‌های مجاور که در بین چین‌ها قرار گرفته اند، می‌باشند. آرایش سلول‌های پوششی مانند گروهی از ریشه‌های درخت شمع می‌باشد که به صورت متراکم در کنار هم قرار گرفته و ریشه‌های هر یک از آنها در زیر دیگری رشد می‌کند. لبه مسواکی سطحی و چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده‌ای-جانبی، منجر به افزایش معنی دار ناحیه سطحی سلول شده و در نتیجه باعث افزایش میزان انتقال ترانس اپیتلیالی که در این قطعه رخ می‌دهد، می‌شود. تعداد زیادی میتوکندری بلند در بین چین‌های غشاء پلاسمایی قرار گرفته و خطوط عمودی

¹ - Brush border

مخططی را ایجاد می‌کنند که با استفاده از میکروسکوپ نوری قابل مشاهده می‌باشد. ارتباط نزدیک میتوکندری‌ها با غشاء پلاسمایی، منبع انرژی آماده ای برای پروتئین‌های ناقل وابسته به آدنوزین تری فسفات^۱ (ATP) واقع شده در غشاء پلاسمایی قاعده ای- جانبی، فراهم می‌کند.

در نزدیک سطح راسی، کناره‌های جانبی سلول‌ها به وسیله اتصالات محکم، چسبنده و دسموزوم به یکدیگر متصل می‌شوند. اتصالات محکم، نوار پیوسته‌های را در اطراف سلول ایجاد می‌کنند، ولی این اتصالات در لوله نزدیک، در مقایسه

با اتصالات محکم لوله دور و مجاری جمع کننده، به املاح و آب نسبتاً نفوذپذیر می‌باشند. یک هسته منفرد کروی در وسط بخش قاعده ای سلول واقع شده است. سلول‌های لوله نزدیک حاوی دستگاه آندوسیتوزی وسیع شامل تعداد زیادی وزیکول، آندوزوم و لیزوزوم، هستند. پروگزیزوم‌ها که اندامک‌های حاوی آنزیم‌های اکسیداتیو لازم جهت متابولیسم مواد سمی می‌باشند، در PST فراوان هستند. در گربه، سلول‌های PCT قطرات لیپیدی فراوانی دارند. در سگ، سلول‌های PST حاوی قطرات لیپیدی مشابهی بوده و بنابراین، اشعه‌های مرکزی دارای ظاهری روشن تر از پارانشیم اطراف می‌باشند. متأسفانه، شکل ظاهری واقعی لوله‌های نزدیک در بسیاری از مقاطع بافتی مشخص نیست، زیرا قطع جریان خون به کلیه منجر به روی هم خوابیدن لوله‌ها، تورم سلول‌های پوششی، انسداد مجرای لوله و جدا شدن لبه مسواکی می‌شود. بسیاری از ویژگی‌های ساختاری موجود در حیوان زنده را تنها با تکنیک‌های ثبوت پرفیوژن دقیق، می‌توان حفظ کرد.

PST به درون بخش خارجی ناحیه مرکزی امتداد یافته و معمولاً در لبه میان نوارهای داخلی و خارجی بخش خارجی ناحیه مرکزی به طور ناگهانی به بافت پوششی سنگفرشی ساده قطعه نزولی نازک، تغییر می‌کند. در سگ این تغییر در محل اتصال قشری- مرکزی^۲ رخ می‌دهد، بنابراین، کلیه سگ فاقد نوار خارجی است.

¹ - ATP-dependent transport proteins

² - Corticomedullary junction

حلقه هنله

ساختاری که تحت عنوان لوپ هنله شناخته شده است شامل چهار قطعه لوله ای می باشد: قطعه ضخیم نزولی که امروزه عمدتاً لوله مستقیم نزدیک خوانده می شود، قطعه نازک نزولی، قطعه نازک صعودی که در نفرون های حلقه بلند وجود دارد و قطعه ضخیم صعودی که گاهی لوله مستقیم دور نامیده می شود.

قطعه نازک حلقه هنله

بخش نازک حلقه هنله از انتهای لوله نزدیک آغاز شده، پیش از ایجاد چرخش سنجاق مویی خود، تا فواصل متغیری در ناحیه مرکزی امتداد یافته و تا مرز میان ناحیه مرکزی داخلی و خارجی کشیده می شود. در نفرون های حلقه بلند، بافت پوششی نازک در درون ناحیه مرکزی داخلی نیز امتداد می یابد. بخش میان PST تا چرخش سنجاق سری، قطعه نزولی نازک نامیده می شود. فاصله بین چرخش سنجاق سری تا مرز میان ناحیه مرکزی داخلی و خارجی، قطعه صعودی نازک، گفته می شود. چهار بخش جداگانه لوله نازک، براساس تفاوت های فراساختاری موجود در ضخامت بافت پوششی، وسعت غشاهای سلولی راسی و قاعده ای- جانبی، تعداد میتوکندری ها و پیچیدگی اتصالات محکم که همگی آنها با تفاوت های عملکردی بخش های مختلف این لوله در ارتباط هستند، توصیف شده اند.

معمولاً، قطعات نازک دارای بافت پوششی سنگفرشی ساده، همراه با تغییر ناگهانی یا تدریجی به بافت پوششی مکعبی کوتاه در دو انتهای قطعات نازک (بسته به گونه)، می باشند. هسته ها به مقدار بیشتری نسبت به هسته های سلول های آندوتلیال مویرگ های مجاور، به درون مجرای لوله برآمده می شوند. علاوه براین، هسته ها در مشاهده مجرا، کروی هستند، درحالی که هسته های آندوتلیالی کشیده بوده و در جهت محور طولی عروق قرار گرفته اند.

قطعه صعودی ضخیم حلقه هنله

قطعه صعودی ضخیم حلقه هنله در مرز ناحیه مرکزی داخلی و خارجی، شروع شده و در قشر کلیه درون اشعه‌های مرکزی صعود می‌کند. بافت پوششی قطعه صعودی ضخیم مرکزی^۱ (MTAL) بلندتر از بافت پوششی قطعه صعودی ضخیم قشری^۲ (CTAL) می‌باشد. در نفرون‌های حلقه کوتاه، قطعه صعودی ضخیم از چرخش سنجاق سری حلقه هنله در اعماق مختلف ناحیه مرکزی خارجی آغاز می‌شود. در نفرون‌های حلقه بلند، چرخش سنجاق سری در ناحیه مرکزی داخلی ایجاد شده و قطعه صعودی نازک از این چرخش تا محل تغییر به قطعه صعودی ضخیم در مرز ناحیه مرکزی داخلی و خارجی، امتداد می‌یابد. قطعه صعودی ضخیم حاوی دست‌های از سلول‌های پوششی تخصص عمل یافته به نام ماکولا دنسا^۳ است، که بخشی از دستگاه جنب گلومرولی می‌باشد. تغییر قطعه صعودی ضخیم به لوله پیچیده دور در فواصل متغیری پس از ماکولا دنسا، رخ می‌دهد.

سلول‌های قطعه صعودی ضخیم مکعبی و دارای میکروویلی‌های کوتاه راسی، لبه‌های سلولی مواج و یک مژه مرکزی منفرد در سطح راسی خود هستند. سلول‌ها آرایش مناسبی از میتوکندری‌ها با جهت عمودی و چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده‌ای- جانبی، که برای انتقال فعالی که به طور گسترده‌ای در این قطعه صورت می‌گیرد، ضروری است را دارا می‌باشند. تراکم میتوکندری‌ها و جهت عمودی آنها بسیار مشخص و واضح بوده و به صورت خطوط عمودی تیرهای در لوله حتی با استفاده از میکروسکوپ نوری قابل رویت هستند.

لوله پیچیده دور

لوله پیچیده دور (DCT) بسیار کوتاه تر از لوله پیچیده نزدیک است، بنابراین مقاطع آن در لایبرنت‌های قشری نسبتاً کمتر هستند. سلول‌های لوله پیچیده دور بلندتر سلول‌های قطعه صعودی ضخیم قشری بوده و لبه‌های راسی سلول‌ها ساده و غیر مواج می‌باشد. به هر حال، مانند قطعه صعودی ضخیم، سطح راسی توسط برآمدگی‌های

¹- Medullary thick ascending limb

²- Cortical thick ascending limb

³- Macula densa

کوچک پوشیده شده و سلول‌ها دارای تراکم میتوکندری زیادی هستند. هسته در ناحیه راسی سلول واقع شده و چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده‌ای- جانبی وسیع به همراه میتوکندری‌هایی با آرایش عمودی در میان این چین خوردگی‌ها، سراسر منطقه قاعده‌ای را پر می‌کند. اگرچه لوله پیچیده دور به طور گسترده‌ای از جمعیت سلولی یکنواخت و یکسان تشکیل شده است، در برخی گونه‌ها گاهی سلول‌های رابط^۱ نیز وجود دارند. جزئیات این سلول‌ها بیان خواهد شد.

قطعه ارتباطی^۲ (CNT)

ضخامت بافت پوششی قطعه ارتباطی (CNT) تقریباً مشابه لوله پیچیده دور است. به هر حال، برخلاف لوله پیچیده دور، قطعه ارتباطی حاوی انواع مختلفی از سلول‌های پوششی می‌باشد، که ممکن است شامل سلول‌ها لوله پیچیده دور، سلول‌های قطعه ارتباطی، سلول‌های رابط و سلول‌های اصلی^۳ باشند. مخلوطی از انواع سلول‌های مختلف با ارتفاع سلولی، رنگ پذیری و شکل متفاوت، در مشاهده مقاطع میکروسکوپی در مقایسه با ظاهراً یکنواخت سطح حفرهای صاف لوله پیچیده دور، ظاهری نامنظم در قطعه ارتباطی ایجاد می‌کند. سلول‌های قطعه ارتباطی دارای مورفولوژی و ظاهر مشابهی با سلول‌های لوله پیچیده دور بوده و چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده‌ای- جانبی و میتوکندری‌های عمودی بیشتر و تعداد کمی میکروویلی‌های راسی کوتاه و هسته راسی دارند. تفاوت‌های میان سلول قطعه ارتباطی و سلول لوله پیچیده دور، در میکروسکوپ الکترونی کاربرد داشته، معمولاً میکروویلی‌های راسی و تراکم میتوکندری کمتر و هسته کروی تر در سلول‌های قطعه ارتباطی مشاهده می‌شود. در هر صورت، تشخیص تفریقی هر یک از این دو نوع سلول در قطعه ارتباطی ممکن است نیاز به لوکالیزه کردن ناقلین ویژه سلول با استفاده از روش ایمنوسیتوشیمی داشته باشد، که باعث روشن شدن این واقعیت می‌شود که

¹- Intercalated cells

²- Connecting Segment

³- Principal cells

هرچند ممکن است ساختار سلول‌های لوله پیچیده دور و قطعه ارتباطی مشابه باشد، ولی دارای عملکرد کاملاً مجزایی هستند. سلول‌های اصلی و سلول‌های رابط از نظر ساختاری متفاوت بوده و در بخش مربوط به مجاری جمع کننده بیان می‌شوند.

مجاری جمع کننده

چندین نفرون به یک مجرای جمع کننده قشری^۱ (CCT) فرد که یک قطعه لول‌های مستقیم در اشعه مرکزی است، تخلیه می‌شوند. مجاری جمع کننده در ناحیه مرکزی پایین آمده و مکرراً به یکدیگر می‌پیوندند. مجاری جمع کننده انت‌هایی ناحیه مرکزی داخلی (مجاری جمع کننده پاپیلاری)، در راس پاپیلا یا در امتداد سستیغ کلیوی خاتمه یافته و یک ناحیه متخلخل به نام ناحیه غربالی^۲ را ایجاد می‌کنند که مایعات لوله‌ها که اکنون ادرار^۳ نام دارد، از آن عبور می‌کنند.

مجرای جمع کننده به عنوان بخشی از نفرون در نظر گرفته نمی‌شود، زیرا دارای منشاء متفاوتی در طی تکامل است. در حقیقت، لوله جمع کننده ابتدایی و مجرای جمع کننده از جوانه پیشابراهی^۴ منشاء می‌گیرند، درحالی‌که تمام اجزاء نفرون از پلاستمای متانفریک^۵ تکامل می‌یابند. در طی تکامل، این دو جزء به یکدیگر پیوسته و یک لوله پیوسته را تشکیل می‌دهند. واژه لوله کلیوی (لوله ادراری) هم نفرون و هم مجرای جمع کننده را در بر می‌گیرد. در گذشته، اعتقاد براین بود که مجرای جمع کننده یک مجرای انتقال دهنده ساده ادرار می‌باشد. امروزه به خوبی مشخص شده است که مجرای جمع کننده نقش‌های زیادی در تنظیم املاح، آب و اسید- باز مایع خروجی

¹- Cortical collecting duct

²- Area cribrosa

³- Urine

⁴- Ureteric bud

⁵- Metanephric blastema

دارد. بنابراین، عنوان کلاسیک نفرون به نام « واحد عملکردی » کلیه تاحدی ناکارآمد می‌باشد. زیرا مجرای جمع کننده اگرچه بخشی از نفرون نیست ولی مشارکت قابل توجهی در عملکرد کلیه دارد.

قطعات ارتباطی در لابیمنت قشری به لوله جمع کننده ابتدایی متصل شده و این لوله خود، به مجرای جمع کننده قشری در اشعه مرکزی می‌پیوندند. لوله جمع کننده ابتدایی از سلول‌های اصلی و سلول‌های رابط تشکیل شده است و بنابراین دارای بافت پوششی ناهمگون و غیریکنواختی می‌باشد که ضخامت آن معمولاً بینابینی و در حد وسط میان ضخامت بافت پوششی قطعه ارتباطی و مجرای جمع کننده قشری است.

مجرای جمع کننده در اشعه مرکزی پایین آمده، از ناحیه مرکزی خارجی و داخلی عبور می‌کند و پس از پیوستن مکرر به سایر مجاری جمع کننده، در راس پاپیلا یا لبه ستیغ کلیوی، باز می‌شوند. مجاری جمع کننده در بیشتر طول خود توسط بافت پوششی مکعبی ساده پوشیده شده اند. در گوشتخواران، بافت پوششی در سراسر مجاری جمع کننده کوتاه باقی می‌ماند، درحالی‌که در سم داران، بافت پوششی در بخش‌های مرکزی ممکن است استوانه ای ساده یا حتی در نزدیکی راس پاپیلا، انتقالی باشد.

مجاری جمع کننده قشری و بخش خارجی ناحیه مرکزی، حاوی هر دو نوع سلول اصلی و رابط هستند. سلول‌های اصلی حدود دو سوم سلول‌ها را شامل می‌شوند. این سلول‌ها کوتاه بوده و دارای سطح راسی صاف با تعداد کمی میکروویلی راسی کوتاه و یک مژه مرکزی منفرد می‌باشند. سلول‌های اصلی حاوی مقدار نسبتاً کمی اورگانل بوده و میتوکندری‌های آنها کوچک و دارای آرایش نامنظم و تصادفی است. این سلول‌ها دارای چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده ای- جانبی فراوان و غشاهای سلولی جانبی نسبتاً صاف هستند. سلول‌های اصلی در ترشح پتاسیم و بازجذب سدیم، کلراید و آب تنظیم شده توسط هورمون آنتی دیورتیک، دخالت دارند. سلول‌های رابط در سراسر بیشتر مجرای جمع کننده وجود دارند. در قطعه ارتباطی، لوله جمع کننده ابتدایی و مجرای جمع کننده قشری، حداقل سه نوع سلول رابط مجزا وجود دارند: نوع A، یک نوع سلول ترشح کننده اسید است، نوع B، یک نوع سلول ترشح کننده بیکربنات می‌باشد و سلول‌های رابطی که نه از نوع A و نه از نوع B بوده و عملکرد آن به خوبی مشخص نشده است. زیرخانواده‌های انواع مختلف سلول‌های رابط هم از طریق

ویژگی‌های فراساختاری آنها و هم توسط موقعیت زیر سلولی ناقلین ویژه‌ای که در تنظیم اسید- باز دخیل هستند، قابل تشخیص می‌باشند. موقعیت پروتئین‌های ناقل ویژه در زیرخانواده‌های سلول‌های رابط در بخش مربوط به ارتباطات ساختاری- عملکردی تشریح خواهد شد.

در شرایط معمول، سلول‌های رابط نوع A، حاوی میتوکندری‌های فراوان، میکروویلی‌های غشاء پلاسمایی راسی متوسط، وزیکول‌های لوله ای سیتوپلاسمی راسی متعدد، چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده‌ای-جانبی متوسط و یک هسته مرکزی هستند. نوع B سلول‌های رابط دارای سیتوپلاسم تیره‌تر و تراکم میتوکندری بیشتری نسبت به سلول‌های A، سطح راسی صاف، وزیکول‌های سیتوپلاسمی کوچکی در سراسر بیشتر سلول به همراه نوار سیتوپلاسمی فاقد وزیکول در زیر غشاء پلاسمایی راسی، چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده ای- جانبی فراوان و یک هسته خارج از مرکز می‌باشند. سلول‌هایی که نه از نوع A و از نوع B هستند، در قطعه ارتباطی بسیار آسانتر تشخیص داده می‌شوند. این سلول‌ها تراکم میتوکندری زیاد، میکروویلی‌های فراوان در غشاء پلاسمایی راسی که به مجرای لوله برآمده شده اند و تعداد نسبتاً اندکی وزیکول‌های سیتوپلاسمی دارند.

قطعات مجرای جمع کننده بخش خارجی و ابتدای بخش داخلی ناحیه مرکزی، حاوی سلول‌های اصلی و سلول‌های رابط ترشح کننده اسید مشابه سلول‌های رابط نوع A می‌باشند. فراوانی سلول‌های رابط به تدریج در قطعات مجرای جمع کننده دور کاسته شده و مجرای جمع کننده انتهای بخش داخلی ناحیه مرکزی، الزاماً فاقد این سلول‌ها می‌باشد.

در مجرای جمع کننده انتهای بخش داخلی ناحیه مرکزی، سلول‌های اصلی نیز وجود نداشته و بیشترین نوع سلول به نام سلول مجرای جمع کننده ناحیه مرکزی داخلی¹ بلندترین سلول پوششی و دارای میکروویلی‌های راسی کوتاه با گلیکوکالیکس فراوان، غشاء پلاسمایی قاعده‌ای- جانبی نسبتاً کوچک و تعداد کمی اورگانل‌های سیتوپلاسمی، می‌باشد.

¹ - Inner medullary collecting duct cells

دستگاه جنب گlomerولی

دستگاه جنب گlomerولی در قطب عروقی گlomerول واقع شده و اجزاء آن شامل ماکولادنسا، سلول‌های مزانجیال خارج گlomerولی و سلول‌های جنب گlomerولی می‌باشد. ماکولادنسا بخشی از قطعه صعودی ضخیم قشری در محل عبور آن از میان شریانچه‌های آوران و وایران می‌باشد که حاوی سلول‌های پوششی تخصص عمل یافته است. این سلول‌ها در مقایسه با سلول‌های معمولی قطعه صعودی ضخیم، بلند و باریک بوده و فضاهای بین سلولی میان آنها، متسع به نظر می‌رسد. بخش قاعده‌های ماکولادنسا، در مجاور سلول‌های مزانجیال خارج گlomerولی قرار دارد. سلول‌های مزانجیال خارج گlomerولی (سلول‌های پولکیسن^۱، سلول‌های مشبک^۲) در بین ماکولادنسا و دو آرتریول قرار داشته و به سلول‌های مزانجیال داخل گlomerولی امتداد می‌یابند. این سلول‌ها پهن بوده و به صورت چندین لایه آرایش یافته اند. اتصالات روزنه دار، سلول‌های مزانجیال خارج گlomerولی را به یکدیگر و به سلول‌های مزانجیال داخل گlomerولی و همچنین به سلول‌های جنب گlomerولی، متصل می‌کنند، اما ارتباطی با سلول‌های ماکولادنسا ایجاد نمی‌کنند. سلول‌های جنب گlomerولی^۳ (JG cells) (سلول‌های دانه دار^۴) در شریانچه آوران وجود داشته و از عضله صاف شریانچه، مشتق می‌شوند. این سلول‌ها حاوی دانه‌های رنینی غشاء دار با اندازه‌ها و اشکال متفاوت می‌باشند. پایانه‌های عصبی سمپاتیکی در نزدیکی سلول‌های JG وجود داشته که با تحریک سمپاتیکی آزاد شدن رنین در ارتباط هستند.

گذرگاه‌های ادراری^۵

^۱- Polkissen cells

^۲- Lacis cells or Goormaghtigh cells

^۳- Juxtaglomerular cells

^۴- Granular cells

^۵- Urinary passages

گذرگاه‌های ادراری شامل کالیکس‌ها (در نشخوارکنندگان بزرگ و خوک، لگنچه کلیوی (اسب گوشتخواران، نشخوارکنندگان کوچک و خوک)، میزنای‌ها، مثانه و پیشابراه می‌باشند. این قسمت‌ها دارای ساختار بافتی مشابهی بوده که شامل طبقه مخاطی دارای بافت پوششی انتقالی تا عمق هشت سلول، لایه بافت همبندی سست زیرین (پارین- زیرمخاط)، طبقه عضلانی متشکل از لایه‌های عضله صاف با آرایش طولی در داخل، حلقوی در وسط و طولی در خارج و طبقه ادوانتیس دارای بافت همبند سست یا طبقه سروزی متشکل از مزوتلیوم و بافت همبند سست (در بخش‌هایی که پوشش صفاق احشایی وجود دارد) می‌باشد. تفاوت‌های موجود در این ساختار عمومی شامل موارد زیر است:

۱- لگنچه کلیوی: در اسب، غدد مخاطی (غدد لوله ای آلئولی منشعب ساده) موجود در مخاط باعث می‌شوند که ادرار اسب حالت چسبنده و رشت‌های داشته باشد. بافت پوششی انتقالی دارای عمق سلولی کمی می‌باشد.

۲- میزنای: میزنای دارای حفره باریکی است. زمانیکه میزنای متسع نیست، در مخاط چین‌های طولی ایجاد شده که به حفره آن ظاهری ستاره ای شکل در مقاطع عرضی می‌دهد. در اسب، غدد مخاطی در قسمت قدامی میزنای وجود دارند.

۳- مثانه: سلول‌های سطحی از نوع سلول‌های پوششی انتقال بزرگی بوده که سطح حفره را می‌پوشانند. زمانیکه مثانه خالی و جمع شده است، سلول‌های سطحی حاوی وزیکول‌های لوله ای غشادار داخل سیتوپلاسمی وسیعی هستند که به نظر می‌رسد در هنگام اتساع مثانه به غشاء پلاسمایی می‌پیوندند. سلول‌های انتقالی سطحی دارای چین خوردگی‌های غشاء پلاسمایی قاعده ای- جانبی فراوانی هستند که با غشاء پلاسمایی سلول‌های انتقالی زیرین مانند انگشتان دست در هم فرو می‌روند. سلول‌های انتقالی مجاور توسط اتصالات دسموزومی متعددی با فیلامنت‌های بینابینی طولی که درون سیتوپلاسم امتداد می‌یابند، به یکدیگر متصل هستند. به نظر می‌رسد دسموزوم‌ها و فیلامنت‌های بینابینی منجر به حفظ یکپارچگی بافت پوششی در هنگام کشیدگی و صاف شدن آن در طی اتساع مثانه می‌شوند.

عضله مخاطی متشکل از دستجات کوچک مجزایی از عضله صاف، در اسب، نشخوارکنندگان، سگ و خوک وجود دارد، ولی در گربه مشاهده نمی‌شود. عضله مخاطی، لایه بافت همبند سست را به پارین در داخل و زیر مخاط در خارج تقسیم می‌کند. عضله صاف طبقه عضلانی به نام عضله دتروسور^۱ از سه لایه عضله صاف که گاهی از یکدیگر قابل تشخیص نیستند، تشکیل شده است.

۴- پیشابراه (ماده): بافت پوششی تقریباً انتقالی است، ولی در نزدیکی منفذ پیشابراهی خارجی، به بافت پوششی سنگفرشی منطبق تغییر می‌کند. عروقی به نام فضاهای غاری پوشیده از آندوتلیوم^۲ در بافت همبند پارین- زیرمخاط پراکنده بوده و ظاهر بافت نغوظی به آن می‌دهد. مقدار و پراکندگی بافت غاری در پیشابراه، بسته به گونه متفاوت است. دستجات کمی از عضله صاف با آرایش طولی ممکن است عضله مخاطی تکامل نیافت‌های را ایجاد کنند. عضله صاف طبقه عضلانی شامل اجزایی با آرایش نامنظم طولی و حلقوی می‌باشد.

در بخش خلفی پیشابراه، دستجاتی از عضله مخطط با آرایش طولی و حلقوی با عضله صاف طبقه عضلانی مخلوط شده و یا جایگزین آن می‌شوند. دیورتیکولوم زیر پیشابراهی که در سطح شکمی منفذ پیشابراهی خارجی خوک و نشخوارکنندگان وجود دارد، توسط بافت پوششی انتقالی و بافت همبند سست زیر آن پوشیده شده است. این گذرگاه‌ها، مجاری و مخازنی برای ادرار و همچنین مکانیسمی جهت پر شده مثانه و خروج ادرار ایجاد می‌کنند. ادرار با انقباضات موجی پریستالتیک عضله صاف کالیس‌ها، لگنچه کلیوی و میزنای، از کلیه به مثانه منتقل می‌شود. میزنای‌ها با زاویه حاده به مثانه وارد می‌شوند. این زاویه به صورت یک دریچه عمل کرده و برگشت ادرار به میزنای ممانعت می‌کند. سیستم عصبی، اجزاء عضلانی مثانه و پیشابراه را در هنگام پر شدن و تخلیه مثانه کنترل می‌کند. پر شدن مثانه به عدم خروج ادرار و شل شدن جدار مثانه نیاز دارد. عدم خروج ادرار در نتیجه:

¹- Detrusor muscle

²- Endothelial- lined cavernous spaces

(a) انقباض اسفنکتر پیشابراهی (عصب هیپوگاستریک) عضله صاف گردن مثانه (گیرنده‌های آلفا)، حاصل می‌شود. شل شدن مثانه حاصل (a) مهار عصب دهی پاراسمپاتیکی (عصب لگنی^۱) و عضله دتروسور و (b) مهار انقباض عضله دتروسور از طریق تحریک عصب سمپاتیکی (رسپتورهای بتا)، می‌باشد. تخلیه ادرار^۲ ارادی با واسطه بخش خلفی ساقه مغز تحت کنترل قشر و مخچه صورت می‌گیرد. تخلیه ادرار طبیعی، الزاماً به مسیری عکس مسیر پر شدن مثانه نیاز دارد که شامل شل شدن اسفنکتر پیشابراهی و انقباض گردن مثانه و مثانه است. بنابراین، خروج ادرار از طریق (a) مهار عصب شرمی عضله مخطط پیشابراهی و (b) مهار عصب سمپاتیکی عضله صاف گردن مثانه، صورت می‌گیرد. انقباض مثانه حاصل (a) تحریک پاراسمپاتیکی عضله دتروسور و (b) مهار سمپاتیکی عضله دتروسور می‌باشد.

¹ - Pelvic nerve

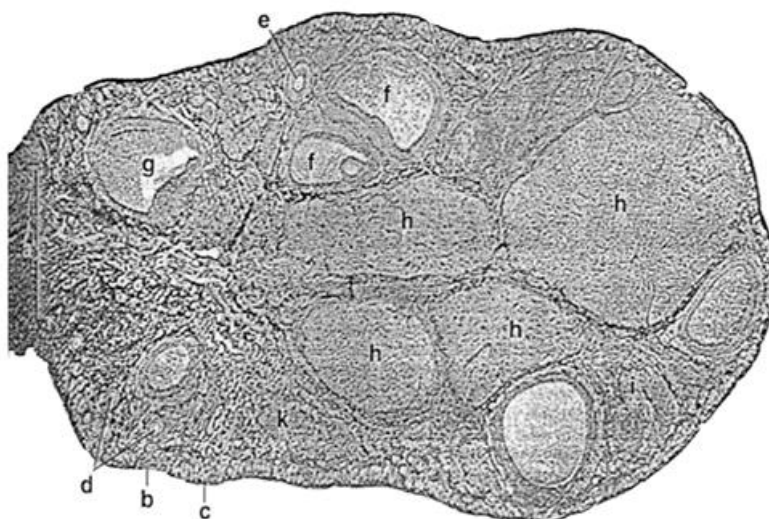
² - Micturition

فصل سوم: دستگاه تناسلی ماده

دستگاه تناسلی ماده از تخمدان‌ها و مجاری تخم بر (اویداکت) در طرفین، رحم معمولاً دو شاخه، سرویکس (گردن رحم)، واژن، دهلیز، فرج و غدد ضمیمه، تشکیل شده است. این دستگاه در تولید و انتقال تخمک، انتقال اسپرم، لقاح و نگهداری از جنین تا زمان تولد، نقش دارد.

تخمدان

تخمدان، یک غده مرکب درون ریز و برون ریز بوده که تخمک (ترشح برون ریز) و هورمون‌های تخمدانی، به ویژه استروژن‌ها و پروژسترون‌ها (ترشح درون ریز)، را تولید می‌کند. ساختار تخمدان طبیعی بسته به گونه، سن و مرحله سیکل جنسی، بسیار متفاوت است. تخمدان، یک ساختار بیضی شکل بوده، که به دو بخش قشر (کورتکس) در خارج و مرکز (مدولا) در داخل، تقسیم می‌شود (تصویر ۱).



تصویر ۱- تصویر تخمدان گربه، تکامل و تحلیل فولیکول‌ها و جسم زرد را در قشر تخمدان نشان می‌دهد. ناحیه مرکزی تخمدان حاوی عروق خونی (a) که از مزووااریوم (بند تخمدان) (ā) و از ناف، وارد تخمدان می‌شوند، بافت پوششی سطحی و سفید پرده مجاور آن (b)، لایه زیر سفید پرده حاوی فولیکول‌های آغازین (c)، فولیکول‌های اولیه (d)، فولیکول‌های ثانویه (e)، فولیکول‌های ثالثیه، که در یک مورد حاوی اووسیت در داخل کوموس اووفوروس است (f)، فولیکول آترزی اولیه (g)، جسم زرد (h)، جسم زرد در حال تحلیل (i)، سلول‌های آندوکرینی بینابینی (k) (x۵۶).

ناحیه قشری

ناحیه قشری، بخش وسیع سطح تخمدان بوده و حاوی فولیکول‌هایی در مراحل مختلف تکامل و جسم زرد می‌باشد، که در بافت همبند سست داریست قرار گرفته‌اند (تصویر ۱). سطح ناحیه قشری توسط بافت پوششی مکعبی کوتاهی پوشیده شده است. لایه ضخیمی از بافت همبند، به نام سفید پرده، بلافاصله در زیر بافت پوششی سطحی قرار دارد، که به وسیله رشد فولیکول‌های تخمدانی و جسم زرد پاره شده و ممکن است در طی افزایش فعالیت‌های تخمدان، نامشخص شود.

تکامل فولیکولی

فولیکول‌های تخمدانی، ساختارهایی هستند که از یک اووسیت احاطه شده توسط سلول‌های پوششی تخصص عمل یافته، تشکیل شده‌اند. در طی رشد و تکامل فولیکول، سلول‌های پوششی به وسیله سلول‌های داریستی احاطه شده و حفره‌ای پر از مایع، در میان سلول‌های پوششی تکامل می‌یابد.

فولیکول‌های آغازین^۱ از یک اووسیت اولیه که به وسیله بافت پوششی سنگفرشی ساده از سلول‌های فولیکولی در بر گرفته شده، تشکیل شده‌اند. این فولیکول‌ها، پیش از تولد، از طریق تقسیم میتوزی توده‌های سلولی پوششی داخلی^۲ در ناحیه قشری تخمدان، حاصل می‌شوند.

فولیکول‌های اولیه^۳ از یک اووسیت اولیه که به وسیله یک لایه بافت پوششی مکعبی ساده از سلول‌های فولیکولی احاطه شده، تشکیل شده‌اند. اووسیت اولیه اولین تقسیم میتوز را پیش از تولد شروع می‌کند، اما مرحله پروفاز تا زمان تخمک گذاری^۴ کامل نمی‌شود. بنابراین، اووسیت‌های اولیه تا پس از بلوغ، در پروفاز باقی می‌مانند. چند

^۱- Primordial follicles

^۲- Internal epithelial cell masses

^۳- Primary follicles

^۴- Ovulation

صد هزار تا یک میلیون اووسیت ذخیره، ممکن است در زمان تولد در یک تخمدان در گونه‌های مختلف، وجود داشته باشد، که بیشتر این اووسیت‌ها قبل و یا بعد از تولد تحلیل رفته و تنها چند صد اووسیت در طی عمر طبیعی، تخمک گذاری می‌کنند. فرآیندهایی که در انتخاب فولیکول‌ها برای رشد، از حوضچه فولیکول‌های آغازین تکثیر نیافته، شرکت دارند، کاملاً شناخته نشده‌اند.

فولیکول‌های ثانویه^۱ از یک اووسیت اولیه احاطه شده توسط یک بافت پوششی مطابق از سلول‌های فولیکولی چند وجهی به نام سلول‌های گرانولوزا^۲، تشکیل شده‌اند. طبقه چند لایه‌ای سلول‌های گرانولوزا، از سلول‌های فولیکولی تکثیر شونده فولیکول اولیه بوجود می‌آید. در گوشتخواران، خوک و میش، ممکن است فولیکول‌های چند تخمکی که حاوی چندین اووسیت هستند، ایجاد شوند. ویژگی فولیکول‌های ثانویه، تکامل یک لایه گلیکوپروتئینی ضخیم ۳ تا ۵ میکرومتری به نام پرده شفاف^۳، در اطراف غشاء پلاسمایی اووسیت آنها، می‌باشد. پرده شفاف به وسیله سلول‌های گرانولوزا که بلافاصله اطراف اووسیت قرار دارند و همچنین توسط خود اووسیت، ترشح می‌شود. میکروویلی‌های اووسیت تا حدی در این لایه نفوذ می‌کنند. زوائد سیتوپلاسمی سلول‌های گرانولوزا که در اطراف اووسیت واقع شده‌اند، به پرده شفاف نفوذ کرده و با میکروویلی‌های اووسیت ارتباط نزدیکی برقرار می‌کند. با ادامه تکامل فولیکول، شکاف‌های پر از مایع کوچکی، در میان سلول‌های گرانولوزا شکل می‌گیرند. در فولیکول‌های ثانویه انتهایی، یک طبقه چند لایه‌ای پر عروق از سلول‌های دوکی شکل داربستی به نام سلول‌های تک^۴، در اطراف لایه سلولی گرانولوزا شروع به تشکیل می‌کند.

¹- Secondary follicles

²- Granulosa cells

³- Zona pellucida

⁴- Theca cells

فولیکول‌های ثالثیه^۱ که فولیکول‌های وزیکولی یا گراف^۲ نیز نامیده می‌شوند، از یک اووسیت اولیه (یا در بسیاری از گونه‌ها، یک اووسیت ثانویه، دقیقاً پیش از تخمک گذاری) احاطه شده توسط یک بافت پوششی مطبق از سلول‌های گرانولوزا تشکیل شده است. سلول‌های گرانولوزا توسط یک طبقه چند لایه‌ای از سلول‌های داربستی تخصص عمل یافته به نام سلول‌های تک و یک حفره پر از مایع در بین سلول‌های گرانولوزا، به نام آنتروم^۳، احاطه شده است. آنتروم، که ویژگی فولیکول‌های ثالثیه است، با اتصال شکاف‌های کوچک پر از مایع موجود در میان سلول‌های گرانولوزای فولیکول‌های ثانویه به یکدیگر، جهت‌ایجاد یک حفره بزرگ حاوی مایع فولیکولی^۴، تشکیل می‌شود. فولیکول‌های ثالثیه انتهایی، دقیقاً پیش از تخمک گذاری، فولیکول‌های بالغ^۵ نامیده می‌شوند. در فولیکول‌های بالغ، بلافاصله قبل یا بعد از تخمک گذاری، بسته به گونه، اووسیت اولیه اولین تقسیم میوزی خود را کامل کرده و به اووسیت ثانویه و اولین گویچه قطبی تبدیل می‌شود.

اووسیت اولیه در فولیکول‌های ثالثیه، بسته به گونه قطری حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ میکرومتر داشته و دارای هسته کروی مرکزی با شبکه کروماتینی پراکنده و هستک مشخص می‌باشد. دستگاه گلژی که در ابتدا در سیتوپلاسم پراکنده بود، در نزدیک غشاء پلاسمایی متراکم می‌شود. دانه‌های لیپیدی و رنگدانه لیپوکروم، در سیتوپلاسم وجود دارند. با بزرگ شدن آنتروم در نتیجه تجمع مایع فولیکولی، اووسیت به سمت خارج از مرکز و معمولاً به نزدیک ترین بخش فولیکول به مرکز تخمدان، جا به جا می‌شود. سپس اووسیت، بر روی توده‌ای از سلول‌های گرانولوزا، به نام کومولوس اووفروس^۶، قرار می‌گیرد. در فولیکول‌های ثالثیه بزرگ، سلول‌های گرانولوزایی که بلافاصله در اطراف اووسیت قرار دارند، استوانه‌ای شکل شده و آرایش شعاعی پیدا می‌کنند. این سلول‌ها، سلول‌های تاج

1- Tertiary follicles

2- Vesicular or graafian follicles

3- Antrum

4- Liquor folliculi

5- Mature follicles

6- Cumulus oophorus

شعاعی^۱ نامیده می‌شوند. اعتقاد بر این است که سلول‌های تاج شعاعی، تغذیه اووسیت را بر عهده دارند و در نشخوار کنندگان در زمان تخمک گذاری، از بین می‌روند، ولی معمولاً در سایر گونه‌ها درست تا قبل از لقاح وجود دارند. سلول‌های گرانولوزا در فولیکول‌های ثالثیه، یک لایه فولیکولی جداری به نام طبقه گرانولوزا^۲، ایجاد می‌کنند. بیشتر سلول‌های گرانولوزای جداری، چند وجهی هستند، ولی لایه قاعده‌ای ممکن است استوانه‌ای باشد. سلول‌های گرانولوزای فولیکول‌های ثالثیه بزرگ، ویژگی‌های فراساختاری سلول‌های ترشح کننده پروتئین، شامل شبکه آندوپلاسمی دانه دار وسیع، را دارند. پیش از تخمک گذاری، سلول‌های گرانولوزای فولیکول‌های بالغ، ویژگی سلول‌های ترشح کننده استروئید به خصوص شبکه آندوپلاسمی صاف و میتوکندری‌های لوله‌ای را نشان می‌دهند. طبقه گرانولوزا به وسیله طبقه ای به نام تک احاطه شده است که در فولیکول‌های ثالثیه به دو لایه شامل لایه تک داخلی عروقی و لایه تک خارجی پشتیبان، متمایز می‌شود. سلول‌های تکا داخلی در فولیکول‌های ثالثیه ابتدایی، دوکی شکل بوده و در شبکه ظریفی از رشته‌های رتیکولر، قرار گرفته‌اند. شبکه وسیعی از عروق خونی و لنفی، در تک داخلی وجود دارد، ولی به طبقه گرانولوزا نفوذ نمی‌کنند. پایانه‌های اعصاب سمپاتیکی در اطراف فولیکول‌های بزرگ وجود دارند. در فولیکول‌های بالغ، اندازه بسیاری از سلول‌های دوکی شکل تک داخلی در مجاورت طبقه گرانولوزا، افزایش یافته و چند وجهی و شبه پوششی می‌شوند. هسته سلول‌های شبه پوششی، دارای طرح کروماتین روشن تر و هستک‌های مشخص تری نسبت به سلول‌های دوکی شکل، است. اورگانل‌های سیتوپلاسمی سلول‌های شبه پوششی، به سلول‌های ترشحی استروئیدی مشخصی تبدیل شده و میتوکندری‌های لوله‌ای، شبکه آندوپلاسمی لوله‌ای صاف و گنجیدگی‌های لیپیدی در این سلول‌ها دیده می‌شوند. در فولیکول‌های بالغ در طی مرحله پیش فحلی (پرواستروس) و فحلی (استروس) و همچنین در طی تحلیل زود هنگام آنها، سلول‌های شبه پوششی فراوانی وجود دارند. تک خارجی از لایه نازکی از بافت همبند سست با فیبروسیت‌هایی با

¹- Corona radiata

²- Stratum granulosum

آرایش متحدالمرکز در اطراف تک داخلی، تشکیل شده است. عروق خونی تک خارجی، مویرگ‌های تک داخلی را خون‌رسانی می‌کنند.

نزدیک زمان تخمک‌گذاری، یک یا چند فولیکول بالغ به حداکثر تکامل می‌رسند. اووسیت اولیه (حاوی کروموزوم‌های دیپلوئید) موجود در این فولیکول‌ها، اولین تقسیم میوزی خود را طی کرده و به اووسیت ثانویه (حاوی کروموزوم‌های هاپلوئید) تبدیل می‌شود. در طی اولین تقسیم میوز، جفت‌های کروموزومی ایجاد شده و ترکیب ماده ژنتیکی والدین رخ می‌دهد. تفکیک جفت‌های کروموزومی و تولید اووسیت ثانویه و اولین گویچه قطبی (حاوی کروموزوم‌های هاپلوئید اما دارای سیتوپلاسم اندک)، به دنبال کامل شدن تقسیم صورت می‌گیرد. اولین تقسیم میوزی در حیوانات اهلی، اندکی قبل از تخمک‌گذاری کامل می‌شود، به استثناء سگ و مادیان، که در آنها اندکی پس از تخمک‌گذاری کامل می‌شود (در سگ و مادیان، اووسیت اولیه تخمک‌گذاری می‌شود). دومین تقسیم میوزی اندکی پس از تکمیل اولین تقسیم میوزی آغاز می‌شود، ولی در متافاز متوقف شده و تا زمانی که لقاح صورت نگیرد، کامل نمی‌شود. در زمان لقاح، دومین تقسیم میوزی کامل شده، اووسیت ثانویه به تخمک^۱ تبدیل می‌شود و دومین گویچه قطبی (حاوی سیتوپلاسم اندک) خارج می‌شود. پس از ترکیب کروموزوم‌های نر و ماده، تخمک به تخم^۲ تبدیل شده و کروموزوم‌های دیپلوئید را ایجاد می‌کنند.

تخمک‌گذاری

فولیکول کاملاً تکامل یافته، از سطح تخمدان برآمدگی پیدا می‌کند. شبکه‌های فراوانی از عروق خونی و لنفی، فولیکول را احاطه کرده و میزان ترشح مایع فولیکول رقیق افزایش می‌یابد. افزایش میزان ترشح با افزایش فشار خون و نفوذ پذیری مویرگ‌های فولیکولی در طی استروس و پرواستروس، تسهیل می‌شود. افزایش تجمع مایع فولیکولی باعث متورم شدن فولیکول می‌شود، ولی فشار داخل فولیکولی افزایش معنی‌داری پیدا نمی‌کند. خون

^۱- Ovum

^۲- Zygote

ریزی کمی در جدار فولیکولی ایجاد می‌شود. جدار فولیکولی در محل آینده پاره شدن فولیکول، به نام استیگما^۱، نازک و شفاف می‌شود. اندازه فولیکول‌های بالغ و آماده تخمک گذاری، در گاو ۱۵ تا ۲۰ میلی متر، در مادیان ۵۰ تا ۷۰ میلی متر، در میش، بز و خوک تقریباً ۱۰ میلی متر و در سگ و گربه حدود ۲ میلی متر می‌باشد.

تغییرات جدار فولیکول پیش از پاره شدن، به علت آزاد شدن آنزیم‌های کلاژناز رخ می‌دهد. هورمون لوتئینه کننده (LH)، باعث تحریک تولید پروستاگلاندین‌های F_2 (PG) و E_2 می‌شود. اعتقاد بر این است که PGF_2 باعث آزاد شدن آنزیم‌های کلاژناز از سلول‌های فولیکولی شده، منجر به هضم جدار فولیکولی و انبساط آن در محل استیگما می‌شود. فرآیند تجزیه همچنین منجر به آزاد شدن پروتئین‌هایی می‌شود که واکنش‌های التهابی را با نفوذ گلبول‌های سفید و ترشح هیستامین، تحریک می‌کنند. همه این فرآیندها، بافت همبند جدار فولیکولی و ماده زمینه‌ای کومولوس اووفروس را از یکدیگر جدا کرده و به این ترتیب سرانجام فولیکول در محل استیگما پاره شده و اووسیت آزاد می‌شود. اووسیت که معمولاً توسط سلول‌های تاج شعاعی احاطه شده، به درون حفره صفاقی رها شده و سپس مستقیماً توسط حرکات جارویی بخش شیپوری لوله رحمی به نام اینفاندیبولوم^۲، گرفته می‌شود. در موارد نادر، ممکن است اووسیت موفق به ورود به لوله رحمی نشده و در صورتی که لقاح یافته باشد، قادر به ایجاد آبستنی نابه جا^۳ می‌باشد. در بیشتر گونه‌ها، سلول‌های تاج شعاعی در لوله رحمی در حضور اسپرم، جدا می‌شوند. در نشخوارکنندگان، این سلول‌ها قبلاً در هنگام تخمک گذاری جدا شده‌اند. معمولاً اووسیت، قابلیت باروری خود را کمتر از یک روز حفظ می‌کند و در صورت عدم انجام لقاح، تحلیل یافته و باز جذب می‌شود.

آترزی فولیکولی^۴ و سلول‌های اندوکروینی بینابینی

بیشتر فولیکول‌ها در حین تکامل خود، تحلیل می‌روند و تنها درصد کمی از کل اووسیت‌های موجود، از تخمدان

¹- Stigma

²- Infundibulum

³- Ectopic pregnancy

⁴- Follicular atresia

تخمک گذاری می‌شوند. به‌این تحلیل، آترزی گفته می‌شود. بسیاری از فولیکول‌ها قبل از رسیدن به بلوغ، دچار آترزی می‌شوند. علائم عمده آترزی سلول‌های جدار فولیکولی، خرد شدن (پیکنوز) هسته و لیز شدن کروماتین (کروماتولیز) است. تیغه پایه لایه گرانولوزا در طی آترزی، ممکن است چین خورده، ضخیم و شفاف (هیالینه) شود، که در این حالت، غشاء شیشه‌ای^۱ نامیده می‌شود. فولیکول‌های آترزی شده، سرانجام بازجذب می‌شوند و فقط اثر زخم‌های کوچکی (اسکارها) از جنس بافت فیبروزی، پس از آترزی فولیکول‌های بزرگ باقی می‌ماند.

جسم زرد^۲

در هنگام تخمک گذاری، فولیکول پاره شده، کلاپس یافته و با کاهش فشار مایع درون فولیکول، جمع می‌شود. جدار فولیکول چین خوردگی وسیعی پیدا می‌کند. این فولیکول پاره شده، به دلیل خونی که ممکن است آن‌تروم را پر کند، جسم خونی^۳ گفته می‌شود. خون ریزی پس از پاره شدن فولیکول در مادیان، گاو و خوک، نسبت به گوشتخواران و نشخوارکنندگان کوچک، بیشتر است. دقیقاً پیش از تخمک گذاری، برخی از سلول‌های طبقه گرانولوزا، علائم پیکنوز هسته را نشان می‌دهند. پس از تخمک گذاری، طبقه گرانولوزا با ورود یک شبکه مویرگی وسیع منشاء گرفته از عروق خونی تک داخلی، دارای عروق می‌شود. سلول‌های گرانولوزا، بزرگ و لوتئینه شده و جمعیت سلول‌های لوتئال بزرگ جسم زرد، را تشکیل می‌دهند. هم زمان، چین خوردگی جدار فولیکولی منجر به مشارکت تک داخلی در جسم زرد شده و در بیشتر گونه‌ها، سلول‌های تک داخلی، جمعیت سلول‌های لوتئال کوچک جسم زرد را ایجاد می‌کنند.

لوتئینه شدن^۴ (تبدیل به جسم زرد) فرآیندی است که در طی آن سلول‌های گرانولوزا و تک، به سلول‌های لوتئال تغییر می‌کنند. این تغییرات شامل هیپرتروفی (بزرگ شدن سلول) و هیپرپلازی (افزایش تعداد سلول) هر دو نوع سلول می‌باشد. یک رنگدانه زرد، به نام لوتئین، در سلول‌های لوتئال گاو، مادیان و گوشتخواران مشاهده می‌شود.

^۱- Glassy membrane

^۲- Corpus luteum

^۳- Corpus hemorrhagicum

^۴- Luteinization

که در میش، بز و خوک وجود ندارد. افزایش اندازه جسم زرد، پس از دوره فعالیت میتوزی، عمدتاً در نتیجه هیپرتروفی سلول‌های لوتئال بزرگ می‌باشد. سلول‌های لوتئال کوچک، بخش کوچکی از جسم زرد را تشکیل داده و عمدتاً در نواحی تیغه‌ای و محیطی قرار گرفته‌اند.

سلول‌های لوتئال بزرگ، چند وجهی بوده و دارای قطری در حدود ۴۰ میکرومتر و هسته کروی و زیکولی بزرگ هستند. این سلول‌ها گنجیدگی‌های لیپیدی متابولیک فراوانی دارند. در طی مراحل مت استروس و دی استروس، این سلول‌ها دارای اورگانل‌های خاص سلول‌های سنتز کننده استروئید، مانند میتوکندری‌های لوله‌ای و شبکه‌اندوپلاسمی صاف لوله‌ای وسیع، می‌باشند. سلول‌های لوتئال کوچک، دارای لیپید بیشتر و انواع اورگانل‌های سنتز کننده استروئید کمتری نسبت به سلول‌های لوتئال بزرگ هستند. دو نوع سلول لوتئال، سرانجام در جسم زرد با هم مخلوط شده و تشخیص آنها بسیار دشوار می‌شود. هر دو نوع سلول، پروژسترون تولید می‌کنند. با توجه به ظهور رسپتورهای پروژسترون و فعالیت ریبونوکلئیک اسید پیامبر (mRNA) ضمیمه آن، در سلول‌های لوتئال به ویژه در طی مت استروس و دی استروس و در زمان آبستنی، به نظر می‌رسد که مکانیسم خود تنظیمی لوتئال^۱، در تولید پروژسترون دارای نقش باشد. در گاو، جسم زرد ۹ روز بعد از تخمک گذاری کاملاً تکامل یافته و پر عروق می‌شود، اما رشد آن تا روز ۱۲، که قطر آن به حدود ۲۵ میلی متر می‌رسد، ادامه پیدا می‌کند. اولین نشانه تحلیل جسم زرد، در انتهای دی استروس مشاهده می‌شود و شامل جمع شدن رنگدانه لوتئین، که از این پس مایل به قرمز به نظر می‌رسد، و سپس فیبروز (تراکم رشته‌ها در جسم زرد) و باز جذب قسمت زیادی از جسم زرد، می‌باشد. در گاو، این علائم اولین بار ۱۵ روز پس از تخمک گذاری مشاهده می‌گردد. جمع شدن بیشتر جسم زرد، به سرعت بعد از روز ۱۸ اتفاق می‌افتد و تحلیل ۱ تا ۲ روز پس از استروس کامل می‌شود. وجود قطرات بزرگ لیپیدی و گنجیدگی‌های کریستالی شکل، از علائم معمول تحلیل جسم زرد است. بافت همبند عروقی جسم زرد، در طی تحلیل مشخص شده و سلول‌های عضلانی جدار شریان‌ها هیپرتروفی شده و دچار اسکروز می‌شوند. اسکاری از

¹ - Luteal autoregulatory mechanism

بافت همبند به نام جسم سفید^۱، پس از تحلیل جسم زرد باقی می‌ماند. در تخمدان‌های پیرتر، چنین اسکارهائی فراوان تر هستند.

بخش مرکزی تخمدان

ناحیه مرکزی، بخش داخلی تخمدان و حاوی اعصاب، تعداد زیادی عروق بزرگ و پیچیده و رگ‌های لنفی است. ناحیه مرکزی از بافت همبند سست و رشته‌هایی از عضله صاف تشکیل شده که به بند تخمدان^۲ امتداد می‌یابند. شبکه تخمدانی در ناحیه مرکزی واقع شده، که متشکل از طناب‌های توپر سلولی و یا شبکه‌ای از کانال‌های نامنظم پوشیده از بافت پوششی مکعبی، می‌باشد. این شبکه در گوشتخواران و نشخوارکنندگان غالباً دیده می‌شوند. اعتقاد بر این است که سلول‌های شبکه وقتی که در مجاورت اووسیت قرار داشته باشند، ممکن است به سلول‌های فولیکولی تمایز یابند.

مجرای تخم بر (اویداکت)

اویداکت ساختارهای پیچ خورده در طرفین بوده، که از بخشی از تخمدان تا شاخ‌های رحمی امتداد یافته‌اند و تخمک، اسپرم و تخم را انتقال می‌دهند. سه بخش در اویداکت قابل تشخیص می‌باشند: (a) بخش قیفی یا اینفاندیبولوم^۳، بخشی که به شکل یک قیف بزرگ است (b) آمپولا^۴، بخشی با جدار نازک که از اینفاندیبولوم به سمت خلفی امتداد پیدا می‌کند و (c) دهانه یا ایستموس^۵، قطعه عضلانی باریکی که به رحم متصل می‌شود.

ساختار بافتی اویداکت

¹- Corpus albicans

²- Mesovarium

³- Infundibulum

⁴- Ampulla

⁵- Isthmus

بافت پوششی از نوع استوانه‌ای ساده یا استوانه‌ای مطبق کاذب با مژه‌های متحرک بر روی بیشتر سلول‌ها، می‌باشد هر دو نوع سلول مژه دار و فاقد مژه، دارای میکروویلی هستند. نشانه‌های مورفولوژی فعالیت ترشحی، فقط در سلول‌های فاقد مژه مشاهده می‌شود. در طی مرحله لوتئال، سلول‌های ترشحی از سلول‌های مژه دار بلندتر هستند. ترشحات این سلول‌ها تغذیه تخمک و تخم را تامین می‌کنند.

در دستگاه تناسلی ماده بدلیل عدم وجود عضله مخاطی نازک (که در سایر ساختارهای لوله‌ای، مخاط و زیرمخاط را از یکدیگر جدا می‌کند)، مخاط به زیر مخاط پیوسته است. در لوله‌های رحمی، پارین- زیرمخاط از بافت همبند سست دارای تعداد زیادی سلول‌های پلاسماسل، ماست سل و ائوزینوفیل تشکیل شده است. طبقه مخاطی و زیرمخاطی آمپولا، به ویژه در خوک و مادیان، بسیار چین خورده می‌باشد. در گاو تقریباً ۴۰ چین طولی اولیه در آمپولا وجود دارد، که هر یک دارای چین‌های ثانویه و ثالثیه می‌باشند. درایستموس، با افزایش فاصله از آمپولا، چین‌های ثانویه و ثالثیه به تدریج ناپدید می‌شوند و در محل اتصال ایستموس به رحم، جایی که ایستموس در جدار رحم فرو می‌رود، فقط ۴ تا ۸ چین اولیه فاقد چین‌های ثانویه و ثالثیه، وجود دارد.

طبقه عضلانی عمدتاً از دستجات عضله صاف با آرایش حلقوی تشکیل شده است، اما دستجات طولی و مورب جداگانه‌ای نیز وجود دارند. از لایه عضلانی، رشته‌های شعاعی به درون مخاط- زیرمخاط می‌روند. طبقه عضلانی در اینفاندیبولوم و آمپولا نازک است. درایستموس، لایه عضلانی داخلی برجسته بوده و با عضله حلقوی رحم آمیخته می‌شود. یک طبقه سروزی حاوی عروق خونی و اعصاب فراوان، وجود دارد.

رحم^۱

رحم محل اتصال جنین و پرده‌های جنینی است، که در طی چرخه استروس و آبستنی، توالی معینی از تغییرات را متحمل می‌شود. در بیشتر گونه‌ها، رحم از دو شاخ^۲ متصل به لوله‌های رحمی در طرفین و یک بدنه^۳

^۱- Uterus

^۲- Horn or Corn

^۳- Corpus

و یک گردن^۱، که به واژن می‌پیوند، تشکیل شده است. در این فصل سرویکس به طور جداگانه تشریح می‌شود. در پریمات‌ها، کل رحم بصورت یک لوله منفرد، به نام رحم ساده^۲ می‌باشد.

ساختار بافتی رحم

جدار رحم از سه لایه تشکیل شده است که شامل: (a) لایه مخاط- زیرمخاط یا اندومترיום، (b) لایه عضلانی یا میومترיום و (c) لایه سروزی یا پری مترיום، می‌باشد. پری مترיום، لایه طولی میومترיום و لایه عروقی میومترיום، هر سه به ساختارهای مشابه خود در لیگامنت پهن رحمی می‌پیوندند.

آندومترיום

آندومترיום از دو منطقه متفاوت از نظر ساختاری و عملکردی، تشکیل شده است. لایه سطحی، به نام منطقه عملکردی^۳، پس از آبستنی یا بعد از استروس، به صورت کامل یا جزئی تحلیل واز بین رفته می‌رود. لایه نازک عمقی، به نام منطقه قاعده‌ای^۴، پس از این وقایع باقی مانده و منطقه عملکردی توسط این لایه، ترمیم و بازسازی می‌شود.

بافت پوششی سطحی منطقه عملکردی در مادیان، سگ و گربه، از نوع استوانه‌ای ساده و در نشخوارکنندگان و خوک، از نوع استوانه‌ای مطبق کاذب یا استوانه‌ای ساده می‌باشد. در نواحی جداگانه‌ای، ممکن است بافت پوششی از نوع مکعبی ساده باشد. ارتفاع و ساختار سلول‌های پوششی، با میزان ترشح هورمون‌های تخمدانی در سراسر چرخه مرتبط است. بخش سطحی زیر بافت پوششی منطقه عملکردی، از بافت همبند سست پر عروق به همراه تعداد زیادی سلول‌های فیبروسیت، ماکروفاژ و ماست سل، تشکیل شده است. سلول‌های نوتروفیل، ائوزینوفیل،

¹- Cervix

²- Uterus simplex

³- Functional zone

⁴- Basal zone

لنفوسیت و پلاسماسل نیز وجود دارند. در گوسفند، سلول‌های ملانوفور نیز مشاهده می‌شوند. بخش عمقی منطقه عملکردی، متشکل از بافت همبند سستی است که دارای سلول‌های کمتری نسبت به بخش سطحی می‌باشد. در طی استروس درنخوارکنندگان، فضاهای بافتی نامنظم پر از مایعی درمنطقه عملکردی وجود دارند که به‌این حالت ادم اندومتری^۱ گفته می‌شود. در بیشتر گونه‌ها، غدد لوله‌ای منشعب پیچیده ساده‌ای در سراسر اندومتر وجود دارند غدد در کارانکل‌های^۲ نشخوارکنندگان وجود ندارد بافت پوششی استوانه‌ای ساده غده‌ای شامل سلول‌های مژه دار ترش‌حی و غیر ترش‌حی می‌باشد. افزایش میزان استروژن باعث تحریک رشد و انشعاب غدد می‌شود، اما پیچ خوردن و افزایش میزان ترشح غدد، معمولاً تا قبل از تحریک پروژسترونی صورت نمی‌گیرد. انشعاب و پیچ خوردن غدد در مادیان بسیار وسیع است، در حالیکه در گوشتخواران، انشعابات کمتری مشاهده می‌شود. در نشخوارکنندگان، نواحی حلقوی ضخیم شده‌ای، به نام کارانکل در اندومتریوم وجود دارند، که غنی از سلول‌های فیبروسیت بوده و دارای خون رسانی وسیعی هستند. تقریباً چهار ردیف پانزده تایی از کارانکل‌ها در هر یک از شاخ‌های رحمی نشخوارکنندگان وجود دارد، که در گاو، گنبدی شکل و در گوسفند فنجانی شکل (مانند یک گنبد با یک فرورفتگی در مرکز) می‌باشند. کارانکل‌ها، ساختارهای آندومتری هستند که جایگاهی جهت اتصال جفت مادری به ساختارهایی از جفت جنینی بنام کوتیلیدون^۳ می‌شوند

میومتریوم

میومتریوم از یک لایه ضخیم داخلی که عمدتاً از نوع حلقوی است و یک لایه طولی خارجی از سلول‌های عضله صاف تشکیل شده است، که تعداد و اندازه این سلول‌ها در طی بارداری افزایش می‌یابد. بین این دو لایه، یا درون لایه داخلی یک لایه عروقی (طبقه عروقی^۴) وجود دارد.

^۱- Endometrial edema

^۲- Caruncles

^۳- Cotyledon

^۴- Stratum vasculare

پری متریوم

پری متریوم از یک بافت همبند سست که توسط مزوتلیوم صفاقی پوشیده شده، تشکیل شده است. سلول‌های عضلانی صاف و همچنین تعداد زیادی عروق خونی و لنفی و رشته‌های عصبی در پری متریوم وجود دارند.

سرویکس^۱ (گردن رحم)

سرویکس یا گردن رحم، دارای جدار ضخیم، عضلانی و مملو از رشته‌های الاستیک است. مخاط - زیر مخاط، چین‌های اولیه بلندی دارای چین‌های ثانویه و ثالثیه ایجاد می‌کنند. در گاو، چهار چین حلقوی بزرگ و ۱۵ تا ۲۵ چین طولی اولیه که هر یک دارای تعداد زیادی چین‌های ثانویه و ثالثیه هستند، وجود دارد. ممکن است چین‌های سرویکس به طور کاذب ظاهری شبیه به ساختار غده‌ای داشته باشند. اجزاء غده‌ای موجود در سرویکس عمدتاً موسیژنی هستند. غدد رحمی تا سرویکس امتداد نمی‌یابند.

ساختار بافتی سرویکس

در بیشتر گونه‌ها، بافت پوششی از نوعی استوانه‌ای ساده با سلول‌های موسینی فراوان شامل سلول‌های جامی شکل است. مقدار زیادی موکوس در طی استروس ترشح شده و بیشترین موکوس به سمت واژن حرکت می‌کند. در بارداری، موکوس ضخیم شده و سد سرویکسی^۲ را تشکیل می‌دهد. تعداد اندکی از سلول‌های پوششی در برخی گونه‌ها مژه دار هستند. غدد داخل اپیتلیالی و لوله‌ای ساده، ممکن است در نشخوار کنندگان موجود باشد. در خوک، بیش از ۹۰ درصد سرویکس ممکن است دارای مخاطی از نوع مخاط واژن با بافت پوششی سنگفرشی مطابق باشد، که مانند واژن دچار تغییرات سیکلی می‌شود. این خصوصیات (ترکیب) و تغییرات با مکانیسم جفت گیری خوک ارتباط دارد.

¹- Cervix

²- Cervical Seal

پارین- زیر مخاط، از بافت همبند سخت نامنظم تشکیل شده است، که در طی استروس، دچار خیز یا ادم شده و ساختاری مشابه بافت همبند سست دارد. در مادیان و سگ، شبکه‌های وریدی در بخش عمقی پارین- زیر مخاط وجود دارند.

طبقه عضلانی، از لایه‌های عضلانی صاف طولی خارجی و حلقوی داخلی تشکیل شده است. رشته‌های الاستیک در لایه حلقوی فراوان تر هستند. رشته‌های عضلانی و الاستیکی، هر دو جهت بازسازی ساختار سرویکس پس از زایمان دارای اهمیت هستند. لایه‌های عضلانی سرویکس به لایه‌های عضلانی رحم و واژن امتداد می‌یابند. لایه عضلانی حلقوی سرویکس در گونه‌های مختلف تغییراتی پیدا کرده است. ضخیم شدگی و چین خوردگی لایه حلقوی در نشخوار کنندگان کوچک و خوک، در ناحیه چین‌های حلقوی دیده می‌شوند یا برجسته و مشخص هستند. در مادیان و گاو، لایه حلقوی ضخیمی بدنه بخش واژنی سرویکس را ایجاد می‌کند. دهانه (منفذ رحمی خارجی)^۱ بخش واژنی سرویکس در سگ، به وسیله حلقه‌ای از عضله واژنی احاطه شده است.

طبقه سروزی سرویکس از بافت همبند سستی پوشیده شده توسط مزوتلیوم، تشکیل شده است. مجرای طولی اپوفرون^۲ (مجرای گارتنر^۳) ممکن است در یک یا دو طرف این لایه وجود داشته باشد.

واژن

واژن یک لوله عضلانی است که از سرویکس تا دهلیز^۴ کشیده شده است. چین‌های مخاطی- زیرمخاطی طولی پهنی در تمام طول واژن امتداد می‌یابند. در گاو، چین‌های حلقوی ثابتی نیز در بخش قدامی واژن وجود دارند. ساختار و ضخامت بافت پوششی دارای تغییرات سیکلی (چرخه ای) می‌باشد. غدد داخل اپیتلیالی، در برخی گونه‌ها وجود دارند. موکوس افزایش یافته واژن در طی استروس، عمدتاً از سرویکس منشأ می‌گیرد.

¹- External uterine ostium

²- Epophoron

³- Gartner's duct

⁴- Vestibule

ساختار بافتی واژن

مخاط واژن، عمدتاً توسط بافت پوششی سنگفرشی مطبق که ضخامت آن در طی پرواستروس و استروس افزایش می‌یابد، پوشیده شده است. در بخش قدامی واژن گاو، یک لایه سطحی از سلول‌های استوانه‌ای و جامی شکل حاوی مواد موکوسی PAS مثبت بر روی بافت پوششی سنگفرشی مطبق وجود دارد. در مادیان، سلول‌های پوششی معمولاً چند وجهی، با لایه‌های کمی از سلول‌های پهن بر روی سطح، می‌باشند. پارین- زیر مخاط، از بافت همبند سست یا سخت نامنظم، حاوی فولیکول‌های لنفی در بخش خلفی واژن تشکیل شده است.

طبقه عضلانی متشکل از دو یا سه لایه می‌باشد. لایه عضله صاف ضخیم حلقوی در داخل توسط بافت همبند به صورت دستجات جداگانه‌ای در آمده و به وسیله یک لایه عضله صاف طولی نازک در خارج، احاطه شده است. در خوک و سگ و تا حد کمی در گربه، یک لایه نازک اضافی از عضله صاف طولی در داخل لایه ای حلقوی وجود دارد. واژن به سمت قدامی، به وسیله یک طبقه سروزی معمول (بافت همبند سست پوشیده از مزوتلیوم) پوشیده شده است، در حالیکه به سمت خلفی، طبقه ادوانتیس متشکل از بافت همبند سست، وجود دارد. هم سروز و هم ادوانتیس حاوی رگ‌های خونی بزرگ و شبکه‌های سیاهرگی و لنفی وسیعی هستند. دستجات عصبی و عقده‌های عصبی فراوانی در طبقه سروزی و ادوانتیس قرار دارند. عصب دهی واژن عمدتاً توسط اعصاب سمپاتیکی مشتق شده از شبکه لگنی می‌باشد.

غده پستانی

شناخت آناتومی میکروسکوپی (ساختار بافتی) غده پستان جهت درک ورم پستان¹ در حیوانات بزرگ و تومورهای پستان در حیوانات کوچک حائز اهمیت است. ورم پستان شامل التهاب‌این غده بوده و یکی از رایج‌ترین و قابل توجه‌ترین بیماری‌های بالینی از لحاظ اقتصادی، در گاو می‌باشد. در پاسخ به عفونت باکتریایی، تغییرات التهابی همراه با نفوذ تعداد زیادی از نوتروفیل‌های خونی در غده رخ می‌دهد. غده پستانی یک غده لوله‌ای آلئولی

¹ - Mastitis

مرکب است. گروه‌هایی از واحدهای ترش‌هی لوله‌ای آلئولی، لوبول‌هایی را تشکیل می‌دهند که توسط تیغه‌هایی از بافت همبند از هم جدا می‌شوند.

آلئول‌ها

آلئول‌های ترش‌هی غده پستانی، کروی تا بیضی شکل با یک حفره بزرگ می‌باشند. تولید مداوم شیر باعث بزرگ شده حفره آلئول‌ها شده و ممکن است آلئول‌های مجاور تا حدی به هم متصل شوند. کمی پس از شیردوشی، با شروع سیکل ترش‌هی جدید توسط آلئول‌ها، حفره تا حدودی روی هم خوابیده (کلاپس) و حدود آن نامنظم می‌شود.

دستجاتی از آلئول‌ها، لوبول‌هایی را درون غده تشکیل می‌دهند. همه لوبول‌ها به طور همزمان در فاز ترش‌هی مشابه نمی‌باشند. برخی لوبول‌ها ممکن است قبل از شروع سیکل توسط سایرین، سیکل ترش‌هی خود را کامل کرده و پر از شیر شوند. بنابراین یک مقطع بافتی، ممکن است حاوی لوبول‌هایی در مراحل مختلف فعالیت باشد. معمولاً، همه آلئول‌های ترش‌هی درون یک لوبول تقریباً در یک فاز ترش‌هی هستند.

ضخامت بافت پوششی الوئول‌ها، در طی مراحل مختلف فعالیت ترش‌هی تغییرات قابل توجهی پیدا می‌کند. در طی ترش‌هی فعال، بخش قاعده‌ای سلول‌های پوششی استوانه‌ای حاوی شبکه‌اندوپلاسمی خشن وسیعی است. هسته‌های کروی نزدیک به مرکز سلول قرار دارند. قطرات لیپیدی در ارتباط نزدیکی با میتوکندری‌ها و وزیکول‌های پر شده با میسل‌های پروتئین شیر، در راس سلول قرار دارند. با ادامه سیکل ترش‌هی، قطرات لیپیدی به سمت سطح سلول حرکت کرده و به درون حفره آلئولی برآمده می‌شوند. قطرات لیپیدی احاطه شده توسط مقادیر متفاوتی از سیتوپلاسم و غشاء پلاسمایی از سلول آزاد می‌شوند. وزیکول‌های مملو از پروتئین نیز به سمت سطح سلول حرکت کرده، به وسیله اگزوسیتوز آزاد می‌شوند. بنابراین تولید شیر از طریق ترش‌هی هم به روش آپوکرین و هم به روش مروکرین صورت می‌گیرد. در انتهای سیکل ترش‌هی، سلول‌های پوششی، به شکل مکعبی کوتاه هستند.

سلول‌های میوآپیتلیال، که سلول‌های پوششی آلئول را احاطه کرده‌اند، در پاسخ به اکسی توسین آزاد شده از بخش عصبی هیپوفیز (نوروهیپوفیز)، منقبض می‌شوند. نیروهای انقباضی شیر را از واحدهای ترشحی به درون سیستم مجاری می‌راند. این پدیده تراوش شیر^۱ گفته می‌شود.

بافت بینابینی

بافت بینابینی غده پستان، یک ساختار پشتیبان مهم را برای واحدهای ترشحی فراهم می‌کند و حاوی رگ‌های خونی و لنفی و اعصاب می‌باشد. هر واحد ترشحی توسط بافت همبند سستی دارای شبکه وسیعی از مویرگ‌های خونی و لنفی احاطه شده است. پلاسماسل‌ها و لنفوسیت‌ها به ویژه در هنگام زایمان، زمانی که کلستروم (آغوز) غنی از ایمنوگلوبولین ترشح می‌شود، فراوان هستند. بافت همبند بین لوبولی ضخیم بوده و حاوی مجاری بین لوبولی و عروق خونی و لنفی بزرگ می‌باشد.

مجاری

سیستم مجاری، با یک مجرای داخل لوبولی که به درون یک مجرای بین لوبولی تخلیه می‌شود، آغاز می‌شود. مجرای بین لوبولی نیز به درون مجرای شیری (مجرای لاکتیفرس^۲) که اولین مجرای خروجی هر لوب است، تخلیه می‌شود. بافت پوششی مجرای داخل لوبولی از نوع مکعبی ساده است. سلول‌های میوآپیتلیال دوکی شکل ممکن است با این مجاری مرتبط باشند. مجاری بین لوبولی از سمت قدامی توسط بافت پوششی مکعبی ساده و در بخش‌های خلفی تر، به وسیله دو لایه از سلول‌های مکعبی پوشیده شده‌اند. با اتصال مجاری بین لوبولی به یکدیگر جهت تشکیل مجاری شیری بزرگ، رشته‌های عضله صاف طولی به ساختار این مجاری وارد می‌شوند. بافت پوششی مکعبی دولایه‌ای به این مجاری بزرگتر امتداد یافته و عضله صاف بیشتر می‌شوند. کیسه‌هایی^۳ در نتیجه تغییر قطر

^۱ - Milk letdown

^۲ - Lactiferous duct

^۳ - Sacculations

حفره آلوتول، ایجاد می‌شود. انقباض بین این کیسه‌ها ممکن است چین حلقوی حاوی عضله صاف ایجاد کند. چندین مجرای شیری به یک سینوس شیری^۱ (سینوس غده)^۲ در قاعده نوک پستان تخلیه می‌شوند.

نوک پستان^۳

نوک پستان، حاوی بخش انتهایی سیستم مجاری می‌باشد. سینوس شیری به سینوس نوک پستان^۴ (قنات نوک پستان^۵، حفره نوک پستان)، که توسط بافت پوششی مکعبی مطابق پوشیده شده، امتداد می‌یابد. پارین سینوس نوک پستان ممکن است حاوی دستجات کوچکی از بافت غده پستانی باشد. دستجات عضله صاف، با آرایش موازی با محور طولی نوک پستان، در برخی گونه‌ها فراوان بوده و مرز میان مخاط نوک پستان و درم مربوط به پوست احاطه کننده آن را ایجاد می‌کنند. عروق خونی فراوان در درم یک طبقه عروقی را تشکیل می‌دهند، که در طی شیردوشی یا فرآیند مکیدن، پر از خون شده و بنابراین، پوست روی سطح نوک پستان کشیده شده و منجر به صاف شدن سطح می‌شود. پس از شیردوشی، زمانیکه خون از عروق نوک پستان تخلیه شده و عضله صاف طولی منقبض می‌شود، سطح نوک پستان به شکل چین خورده اولیه خود باز می‌گردد.

یک چین حلقوی از مخاط به درون مدخل بین سینوس شیری و سینوس نوک پستان امتداد می‌یابد. اندازه این مدخل از یک حیوان به حیوان دیگر تا حدی متغیر است. گاهی، ممکن است تیغه‌هایی از بافت همبند در عرض در عرض مدخل کشیده شده، منجر به کاهش جریان شیر از سینوس شیری به سینوس نوک پستان شود. این تیغه‌ها، تار عنکبوت^۶ گفته می‌شوند و دامپزشکان غالباً باید آن‌ها را از طریق جراحی ببرند. سینوس نوک پستان

¹ - Lactiferous sinus

² - Gland sinus

³ - Teat or nipple

⁴ - Teat sinus

⁵ - Teat cistern

⁶ - Spiders

به درون یک یا چندین مجرای پاپیلاری (کانال نوک پستان^۱، کانال خطی^۲) تخلیه می‌شود، که خود به سطح خارجی نوک پستان منتهی می‌شوند. نشخوار کنندگان دارای یک مجرای پاپیلاری منفرد می‌باشند، در حالیکه در سایر گونه‌ها، چندین مجرای پاپیلاری به طور جداگانه روی سطح نوک پستان باز می‌شوند. تعداد مجاری پاپیلاری در اسب ۲، در خوک ۲ تا ۳، در گاو ۴ تا ۷ و در سگ ۷ تا ۱۶ عدد می‌باشد. مجرای پاپیلاری توسط بافت پوششی سنگفرشی مطابق پوشیده شده است. دستجاتی از عضله صاف با آرایش حلقوی، اسفنکتری را در مخاط تشکیل می‌دهند که شیر را در سینوس نوک پستان بالای مجرا نگه دارد تا زمانی که شیر به وسیله مکیدن یا شیردوشی به سمت خارج کشیده شود.

پوست نوک پستان در گاو و خوک، از بافت پوششی سنگفرشی مطابق شاخی شده ضخیم و درم فاقد فولیکول‌های مو و غدد چربی یا عرق ریز تشکیل شده است. به هر حال، در برخی از گونه‌های اهلی، مانند گوسفند یا بز، نوک پستان ممکن است حاوی موهای ریز و غدد چربی و عرق باشد.

تحلیل غده پستانی

پس از دوره شیرواری یا توقف ناگهانی مکیدن یا شیردوشی، تحلیل غده‌ای آغاز می‌شود. آلوئول‌ها توسط شیر جمع شده، متسع شده و تا تخلیه این آلوئول‌ها، ترشح بیشتری انجام نمی‌شود. سابقاً تصور بر این بود که اگر ترشحات به مدت چند روز خارج نشوند، سلول‌ها پوششی تخریب شده و شیر باقی مانده در حفره آلوئول به تدریج جذب می‌شود. به هر حال، تحقیقات اخیر نسبت به اعتقادات گذشته، اتلاف تعداد کمتری از سلول‌های پوششی پستانی معتقد است. غدد پستانی تحلیل رفته، دارای بافت بینابینی بیشتری نسبت به اجزای غده‌ای می‌باشد و دستجات جدایی از لوله‌های منشعب دارای تعداد کمی آلوئول، همه آن چیزی است که از پارانشیم باقی می‌ماند. آلوئول‌ها توسط بافت پوششی مکعبی کوتاه با سلول‌های میوآپیتلیال پوشیده شده‌اند. تیغه‌های بافت همبندی، ضخیم تر بوده و سلول‌های چربی ممکن است به صورت تکی یا گروهی وجود داشته باشند. تعداد قابل توجهی از لنفوسیت‌ها

¹ - Teat canal

² - Streak canal

و پلاسماسل‌ها وجود دارند. اجسام تیره کوچکی از کازئین به نام اجسام آمیلاسه^۱ ممکن است در آلوئول‌ها، مجاری یا بافت بینابینی یافت شوند.

فصل چهارم: دستگاه تولید مثل نر

^۱ - Corpora amylacea

دستگاه تناسلی جنس نر از (a) بیضه‌ها که توسط تونیکا واژینالیس^۱ و پوشش‌های بیضه احاطه شده است، (b) اپیدیدیم (c) مجرای دفران (d) غدد ضمیمه (بخش غده‌ای مجرای دفران، غدد وزیکولی، کوپر و پروستات)، (e) پیشابراه و (f) آلت تناسلی که به وسیله پرپیوس پوشیده شده است، تشکیل شده است.

بیضه

داربست و بافت بینابینی

تونیکا واژینالیس

تونیکا واژینالیس متشکل از مزوتلیوم و لایه‌ای از بافت همبند است که با بافت همبند زیرین اسکروتوم و بیضه ترکیب می‌شود. هنگامی که بیضه از اسکروتوم بیرون می‌آید، لایه جداری تونیکا واژینالیس به سطح داخلی اسکروتوم، متصل باقی می‌ماند، در حالیکه لایه احشایی آن که پوشش صفاقی بیضه (و اپیدیدیم) است، با کپسول زیرین (سفید پرده) بیضه متصل می‌ماند. یک فضا به نام حفره واژینال، لایه‌های جداری و احشایی را از هم جدا می‌کند.

1- Tunica vaginalis

سفید پرده^۱

سفید پرده یک کپسول متراکم از بافت همبند سخت نامنظم می‌باشد که عمدتاً از رشته‌های کلاژن، تعداد کمی رشته‌های الاستیک و سلول‌های میوفیبروبلاست، تشکیل شده است. انشعابات پر پیچ و خم سرخرگ بیضوی و شبکه‌ای از سیاهرگ‌های به هم پیوسته لایه عروقی را در سفید پرده تشکیل می‌دهند.

تیغه‌ها و مدیاستن بیضوی

سفید پرده به شکل تیغه‌های بافت همبندی به نام تیغه‌های بیضوی، به داخل بافت بیضه امتداد می‌یابد که به طرف مدیاستن بیضه به هم نزدیک می‌شوند. این تیغه‌ها در سگ نسبتاً کامل هستند، در حالی‌که در سایر حیوانات اهلی، رشته‌های بافت‌های همبندی نامشخصی هستند که عروق داخل بیضه‌ای بزرگ را احاطه می‌کنند. تیغه‌های بیضوی، پارانشیم بیضه را به تعداد متفاوتی از لوبول‌های بیضوی تقسیم می‌کنند، که هر یک دارای یک تا چهار لوله اسپرم ساز پیچ خورده، هستند. تیغه‌های بیضوی به مدیاستن بیضه که یک ناحیه بافت همبندی حاوی کانال‌های شبکه بیضه و رگ‌های خونی و لنفی بزرگ است، می‌پیوندند. مدیاستن بیضه اسب نر (نریان) و بسیاری از جوندگان، نسبتاً کوچک بوده و در موقعیت حاشیه‌ای قرار دارد، درحالی‌که در نشخوار کنندگان، خوک، گربه و سگ، در موقعیت مرکزی در امتداد محور طولی گناد قرار گرفته است.

سلول‌های اندوکرینی بینابینی

فضاهای بین لوله‌های اسپرم ساز بیضه حاوی بافت همبند سست، رگ‌های خونی و لنفی، سلول‌های فیبروسیت، سلول‌های آزاد تک هسته‌ای و سلول‌های اندوکرینی بینابینی (سلول‌های لایدیگ^۲) می‌باشد. سلول‌های اندوکرینی بینابینی تقریباً یک درصد از کل حجم بیضه گوسفند نر بالغ، تقریباً ۵ درصد در گاو نر و ۲۰ تا ۳۰ درصد در گراز نر را تشکیل می‌دهد. سلول‌های اندوکرینی بینابینی، سلول‌هایی چند وجهی بزرگ با هسته کروی هستند. این

^۱ - Tunica Albuginea

^۲ - Leydig cells

سلول‌ها به صورت طنابی یا دستجات قرار گرفته و همه آنها دارای ارتباط نزدیک با مویرگ خونی نیستند. ترشح آندروژن‌ها از سلول‌های اندوکرینی بینابینی، از نظر مورفولوژی نامشخص است. گنجیدگی‌های لیپیدی در همه گونه‌ها یافت می‌شوند، اما به ویژه در گربه فراوان هستند. میان سلول‌های مجاور، کانالیکولی‌های بین سلولی و اتصالات روزنه دار وجود دارد.

سلول‌های اندوکرینی بینابینی، آندروژن‌های بیضوی (تستوسترون) و در گراز نر، مقدار زیادی استروژن را تولید می‌کنند. بیش از ۹۰ درصد از کل هورمون‌های آندروژن، توسط بیضه تولید می‌شوند. از میان عملکردهای اصلی تستوسترون (در برخی بافت‌ها، تستوسترون جهت موثر بودن، باید به وسیله آنزیم ۵-آلفا رداکتاز به دی هیدروتستوسترون تبدیل شود) شامل (a) ایجاد رفتارهای جنسی طبیعی^۱، (b) تحریک رشد و حفظ فعالیت آلت تناسلی نر^۲ و غدد ضمیمه جنس نر و رفتارهای جنسی ثانویه، (c) کنترل اسپرم سازی (اسپرματοژنز) (همراه با هورمون تحریک کننده فولیکولی [FSH])، (d) اثر فیدبک منفی بر هیپوفیز و هیپوتالاموس، (e) تاثیرات آنابولیکی عمومی و (f) بقای مجرای مزونفریک (مجرای ولفین^۳) و تمایز آن به اپیدیدیم و مجرای دفران.

لوله‌های پیچیده اسپرم ساز^۴

در بیشتر پستانداران، لوله‌های پیچیده ی اسپرم ساز، حلقه‌های پیچیده دو سر با ضخامتی بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میکرومتر هستند، که دیواره آنها از بافت پوششی اسپرματοژنیک مطابق (اپیتلیوم زایا)، تشکیل شده و توسط پارین احاطه شده است. در دو انتها توسط یک قطعه ی انتهایی خاصی به لوله‌های بیضوی مستقیم متصل می‌شوند. طول تمام لوله‌های اسپرم ساز در بیضه گاو نر تقریباً ۵۰۰۰ متر است. از نظر ساختار بافتی، لوله‌های اسپرم ساز متشکل از سه جزء پارین، سلول‌های پشتیبان (سلول‌های سوماتیک یا سرتولی^۵) و سلول‌های اسپرم ساز، هستند.

¹- Libido

²- Penis

³- Wolffian duct

⁴- Seminiferous tubules

⁵- Sertoli cells

پارین

پارین در اطراف لوله‌های اسپرم ساز قرار دارد. داخلی ترین لایه آن غشاء پایه است که برجستگی‌های گریزی شکل آن غالباً به درون چین‌های قاعده سلول‌های پشتیبان و اسپرماتوگونی امتداد می‌یابند. رشته‌های کلاژن و الاستیک غشاء پایه را به سلول‌های پهن اطراف لوله‌ای^۱ متصل می‌کند که طبقه‌ای متشکل از ۱ تا ۵ لایه را، بسته به گونه، تشکیل می‌دهند. در زمان تولد، این سلول‌های اطراف لوله‌ای مشابه سلول‌های مزانشیمی هستند که به تدریج پس از تولد، به سلول‌های انقباضی تمایز می‌یابند. در برخی گونه‌ها (مانند گراز نر)، این سلول‌ها تمام ویژگی‌های سلول‌های عضله صاف معمول را نشان می‌دهند. در سایر گونه‌ها (مانند گاو نر)، آنها مشابه سلول‌های میوفیبروبلاست هستند. سلول‌های اطراف لوله‌ای حاوی دستجاتی از فیلامنت‌های اکتین با آرایش در جهات طولی و حلقوی می‌باشند که مسئول انقباضات لوله‌ای هستند. بنابراین سلول اطراف لوله‌ای در انتقال محتویات لوله‌ها و اسپرمیشن^۲ یعنی آزاد سازی اسپرم‌ها به درون مجرای لوله، شرکت می‌کنند. خارجی ترین لایه پارین لوله‌ای متشکل از سلول‌های فیبروسیت و فیبریل‌های کلاژن است. لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها وارد پارین می‌شوند، ولی هرگز به بافت پوششی لوله‌ای سالم وارد نمی‌شوند.

سلول‌های پشتیبان (سرتولی)

سلول‌های پشتیبان (سرتولی) از سلول‌های پشتیبان تمایز نیافته موجود در گناد قبل از بلوغ منشاء می‌گیرند. سلول‌های تمایز نیافته دارای فعالیت میتوزی زیادی بوده، حاوی شبکه آندوپلاسمی خشن فراوان هستند و هورمون آنتی پارامزونیفریک^۳ را تولید می‌کنند، که یک گلیکوپروتئین مهار کننده تکامل لوله‌های رحمی، رحم و واژن در

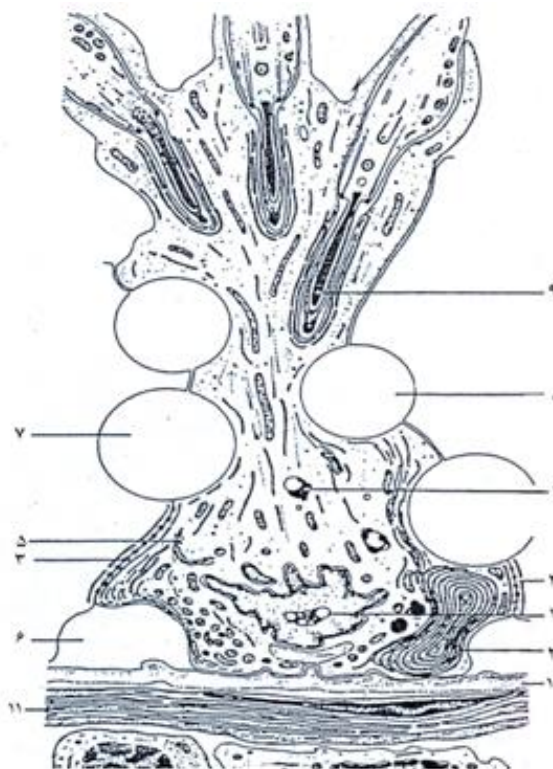
^۱- Peritubular cells

^۲- Spermiation

^۳- Antiparameonephric hormone

جنس نر می‌باشد. در طی بلوغ، تمایز سلول‌های پشتیبان با تغییر مورفولوژی (شکل ظاهری) و کاهش توانایی تقسیم میتوزی همراه است.

سلول‌های پشتیبان بالغ، سلول‌های کشیده با لبه‌های نامنظم هستند (تصویر ۱)، که قاعده پهن آنها بر روی غشاء پایه قرار داشته و بقیه سیتوپلاسم به طرف بالا، تا مجرای لوله کشیده می‌شود. این سلول‌ها دارای پراکنش یکسانی بوده، در یک مقطع عرضی لوله اسپرم ساز بالغ، تقریباً ۲۰ سلول پشتیبان مشاهده می‌شود. زوائد سیتوپلاسمی جانبی و راسی سلول‌های پشتیبان، تمام فضاهای بین سلول‌های اسپرماتوژنی مجاور را پر می‌کند. معمولاً هسته بیضی یا گلابی شکلی، در بخش قاعده‌ای پهن سلول قرار داشته و غالباً دارای چین خوردگی‌های عمقی و هستک بزرگ می‌باشد. بخش قاعده‌ای و تنه مرکزی سلول‌های پشتیبان حاوی میتوکندری‌ها، دستگاه گلژی نامشخص، شبکه آندوپلاسمی صاف فراوان، شبکه آندوپلاسمی خشن کوچک، ریبوزوم‌های آزاد، میکروتوبول‌ها، فیلامنت‌های اکتین و میوزین، لیزوزوم‌ها و گنجیدگی‌های لیپیدی است. فقط میزان کمی اورگانل در زوائد جانبی و راسی سلول‌های پشتیبان یافت می‌شود.



تصویر ۱- تصویر شماتیک ارتباط بین سلول‌های پشتیان - سلول‌های جنسی در گاو نر. ۱- هسته سلول‌های پشتیان. ۲- شبکه آندوپلاسمی صاف. ۳- اتصالات محکم بین سلول‌های پشتیان مجاور، ظاهری معادل سد خونی - بیضوی را تشکیل می‌دهند. ۴- فاگولیزوزوم‌ها. ۵- دستگاه گلژی. ۶- فضای اشغال شده توسط اسپرماتوگونی‌ها. ۷- فضای اشغال شده توسط سلول اسپرماتوسیت اولیه. ۸- فضای اشغال شده توسط یک اسپرماتید کروی. ۹- اسپرماتید کشیده در درون فرورفتگی‌های راسی سلول‌های پشتیان. ۱۰- غشاء پایه. ۱۱- سلول اطراف لوله‌ای (میوفیبروبلاست). (با اجازه از Kohler T, Mosimann M ، سیتولوژی، هیستولوژی و آناتومی میکروسکوپی، Paul Parey, Hamburg, der Haussaugetiere ، ۱۹۹۰).

سلول‌های پشتیان با غشاء پایه اتصالات همی‌دسموزوم ایجاد می‌کنند. اتصالات موقت با سلول‌های جنسی مجاور در تغییر مکان عمودی و آزاد شدن سلول‌های جنسی به درون حفره لوله دارای نقش است. سلول‌های پشتیان مجاور به وسیله اتصالات محکم مرتبط با رشته‌های اکتین و سیستم‌های زیر سطحی^۱ شبکه آندوپلاسمی، به یکدیگر متصل می‌شوند. این اتصالات بخش قاعده‌ای را از بخش راسی جدا کرده و یک سد انتشاری به نام سد خونی- بیضه‌ای را تشکیل می‌دهند. تجدید سلول‌های بنیادی اسپرم ساز و تکثیر سلول‌های اسپرماتوگونی در بخش قاعده‌ای که مایع بافتی بین لوله‌ای داخلی دسترسی نسبتاً آزادی به آن دارد، صورت می‌گیرد. سد خونی بیضه‌ای به صورت انتخابی از ورود بسیاری از مواد به بخش جنب حفره‌ای، یعنی جایگاه فرآیندهای حیاتی میوز و اسپرماتوزنز در محفظه‌هایی کنترل شده رخ می‌دهند، ممانعت می‌کند. عملکرد دیگر سد خونی بیضه‌ای، جلوگیری از واکنش‌های خودایمنی در برابر سلول‌های جنسی پس از اسپرماتوگونی، می‌باشد. اسپرماتوسیت‌های اولیه، باید از اتصالات بین سلولی اختصاصی متصل کننده سلول‌های پشتیان، بدون ایجاد آسیب فیزیکی در سد خونی بیضه، عبور کنند. اینچنین عبوری احتمالاً از طریق باز شدن زیپ مانند این اتصالات همراه بوده، که مجدداً زیر اسپرماتوسیت‌ها و قبل از رسیدن آنها به بخش جنب حفره‌ای، بسته می‌شوند. سلول‌های پشتیان دارای عملکردهای تغذیه‌ای، محافظت و پشتیبانی برای سلول‌های اسپرم ساز هستند. آنها همچنین،

¹ - Subsurface cisternae

سلول‌های اسپرم ساز دژنره شده و اجسام باقیمانده^۱ جدا شده سلول‌های اسپرماتید را فاگوسیتوز کرده، همچنین، اسپرم‌ها را به درون حفره لوله‌های اسپرم ساز آزاد می‌کنند (اسپرمیشن). آنها واسطه عملکرد FSH و تستوسترون بر روی سلول‌های جنسی بوده، در همزمانی وقایع اسپرماتوزنی شرکت دارند و اجزاء مایع داخل لوله‌ای مانند ترانسفرین^۲، پروتئین متصل به آندورژن^۳ و اینهبین^۴ را ترشح می‌کنند.

سلول‌های اسپرماتوژنیک

سلول‌های اسپرماتوژنیک، که دارای مراحل مختلفی در تکامل و تمایز اسپرم می‌باشند، در میان سلول‌های پشتیبان قرار گرفته اند. مراحل متوالی تکامل اسپرماتوزوآ از سلول‌های اسپرماتوگونی، اسپرماتوژنز^۵ یا اسپرم سازی نامیده شده و به ۳ مرحله تقسیم می‌شود: (a) اسپرماتوسیتوز^۶، فرآیندی است که در طی آن سلول‌های اسپرماتوگونی چندین مرتبه به روش میتوز تقسیم شده و در نهایت به اسپرماتوسیت‌های اولیه تکامل می‌یابند. (b) میوز، تقسیم بلوغی اسپرماتوسیت‌ها که باعث ایجاد اسپرماتیدهایی با تعداد کروموزوم‌های کاهش یافته (هاپلوئید) می‌شود و (c) اسپرمیوژنز^۷، فرآیند تبدیل اسپرماتیدها به اسپرم می‌باشد. طول مدت اسپرماتوزنز در گراز نر تقریباً ۳۹ روز، در گاو نر، گوسفند نر و نریان ۵ روز و در سگ ۵۵ روز است.

از بین رفتن سلول‌های جنسی در طی اسپرماتوسیتوزنز، از طریق آپوپتوز (مرگ سلولی) یا دژنره شدن، کم است اما بین ۶ تا ۱۸ درصد سلول‌ها را در طی دو تقسیم میوزی در بافت پوششی اسپرم ساز نشخوارکنندگان، متاثر می‌کند. دلیل اصلی این کاهش، آزاد شدن سلول‌ها به درون حفره‌های لوله‌ها در طی دومین تقسیم میوزی

¹- Residual bodies

²- Transferrin

³- Androgen-binding protein

⁴- Inhibin

⁵- Spermatogenesis

⁶- Spermatocytogenesis

⁷- Spermiogenesis

است. در نتیجه، سلول‌های جنسی جدا شده، به طور منظم در درون حفره سیستم مجاری خارج کننده بیضه‌ای مشاهده می‌شوند.

علاوه بر جمعیت سلولی شرکت کننده در اسپرماتوژنز (جمعیت چرخه‌ای^۱)، بافت پوششی اسپرماتوژنی حاوی لاین‌های سلولی بنیادی و پیش ساز اسپرماتوگونی جداگانه‌ای نیز هستند که تضمین کننده انجام بی وقفه اسپرماتوژنز بوده و قادر به سازگاری با تغییرات مورد نیاز می‌باشند. سلول‌های بنیادی و پیش ساز اسپرماتوگونی از لحاظ ظاهری بسیار شبیه به اسپرماتوگونی‌های چرخه‌ای بوده و آنها نیز در بخش قاعده‌ای لوله قرار گرفته اند.

اسپرماتوسیتوژنز

در طی اسپرماتوسیتوژنز، اسپرماتوگونی‌ها به روش میتوز تکثیر شده و منجر به ایجاد اسپرماتوگونی‌های نوع A، I (بینابینی) و B و در نهایت اسپرماتوسیت‌های اولیه در مرحله پری لپتوتن^۲ می‌شوند. اسپرماتوسیت‌های اولیه تقسیم میتوزی دیگری انجام نمی‌دهند، بلکه در عوض دو تقسیم میوزی انجام می‌دهند که منجر به افزایش چهار برابری تعداد سلول‌های جنسی می‌شود. بنابراین تعداد اسپرم‌هایی که از یک سلول اسپرماتوگونی A ایجاد می‌شوند، قطعاً تحت تاثیر میزان تکثیر اسپرماتوگونی‌ها در طی اسپرماتوسیتوژنز می‌باشد. در بیشتر پستانداران، تعداد متغیری از نسل‌های اسپرماتوگونی A، توسط یک نسل اسپرماتوگونی I (بینابینی) و یک نسل اسپرماتوگونی B دنبال می‌شوند. در یک قطعه لوله‌ای مشخص، تعداد کمی اسپرماتوگونی A به طور نامنظم پراکنده شده اند. سلول‌های دختری حاصل از میتوزهای A و I به اطراف رانده می‌شوند تا به طور یکسان پراکنده شوند. اسپرماتوگونی‌های A از سایر اسپرماتوگونی‌ها بزرگتر بوده و ناحیه تماسی وسیعی با غشاء پایه لوله‌ای دارند. این سلول‌ها دارای هستک‌های برجسته و همچنین هسته‌ای با ظاهر روشن یا ابری هستند.

¹- Cycling population

²- Preleptotene

اسپرماتوگونی‌های کوچک B دارای هسته ی کرووی حاوی ذرات کروماتینی فراوان و هستک‌های غیر دائمی هستند. بیشتر اسپرماتوگونی‌ها در یک قطعه لوله‌ای مشخص، بوسیله زوائد سیتوپلاسمی به هم متصل هستند و شبکه‌ای متشکل از سلول‌های منفرد را تشکیل می‌دهند. تقسیم میتوزی اسپرماتوگونی‌های B منجر به ایجاد اسپرماتوسیت‌های اولیه در مرحله پری لپتوتن می‌شوند. این سلول‌ها و سلول‌های حاصل از آنها به وسیله پل‌های سیتوپلاسمی به هم متصل بوده و تا کمی قبل از اسپرمیشن، تشکیل یک سنسشیوم را می‌دهند. اسپرماتوسیت‌های اولیه در مرحله ی پری لپتوتن به تدریج ارتباط خود را با غشاء پایه از دست می‌دهند و با عبور از اتصالات بین سلولی میان سلول‌های پشتیبان به درون بخش جنب حفره‌ای لوله‌ای، انتقال می‌یابند. در اسپرماتوسیت‌های اولیه در مرحله پری لپتوتن، دی اکسی ریبونوکلیک اسید هسته‌ای (DNA) تکثیر یافته و همه کروموزوم‌ها از دو کروماتید خواهری تشکیل می‌شوند.

میوز

در طی میوز، دو تقسیم هسته‌ای متوالی انجام می‌گیرد، که منجر به ایجاد چهار اسپرماتید هاپلویدی از یک اسپرماتوسیت اولیه می‌شود. اسپرماتوسیت‌های اولیه بزرگترین سلول‌های اسپرماتوژنی در بافت پوششی لوله‌ای هستند و در موقعیت بینابینی، میان سلول‌های اسپرماتوگونی و اسپرماتید قرار دارند. از آنجای که پروفاز اولین تقسیم بلوغی، بسیار طولانی است، دو نسل از اسپرماتوسیت‌های اولیه در بسیاری از مقاطع لوله‌ای حضور دارند. متافاز، آنافاز و تلوفاز اولین تقسیم بلوغی به سرعت رخ می‌دهند. در طی این مراحل، کروموزوم‌های جفت شده در صفحه استوایی سلول چیده می‌شوند. سپس کروموزوم‌های هومولوگ به سمت قطب‌های مخالف سلول حرکت می‌کنند، تا در اسپرماتوسیت‌های ثانویه دارای نصف تعداد کروموزوم‌ها ولی به صورت دو کروماتیدی (دیاد) هستند، توزیع شوند. اسپرماتوسیت‌های ثانویه عمر کوتاهی داشته (چند ساعت)، اندازه آنها متوسط و بین اسپرماتوسیت‌های اولیه در مرحله دیپلوتن و اسپرماتیدهای کرووی است. بعد از یک اینترفاز کوتاه، که در طی آن نسخه برداری مواد ژنتیکی رخ نمی‌دهد، اسپرماتوسیت‌های ثانویه دومین تقسیم بلوغی با یک پروفاز کوتاه و به دنبال آن متافاز، آنافاز و تلوفازی مشابه این مراحل در تقسیمات میتوز را انجام می‌دهند. در طی این تقسیمات سانترومرها تقسیم می‌شوند

و کروماتیدهای خواهری اسپرماتوسیت‌های ثانویه جدا شده و در اسپرماتیدهای حاصل از تقسیم پخش می‌شوند. بنابراین این سلول‌ها دارای یک سری هاپلوپیدی از کروموزوم‌های تک رشته‌ای هستند.

اسپرمیوژنز

فرآیندی که طی آن دستجات متصل به هم اسپرماتیدهای تازه تشکیل شده به اسپرم‌های بیضوی تمایز می‌یابند، اسپرمیوژنز گفته می‌شود. مهمترین تغییرات ظاهری در طی اسپرمیوژنز شامل تشکیل آکروزوم، تراکم کروماتین هسته، رشد یک دم متحرک و از بین رفتن مواد اضافی اسپرماتید (سیتوپلاسم، آب، اندامک‌ها) که برای اسپرماتوزوا آینده ضروری نیستند، می‌باشند.

اسپرمیوژنز به مراحل شامل فاز گلژی^۱، فاز کلاهک^۱، فاز آکروزومی و فاز بلوغ تقسیم می‌شود. در مقاطع بافتی، فازهای گلژی و کلاهک با هسته کروی مشخص می‌شوند، درحالی‌که فازهای آکروزومی و بلوغ دارای هسته کشیده و دراز هستند.

در طی فاز گلژی، دانه‌های پروآکروزومی (پیش آکروزومی) در وزیکول‌های گلژی ظاهر می‌شوند و در نهایت به هم متصل شده و یک دانه آکروزومی منفرد در داخل یک وزیکول آکروزومی منفرد را ایجاد می‌کنند. دو ساختار به دندانه‌های هسته متصل می‌شوند، بنابراین قطب قدامی سر اسپرم آینده را مشخص و نشانه گذاری می‌کنند. در طی فاز کلاهک، وزیکول آکروزومی رشد کرده و کلاهک راسی را که دو سوم قدامی هسته را می‌پوشاند، ایجاد می‌کند. در انتهای این فاز، اسپرماتیدها که هنوز کروی هستند، قطبی شده و هسته و کلاهک راسی به سمت خارج از مرکز تغییر مکان می‌دهند. دو سانتریول در قطب خلفی هسته آرایش می‌یابند و سانتریول خلفی به تاژک در حال رشدی تبدیل می‌شود.

¹ - Cap phase

در ابتدای فاز آکروزومی، هسته و جسم سلولی در امتداد جهت قدامی خلفی، شروع به کشیده شدن می‌کنند. به طور هم زمان، اسپرماتیدها می‌چرخند و بنابراین هسته به سمت محیط لوله و دم در حال تکامل به سمت حفره قرار می‌گیرند. اسپرماتیدها که تا قبل از این، توسط زوائد جانبی سلول‌های سرتولی از یکدیگر جدا شده بودند، اکنون در فررفتگی‌های راسی این سلولها قرار می‌گیرند. با شروع کشیده شدن هسته، هیستون‌های هسته‌ای، که مسئول آرایش نوکلئوزومی طبیعی DNA هسته‌ای هستند، به تدریج به وسیله پروتئین‌های بازی (پروتامین‌ها) جایگزین می‌شوند که باعث متراکم شدن کروماتین می‌شود. پس از این تراکم، رونویسی DNA غیر فعال شده و در برابر تاثیر مواد مضر مقاوم می‌شود. در طی لقاح پروتامین‌ها باید پیش از نامتراکم شدن کروماتین، با هیستون‌ها جایگزین شوند. این هیستون‌ها به وسیله اووسیت فراهم می‌شود.

در طی فاز بلوغ، تراکم هسته کامل می‌شود. در قطعه میانی آینده اسپرماتوزوآ، تعداد زیادی از میتوکندری‌ها با آرایش مارپیچی در اطراف آکسونم تجمع می‌یابند. سیستم رشته‌های خارجی و غلاف فیبروزی مربوط به قطعه اصلی آینده تکامل می‌یابد. حجم اسپرماتید در انتهای مرحله بلوغ، تنها در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد حجم اسپرماتید فاز کلاهدک است. معمولاً فرایند اتولیز مسئول این کاهش است. در گاو، زوائد سلول‌های پشتیبان که با اسپرماتید اتصال دارند، در جذب مواد اسپرماتید مشارکت می‌کنند. قبل از آزاد شدن اسپرم‌ها به حفره، پل‌های سیتوپلاسمی بین اسپرماتیدهای فاز بلوغ، قطع شده و سیتوپلاسم اضافه به صورت اجسام باقیمانده جدا می‌شوند. اجسام باقیمانده دارای سرنوشت‌های مختلفی هستند. آنها ممکن است به وسیله سلول‌های پشتیبان فاگوسیتوز شوند، در درون حفره لوله ناپدید شوند یا زمانیکه به لبه راسی بافت پوششی لوله می‌رسند، دستخوش اتولیز سریع شوند. قسمت‌های کوچک باقیمانده از سیتوپلاسم اسپرماتید، به نام قطرات سیتوپلاسمی اسپرم جوان، در طی عبور اپیدیدیم حذف می‌شوند.

اسپرماتوزوآ (اسپرم)^۱

طول اسپرماتوزوآ تقریباً از ۶۰ میکرومتر (در گراز نر و نریان) تا ۷۵ میکرومتر (در نشخوارکنندگان) متغیر است. در زیر میکروسکوپ نوری، اسپرماتوزوآ از دو قسمت سر و دم تشکیل شده است. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی، دم خود به قطعاتی شامل گردن، قطعه میانی، قطعه اصلی و قطعه انتهایی تقسیم می‌شود (تصویر ۲).

شکل هسته و آکروزوم تعیین کننده شکل سر اسپرماتوزوآ می‌باشد که وابسته به گونه بوده و در معرض تغییرات زیادی قرار دارد. قطب قدامی هسته به وسیله کلاهک آکروزومی دارای غشاهای آکروزومی خارجی و داخلی که در انتهای خلفی به هم متصل شده اند، پوشیده شده است. کلاهک آکروزوم دارای آنزیم‌های هیدرولیتیک و پروتولیتیک (مانند آکروزین) متعددی است، که در هنگام واکنش آکروزومی اسپرماتوزوآی ظرفیت گیری شده^۲ درلوله رحمی، آزاد می‌شوند. آنزیم‌های آکروزومی جهت نفوذ به پرده شفاف^۳ در طی لقاح لازم هستند. قسمت خلفی آکروزوم با نازک شدن کلاهک و تراکم محتویات آن مشخص می‌شود. این منطقه، قطعه استوایی آکروزوم است. قاعده هسته به وسیله غلاف پس آکروزومی^۴ که متشکل از پروتئین‌های رشته‌ای غنی از سولفور می‌باشند، احاطه شده است. در اسپرم مرده، این غلاف با رنگ‌های ویژه‌ای هم چون ائوزین یا بروموفنل آبی به خوبی رنگ می‌گیرد. این واکنش جهت ارزیابی کیفیت انزال به کار می‌رود. غشای پلاسمایی ناحیه پس آکروزومی سر حاوی مولکول‌های رسپتور ضروری جهت شناسایی اووسیت هومولوگ است. در سطح خلفی سر اسپرم، پوشش هسته‌ای شیار موجود در محلی که دم به شکل مفصلی وارد سر می‌شود، را می‌پوشاند.

سر

شکل هسته و آکروزوم، شکل سر اسپرماتوزوآ را تعیین می‌کنند که وابسته به گونه بوده و دارای تنوع زیادی است. قطب قدامی هسته توسط کلاهک آکروزومی با غشاء آکروزومی داخلی و خارجی که در انتهای خلفی با هم یکی

^۱- Spermatozoon

^۲- Capacitated spermatozoa

^۳- Zona pellucida

^۴- Postacrosomal sheet

می شوند، پوشیده شده است. کلاهک آکروزومی حاوی آنزیم های هیدرولیتیک و پروتولیتیک (مانند آکروزین) می باشد که در هنگام واکنش آکروزومی اسپرماتوزوآ بار دار شده^۱ در لوله رحمی آزاد می شوند. آنزیم های آکروزومی برای نفوذ به پرده شفاف در هنگام لقاح مورد نیاز می باشند. ناحیه خلفی آکروزوم به وسیله باریک شدن کلاهک و متراکم شدن محتویات آن، مشخص می شود. این ناحیه، قطعه چهارم آکروزوم می باشد. قاعده هسته به وسیله غلاف پس آکروزومی احاطه شده است که از پروتئین های رشته ای غنی از سولفور تشکیل شده است. در اسپرماتوزوآ مرده غلاف با رنگ های خاصی مانند ائوزین و بروموفنل آبی به شدت رنگ آمیزی می شود. این واکنش برای ارزیابی کیفیت منی انزالی استفاده می شود. غشاء پلاسمایی ناحیه پس آکروزومی سر اسپرماتوزوآ حاوی مولکول های گیرنده مورد نیاز برای تشخیص اووسیت همولوگ می باشد. در سطح خلفی سر اسپرماتوزوآ، غشاء هسته دارای یک شکاف کاشتن^۲ است که دم اسپرماتوزوآ به همانند یک مفصل^۳ در آن قرار می گیرد.

گردن

گردن ساختاری نسبتاً کوتاه و باریک است که بین سر و قطعه میانی قرار داشته و از یک سانتیول مرکزی و ۹ رشته زیر محیطی با آرایش طولی (قطعه اتصالی) تشکیل شده که این رشته ها به رشته های متراکم خارجی قطعه میانی امتداد پیدا می کنند.

قطعه میانی^۴

مرکز قطعه میانی، ویژگی های ساختاری یک تاژک را دارد: دو میکروتوبول مرکزی و نه زوج میکروتوبول محیطی، کمپلکس رشته ای محوری را تشکیل می دهند، که توسط نه رشته نواری شکل خارجی با آرایش طولی که به رشته های قطعه اتصالی گردن متصل هستند، احاطه شده اند. این رشته ها خود، توسط میتوکندری هایی با آرایش مارپیچی احاطه شده اند. در نشخوارکنندگان، مارپیچ میتوکندری دارای تقریباً ۴۰ پیچ خوردگی است. یک

1- Capacitated

2- Implantation groove

3- Jointlike

4- Middle piece

ضخیم شدگی حلقوی شکل در غشاء پلاسمایی قطعه میانی به نام حلقه^۱، حدود بین قطعه میانی و قطعه اصلی را مشخص می‌کند.

قطعه اصلی^۲

قطعه اصلی طولترین قسمت اسپرم است. کمپلکس رشته‌ای محوری دارای ساختاری مشابه قطعه میانی بوده و به وسیله رشته‌های خارجی امتداد یافته از قطعه میانی، احاطه شده است. اندازه و شکل رشته‌ها در معرض تغییر بوده و به تدریج به سمت انتهای قطعه اصلی باریک می‌شوند. شیارهای نیم‌دایره‌ای از پروتئین‌های ساختاری با آرایش مارپیچی، با دو رشته خارجی ترکیب شده و غلاف فیبروزی محیطی قطعه اصلی را تشکیل می‌دهند.

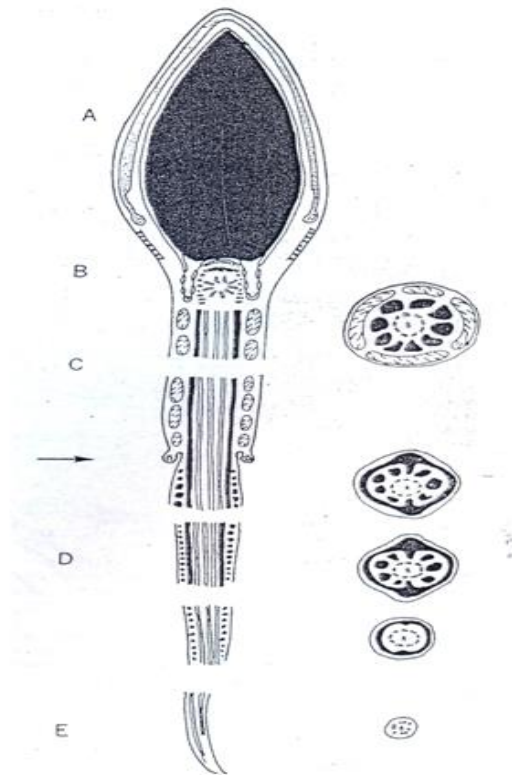
قطعه انتهایی^۳

انتهای غلاف رشته‌ای نشانه محل شروع قطعه انتهایی است که فقط حاوی کمپلکس رشته‌ای محوری می‌باشد. در سمت قدامی قطعه انتهایی، این کمپلکس دارای نه زوج محیطی می‌باشد، در حالیکه در قسمت خلفی به تدریج این نه زوج کاهش یافته تا به صورت منفرد درآمده و در سطوح مختلف خاتمه می‌یابند.

¹ - Annulus

² - Principle piece

³ - End piece



تصویر ۲- تصویر شماتیک اسپرماتوزوآ. چپ: مقطع طولی، راست: مقاطع عرضی در سطوحی که گرفته شده‌اند، قرار دارند. A. سر حاوی هسته بوده و به وسیله آکروزوم پوشیده شده است. به قطعه استوایی آکروزوم و غلاف پس آکروزومی توجه شود. B. گردن. C. قطعه میانی با کمپلکس رشته‌ای محوری مرکزی، شامل نه رشته متراکم خارجی و میتوکندری‌های اطراف. قطعه میانی در حلقه خاتمه می‌یابد. D. قطعه اصلی که در آن رشته‌های متراکم خارجی توسط غلاف فیبروزی احاطه شده‌اند، این رشته‌ها قبل از رسیدن به انتهای قطعه اصلی از بین می‌روند. E. در قطعه انتهایی، میکروتوبول‌های کمپلکس رشته‌ای محوری در سطوح مختلف، خاتمه می‌یابند.

لوله‌های بیضوی مستقیم^۱

در همه پستانداران اهلی، اکثر لوله‌های اسپرم ساز پیچیده به لوله‌های بیضوی مستقیم که به شبکه بیضوی^۲ متصل هستند، ختم می‌شوند. لوله‌های بیضوی مستقیم معمولاً کوتاه بوده و دارای یک مسیر مستقیم می‌باشند.

^۱ - Straight testicular tubules or tubuli recti

^۲ - Rete testis

در نریان و گراز نر، برخی از لوله‌های اسپرم ساز پیچیده به محیط بیضه منتهی شده و به وسیله لوله‌های بیضوی مستقیم و بلندی که در تیغه‌های بیضوی واقع شده اند، به شبکه بیضوی متصل می‌شوند. قطعات انتهایی لوله‌های اسپرم ساز پیچیده متشکل از سلولهای پشتیبان تغییر یافته‌ای است که تا مجرای لوله کشیده شده و راس آنها به درون قسمت فنجانی شکل ابتدای لوله‌های بیضوی مستقیم برآمدگی پیدا می‌کند. همه اسپرماتوزآها در مسیر خود به سمت لوله‌های مستقیم باید از شکاف‌های باریک بین سلولی میان سلول‌های پشتیبان تغییر یافته مجاور، عبور کنند. قطعه پایانی احتمالاً دارای وظیفه دیگری هم است که شامل عملکرد آن به عنوان یک دریچه جهت ممانعت از بازگشت مایع شبکه بیضوی به درون لوله‌های اسپرم ساز، می‌باشد. لوله‌های بیضوی مستقیم توسط بافت پوششی سنگفرشی تا استوانه‌ای ساده پوشیده شده است. در گاو نر، بافت پوششی مکعبی ساده، بخش قدامی لوله‌های مستقیم و بافت پوششی استوانه‌ای ساده، بخش خلفی آنها را می‌پوشاند. این بافت پوششی حاوی سلول‌های ماکروفاژ و لنفوسیت فراوان بوده و قادر به فاگوسیتوز کردن اسپرم می‌باشد.

شبکه بیضوی

کانال‌های متصل به هم نامنظمی که توسط بافت همبند سستی احاطه شده اند، شبکه بیضوی را تشکیل می‌دهند. بیشتر شبکه درون مدیاستن بیضه قرار دارد، ولی بخش‌های داخل طبقه‌ای^۱ و خارج بیضوی کوچکی نیز وجود دارند. شبکه بیضوی توسط بافت پوششی سنگفرشی تا استوانه‌ای ساده پوشیده شده است. رشته‌های الاستیک و سلول‌های انقباضی زیر بافت پوششی قرار دارند. بیشتر مایعات بیضوی، که در سر اپیدیدیم بازجذب می‌شوند، در شبکه بیضوی تولید می‌شوند (تقریباً ۴۰ میلی لیتر در روز در قوچ). ترکیب مایعات شبکه بیضوی نسبت به مایعات لوله‌های اسپرم ساز، لنف بیضه و پلاسمای خون متفاوت است

اپیدیدیم

¹ - Intratunical

اپیدیدیم در پستانداران، یک اندام جنسی ضمیمه متحرک است که جهت حفظ و نگهداری حالت تمایز یافته بافت پوششی خود، به آندروژن‌های بیضوی وابسته می‌باشد. اپیدیدیم متشکل از چندین (۸ تا ۲۵) لوله وایران و یک مجرای اپیدیدیمیدیس^۱ مارپیچی و طویل تشکیل شده است. از نظر ماکروسکوپی، اپیدیدیم به سه قسمت سر، بدنه و دم تقسیم شده و توسط سفیدپرده ضخیمی از بافت همبند سخت نامنظم که خود به وسیله لایه احشایی تونیکا واژینالیس پوشیده شده، احاطه شده است. در نریان، سفیدپرده دارای تعداد کمی سلول‌های عضله صاف می‌باشد که در سراسر بافت همبند سخت پراکنده هستند.

مجاری وایران^۲

بین ۸ تا ۲۵ مجرای وایران که در نواحی مختلف دارای قطرهای متفاوتی هستند، شبکه بیضوی را به لوله اپیدیدیمیدیس متصل می‌کنند. مجاری در لوبول‌های کوچکی (مخروط‌های عروقی^۳) که دارای مرزهای قابل تمایزی از بافت همبند هستند، جمع شده اند. معمولاً، یک مرز مشخص بین بافت پوششی شبکه بیضوی و مجاری وایران وجود دارد. بافت پوششی مجاری وایران از نوع استوانه‌ای ساده بوده و متشکل از سلول‌های مژه دار و سلول‌های اصلی فاقد مژه می‌باشد. سلول‌های تک هسته آزاد پراکنده که به ناحیه اپیتلیالی قاعده‌ای هجوم برده اند، به اشتباه به عنوان سومین نوع سلول‌ها توصیف شده اند. سلول‌های مژه دار (هسته‌های ردیف بالا)، به حرکت اسپرم‌های به سمت مجرای اپیدیدیمیدیس کمک می‌کنند. سلول‌های اصلی فاقد مژه (هسته‌های ردیف پایین)، یک لبه مسواکی دارای میکروویلی و ویژگی‌های ظاهری اندوسیتوز فاز مایع (پینوسیتوز)، با چرخه مجدد غشاء مانند فرورفتگی‌های پوشش دار پینوسیتوزی، وزیکول‌های پوشش دار و انتقالی و آندوزوم‌ها را نشان می‌دهند. بیشتر سلول‌های اصلی فاقد مژه علاوه بر ایجاد جریان آب بر اساس فشار اسمزی از طریق انتقال سلولی یون‌ها، در

^۱- Epididymidis

^۲- Ductuli efferentes

^۳- Coni vasculosi

فرآیند بازجذب مشارکت کرده و پس از بازجذب و هضم مایع و ماکرومولکول‌های درون مجرا، ممکن است حاوی اجسام باقی مانده کروی PAS مثبت باشند. سایرین سلول‌ها ممکن است دارای فعالیت ترشحی باشند. گاهی اشکال بینابینی میان سلول‌های مژه دار و فاقد مژه نیز مشاهده می‌شود.

نسبت بین سلول‌های مژه دار و اصلی فاقد مژه، در طول مجرا متغیر است، ولی تعداد سلول‌های مژه دار به سمت مجرای اپیدیدیم افزایش می‌یابد. بافت پوششی مجاری، توسط ۳ تا ۶ لایه از سلول‌های میوفیبروبلاست با آرایش سست و بافت همبند احاطه شده است. مجاری و ابران و بخش‌های ابتدایی مجرای اپیدیدیمیدیس، سر اپیدیدیم را تشکیل می‌دهند.

مجرای اپیدیدیمیدیس

مجرای اپیدیدیمیدیس، بسیار پیچ خورده و مارپیچی است. طول مجرا دارای تفاوت‌های بین گونه‌ای قابل توجهی بوده و در گاو نر و گراز نر ۴۰ متر و در نریان ۷۰ متر برآورد شده است. با وجود این تفاوت‌ها، به نظر می‌رسد که در بیشتر گونه‌های پستانداران، انتقال اسپرم در طول اپیدیدیم به ۱۰ تا ۱۵ روز نیاز داشته باشد. تعداد آنها به سمت دم اپیدیدیمیدیس افزایش می‌یابد، پوشیده شده است. در حیوانات دارای تولید مثل فصلی مانند شتر، ضخامت بافت پوششی اپیدیدیم و تراکم عصب رسانی لایه عضلانی، تغییرات وسیعی را در طول سال نشان می‌دهد. همواره دو نوع سلول در بافت پوششی اپیدیدیم همه پستانداران اهلی وجود دارند: سلول‌های استوانه‌ای اصلی و سلول‌های قاعده‌ای کوچک و چندوجهی. در بسیاری از گونه‌ها، انواع دیگری از سلول‌ها مانند سلول‌های راسی و سلول‌های روشن نیز وجود دارند. لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها نیز در بافت پوششی، مشاهده می‌شوند.

معمولاً سلول‌های اصلی موجود در سر اپیدیدیم، نسبت به سایر قسمت‌های اندام، بلندتر هستند. سطح راسی این سلول‌های استوانه‌ای دارای میکروویلی‌های طویل و گاهی منشعب به نام مژه‌های ثابت هستند، که به تدریج به سمت دم اپیدیدیم کوتاه تر می‌شوند. ایجاد فرورفتگی‌های پینوسیتوزی در قاعده میکروویلی‌ها و وجود وزیکول‌های پوشش دار و اجسام چند وزیکولی در سیتوپلاسم راسی، نشان می‌دهد که بافت پوششی اپیدیدیم دارای ظرفیت

جذبی بالایی است. بسیاری از مایعاتی (بیش از ۹۰ درصد) که از بیضه خارج می‌شوند، در مجاری وابران و بخش قدامی مجرای اپیدیدیم بازجذب می‌شوند. پروتئین متصل شونده به آندروژن^۱ و اینهیبین که توسط سلول‌های پشتیبان لوله‌های اسپرم ساز تولید می‌شوند، همچنین در قطعه ابتدایی مجرای اپیدیدیمیدیس بازجذب می‌شوند. ترشح مواد مختلفی مانند گلیسروفسفریل کولین و گلیکوپروتئین‌هایی نظیر فسفاتاز و گلیکوزیداز نیز به خوبی انجام می‌شود.

اسپرم‌هایی که بیضه را ترک می‌کنند، فاقد قدرت تحرک و باروری هستند، درحالی‌که اسپرم‌هایی که از اپیدیدیم خارج می‌شوند قدرت تحرک و باروری را به دست آورده اند. اسپرم‌ها در طی عبور از مجرای اپیدیدیمیدیس، دچار تغییرات ظاهری و عملکردی می‌شوند که باعث می‌شود تا زمان رسیدن آنها به دم، از کل ظرفیت باروری بهره مند شوند. تغییر عملکرد اسپرم شامل، (a) تکامل حرکت پیشرونده، (b) اصلاح متابولیسم آنها، (c) تغییر ویژگی‌های سطح غشاء پلاسمایی (فعال سازی مولکول‌های متصل شونده به غشاء که در طول فرآیند لقاح برای شناسایی مورد نیاز هستند)، (d) ثبات غشاء پلاسمایی از طریق اکسیداسیون گروه‌های سولفیدریل شرکت کننده و (e) حرکت به سمت دم و سرانجام از دست دادن قطرات سیتوپلاسمی باقیمانده از سیتوپلاسم اسپرماتید، می‌باشد. اسپرم‌های دارای قطرات باقی مانده، احتمالاً نابارور هستند. اسپرم‌هایی که به بلوغ کامل رسیده اند، می‌توانند برای مدت بسیار طولانی تر از مدت زمان بقای آنها در دمای مشابه در شرایط آزمایشگاهی، در دم اپیدیدیم ذخیره شوند. اسپرم‌های اپیدیدیمی، قادر به حمل محدوده وسیعی از آنتی ژن‌های قوی و تحریک شروع یک واکنش خودایمنی به وسیله آنتی بادی‌های آنتی اسپرم هستند. معمولاً یک سد موثر خونی-اپیدیدیمی از این پدیده جلوگیری می‌کند. معادل این سد از لحاظ ظاهری در کمپلکس‌های اتصال بافت پوششی راسی، که حاوی یکی از تکامل یافته ترین اتصالات محکم می‌باشند، وجود دارد.

¹ - Androgen-binding protein

مجرای دفران^۱

مجرای اپیدایمیدیس، پس از یک خمیدگی تند در انتهای دم، به تدریج به صورت مستقیم درآمده و ویژگی‌های بافتی مجرای وبران را پیدا می‌کند. در نریان و نشخوارکنندگان، مجرای وبران با مجرای خروجی غده وزیکولی، متحد شده و یک مجرای انزالی^۲ (مجرای خارج کننده منی) کوتاه را تشکیل می‌دهند، که در محل کولیکولوس سمینالیس^۳ درون پیشابراه باز می‌شود. بافت پوششی مطابق کاذب پوشاننده مجرای انزالی گاو، حاوی اسپرم است. در گراز نر، مجرای دفران و مجرای خروجی به طور جداگانه درون پیشابراه باز می‌شوند. گوشتخواران فاقد غده وزیکولی هستند، بنابراین فقط مجرای دفران درون پیشابراه باز می‌شود.

مخاط مجرای دفران توسط بافت پوششی استوانه‌ای مطابق کاذب، مشابه مجرای اپیدایمیدیس، ولی دارای تعداد بیشتری سلول‌های قاعده‌ای، پوشیده شده است. ممکن است بافت پوششی به سمت انتهای مجرا، به استوانه‌ای ساده تبدیل شود. در نزدیکی اپیدیدیم، سلول‌های استوانه‌ای دارای میکروویلی‌های کوتاه و منشعب هستند. در گاو نر، قطرات لیپیدی کوچکی در سلول‌های قاعده‌ای وجود دارند. بافت همبند سست پارین-زیرمخاط، حاوی عروق خونی، سلول‌های فیبروبلاست و رشته‌های الاستیک فراوان و شبکه‌ای از اعصاب کولینرژیک می‌باشد. در حالیکه طبقه عضلانی به طور وسیعی توسط رشته‌های سمپاتیکی پس عقده‌ای، عصب دهی می‌شود. در نریان و گاو نر و گراز نر، طبقه عضلانی از لایه‌های مورب، طولی و حلقوی به صورت در هم آمیخته و در نشخوارکنندگان کوچک و گوشتخواران از یک لایه حلقوی داخلی و یک لایه طولی خارجی، تشکیل شده است. طبقه سروزی با اجزاء معمول خود، اندام را می‌پوشاند.

بخش انتهایی مجرای دفران بدون توجه به تشکیل آمپولا (نریان، نشخوارکنندگان و سگ) و یا عدم تشکیل آمپولا (گراز و گربه)، یکی از غدد ضمیمه نر است. پارین-زیر مخاط این بخش، حاوی غدد لوله‌ای-آلوئولی منشعب

¹- Ductus deferens

²- Ejaculatory duct

³- Colliculus seminalis

ساده است. در نریان و گاو نر و قوچ، این غدد به ویژه سراسر پارین - زیر مخاط مملو از سلول‌های عضلانی صاف، را اشغال می‌کنند. در سگ و گوزن، این غدد توسط بافت همبند اطراف غده‌ای فاقد سلول‌های عضلانی صاف، احاطه شده اند. بافت پوششی غدد، از سلول‌های استوانه‌ای بلند با هسته بیضی تا سلول‌های مکعبی با هسته کروی متفاوت است. غالباً برآمدگی‌های حبابی شکلی که مربوط به فعالیت‌های ترشحی هستند، در راس این سلول‌ها مشاهده می‌شود. سلول‌های قاعده‌ای چندوجهی یا کروی، به طور نامنظمی میان سلول‌های استوانه‌ای پراکنده شده اند. در نشخوارکنندگان، بافت پوششی غده‌ای مملو از گلیکوژن بوده و سلول‌های قاعده‌ای حاوی قطرات لیپیدی با اندازه‌های متفاوت می‌باشند. قطرات لیپیدی، همچنین در سلول‌های استوانه‌ای گاو نیز وجود دارند. در سلول‌های قاعده‌ای گاو ممکن است لیپیدها متراکم شده و شکل ظاهری سلول‌های چربی را ایجاد کنند. طبقه عضلانی بخش انتهایی مجرای دفران متشکل از دستجات عضله صاف با آرایش متغیر می‌باشد که توسط بافت همبند سست پر عروق طبقه ادوانتیس احاطه شده است. حفره بخش غده‌ای مجرای دفران و مدخل وسیع غدد درون حفره، در همه حیوانات اهلی حاوی تعداد قابل توجهی اسپرم می‌باشد. در گاو، این مقدار برای حداقل یک بار انزال طبیعی، پس از اخته کردن^۱ یا وازکتومی کافی است.

غدد ضمیمه^۲

مایع انزال^۳ شامل اسپرماتوزوآ و پلاسمای منی که ترکیبی از ترشحات اپیدیدیم و غدد ضمیمه دستگاه تناسلی نر است، می‌باشد. این غدد شامل: (a) بخش غده‌ای مجرای دفران، که همراه با مجرای دفران توضیح داده شده است، (b) غده وزیکولی، (c) پروستات و (d) غده کوپر می‌باشند. تمام غدد ضمیمه در نریان، نشخوارکنندگان و گراز نر وجود دارند. غدد وزیکولی در گوشتخواران و غده کوپر در سگ وجود ندارند.

^۱ - Castration

^۲ - Accessory glands

^۳ - Ejaculate

غده وزیکولی^۱

یک جفت غده وزیکولی، غدد لوله‌ای یا لوله‌ای-آلوئولی هستند. بافت پوششی غده، از نوع مطبق و دارای سلول‌های استوانه‌ای بلند و سلول‌های قاعده‌ای کوچک، کروی و غالباً پراکنده است. مجاری بین لوبولی و مجرای خروجی اصلی، توسط بافت پوششی مکعبی ساده و یا در اسب به وسیله بافت پوششی استوانه‌ای مطبق پوشیده شده است.

بافت همبند سست پر عروق پارین-زیر مخاط، به بافت همبند سخت تر تیغه‌ای، که ممکن است اندام را به لوب یا لوبول‌هایی تقسیم کند، امتداد می‌یابد. طبقه عضلانی با پهنای و آرایش متغیر، اندام را احاطه کرده و توسط طبقه سروزی یا طبقه ادوانتیس پوشیده شده است.

در نریان، غدد وزیکولی، واقعاً به صورت کیسه‌هایی دارای غدد لوله‌ای-آلوئولی منشعب کوتاه که به یک حفره مرکزی وسیعی باز می‌شوند، هستند که توسط تیغه‌های نازکی از بافت همبند دارای سلول‌های عضلانی با آرایش نا منظم، از هم جدا شده اند.

پروستات^۲

پروستات، متشکل از تعداد متغیری از غدد لوله‌ای-آلوئولی منفرد می‌باشد که از بافت پوششی پیشابراه لگنی مشتق شده اند. عمدتاً بر اساس توپوگرافی و تا حدی ساختار بافتی، دوبخش ممکن است در پروستات قابل تشخیص باشد: بدنه (جسم پروستات^۳) و بخش منتشر پروستات^۴. بدنه یا به طور کامل پیشابراه لگنی را در سطح

¹- Vesicular gland

²- Prostate

³- Corpus prostaticae

⁴- Pars disseminatae prostaticae

کولیکولوس سمینالیس، احاطه می‌کند یا بخشی از سطح پشتی آن را می‌پوشاند. بخش منتشر پروستات در پارین-زیر مخاط پیشابراه لگنی قرار گرفته است.

مجاری ترشحی، آلوئول‌ها و مجاری داخل غده‌ای پروستات، توسط بافت پوششی استوانه‌ای یا مکعبی ساده که گاهی حاوی سلول‌های قاعده‌ای است، پوشیده شده‌اند. بافت پوششی ساده به سمت انتهای مجاری، به بافت پوششی استوانه‌ای مطبق یا انتقالی تغییر می‌کند. بعضی از سلول‌های بافت پوششی دارای واکنش موکوسی مثبت بوده، بیشتر حاوی دانه‌های ترشحی پروتئینی^۱ می‌باشند. سلول‌های استوانه‌ای بلند دارای میکروویلی‌ها و گاهی برآمدگی‌های حبابی شکل سطحی هستند. گاهی، لایه‌های سخت متحدالمرکزی از مواد ترشحی به نام اجسام آمیلاسه^۲، در مجاری و آلوئول‌ها یافت می‌شوند. سیستم مجاری پروستات دارای اتساعات کیسه‌ای شکلی است که ممکن است مواد ترشحی در آن ذخیره شوند. پروستات توسط کپسولی از بافت همبند سخت نامنظم احاطه شده که حاوی تعداد زیادی سلول‌های عضله صاف در اطراف قسمت منتشر، که همچنین توسط عضله پیشابراهی مستقیم پوشیده می‌شود، می‌باشد. تیغه‌های بزرگی از کپسول منشاء گرفته و بدنه و بخش منتشر را به لوبول‌هایی تقسیم می‌کنند، که در بدنه غده عمدتاً عضلانی هستند. بخش‌ها و مجاری ترشحی پروستات به وسیله بافت همبند سستی که حاوی سلول‌های عضله صاف احاطه شده‌اند، که به ویژه در بدنه غده فراوان هستند.

غده کوپر (غده پیازی- پیشابراهی)^۳

دو غده کوپر در سطح پشتی جانبی پیشابراه آلت تناسلی، در پیاز آلت تناسلی^۴ قرار دارند. این غده، غده‌ای مرکب بوده، در گراز، گربه و گوزن لوله‌ای و در نریان، گاو و قوچ، لوله‌ای-آلوئولی می‌باشد و در سگ وجود ندارد. بخش‌های ترشحی غده کوپر، توسط بافت پوششی استوانه‌ای ساده بلند و گاهی سلول‌های قاعده‌ای پوشیده شده است این ترشحات به طور مستقیم و یا به وسیله قطعات متصل کننده پوشیده شده توسط سلول‌های پوششی

¹- Proteinaceous

²- Corpora amylacea

³- Bulbourethral gland

⁴- Bulb of the penis

مکعبی ساده با سیتوپلاسم تیره، به مجاری جمع کننده تخلیه می‌شوند. مجاری جمع کننده، توسط بافت پوششی مکعبی یا استوانه‌ای ساده پوشیده شده، به یکدیگر متصل شده و مجاری داخل غده‌ای بزرگتری بوجود می‌آورند که به وسیله بافت پوششی استوانه‌ای شبه مطابق پوشیده شده است. این مجاری خود، به یک (یا چند) مجرای کوپر با بافت پوششی انتقالی تخلیه می‌شوند.

غده توسط یک کپسول فیبروبلاستی حاوی مقادیر متفاوتی عضله مخطط، احاطه شده است. تیغه‌های منشاء گرفته از کپسول از بافت همبند سخت نامنظم و مقداری رشته عضلانی صاف و مخطط تشکیل شده اند. بافت بینابینی متشکل از بافت همبند سست و کمی رشته عضله صاف است.

پیشابراه^۱

پیشابراه جنس نر، به بخش‌های پروستاتی^۲، لگنی^۳ و آلت تناسلی^۴ تقسیم می‌شود. بخش پروستاتی از مثانه تا لبه خلفی بدنه پروستات، امتداد می‌یابد. بخش لگنی از لبه خلفی بدنه پروستات شروع شده و در محل ورود پیشابراه به پیاز آلت تناسلی، خاتمه می‌یابد، که از این قسمت پیشابراه آلت تناسلی تا منفذ پیشابراهی خارجی امتداد می‌یابد.

تمام مخاط پیشابراه دارای چین‌های طولی می‌باشد که در طی نعوظ^۵ یا ادرار^۶ صاف یا ناپدید می‌شوند. در پیشابراه پروستاتی، یک چین پشتی میانی ثابت به نام ستیغ پیشابراهی^۷ وجود دارد، که به صورت یک اتساع جزئی به نام کولیکولوس سمینالیس، خاتمه می‌یابد. در این قسمت، این مجاری به پیشابراه باز می‌شوند: مجرای

¹ - Urethra

² - Prostatic urethra

³ - Pelvic urethra

⁴ - Penile urethra

⁵ - Erection

⁶ - Micturition

⁷ - Urethral crest

انزالی نشخوارکنندگان و نریان، مجرای دفران و مجاری خروجی غدد وزیکولی در گراز و مجرای دفران در گوشتخواران. در بین این مجاری، بقایای مجاری پارامزوفروز به هم متصل شده به نام یوتروس ماسکولینوس^۱، ممکن است به صورت طناب‌های اپیتلیالی توپر و یا کانال‌های کوتاهی دیده شوند.

پوشش پیشابراه، عمدتاً از نوع بافت پوششی انتقالی دارای پلاک‌هایی با اندازه‌های متفاوت از بافت پوششی استوانه‌ای ساده و یا مکعبی یا استوانه‌ای مطبق، است. پارین- زیرمخاط متشکل از بافت همبند سست با رشته‌های الاستیک و سلول‌های عضله صاف فراوان و بافت لنفوئیدی منتشر یا فولیکول‌های لنفی (سگ)، می‌باشد. در نریان و گربه، غدد پیشابراهی موکوسی لوله‌ای ساده، وجود دارند. سلول‌های حاوی پپتید تنظیم کننده^۲ مربوط به سیستم نرواندوکرین منتشر، به طور منظم در بافت پوششی پیشابراه و غدد منشاء گرفته از سینوس‌های ادرای- تناسلی^۳ (مانند پروستات و کوپر) وجود دارند.

پارین- زیرمخاط در تمام طول پیشابراه، دارای خواص نعوظی است که به دلیل وجود غارهای پوشیده از اندوتلیوم با اندازه‌های متفاوت می‌باشد، که در پیشابراه پروستاتی و لگنی طبقه عروقی نام دارد. در اطراف پیشابراه آلت تناسلی، مقدار و اندازه فضاهای غاری بسیار افزایش می‌یابد، که در اینجا طبقه عروقی، جسم اسفنجی^۴ نامیده می‌شود. جسم اسفنجی با یک اتساع دولوبی به نام پیاز آلت تناسلی، از قوس ورکی^۵ شروع می‌شود.

طبقه عضلانی بخش لگنی پیشابراه، در مجاور مثانه از عضله صاف و در قسمت‌های باقی مانده پیشابراه از عضله مخطط تشکیل شده است. این طبقه توسط طبقه ادوانتیس متشکل از بافت همبند سست یا سخت نا منظم، احاطه شده است. در نشخوارکنندگان و نریان، بخش انتهایی پیشابراه به طور ناقص (در گاو) یا کامل (در نریان، قوچ و

¹- Uterus masculinus

²- Regulatory peptid-containing cells

³- Urogenital sinus

⁴- Corpus spongiosum

⁵- Ischiadic arch

گوزن) در بالای گلانز پنیس^۱ برآمدگی پیدا کرده و زائده پیشابراهی^۲ را ایجاد می‌کند. بافت پوششی انتقالی یا سنگفرشی مطبق، توسط جسم اسفنجی حاوی فضاهای غاری فراوان در نریان و فضاهای کوچک تر و کمتری در نشخوارکنندگان، احاطه شده است. دو طناب طولی از جنس غضروف فیبرو، در گوزن و قوچ در طرفین پیشابراه وجود دارند. زائده پیشابراهی توسط یک غشاء پوستی- مخاطی پوشیده می‌شود.

آلت تناسلی

اساساً آلت تناسلی از (a) اجسام غاری آلت تناسلی^۳، (b) جسم اسفنجی آلت تناسلی^۴ که پیشابراه آلت تناسلی را احاطه کرده، و (c) گلانز پنیس، تشکیل شده است.

جسم غاری آلت تناسلی

یک زوج جسم غاری آلت تناسلی، از برجستگی‌های ورکی^۵ شروع شده و با جسم اسفنجی ادغام می‌شود تا بدنه آلت تناسلی را تشکیل دهند. اجسام غاری توسط سفید پرده که لایه‌ای ضخیم از بافت همبند سخت نامنظم و حاوی تعداد متغیری رشته‌های الاستیک و سلول‌های عضله صاف می‌باشد، احاطه شده اند. تیغه‌ای از بافت همبند به طور کامل (در سگ) یا ناقص، اجسام غاری آلت تناسلی را تقسیم می‌کند.

فضاهای بین سفید پرده و شبکه تیغه‌ای که از سفید پرده منشاء می‌گیرند، توسط بافت نعوظی پر می‌شوند. در نریان و گوشتخواران این بافت از حفره‌های پوشیده از آندوتلیوم تشکیل شده و به وسیله بافت همبند که ظاهر آن از سست تا سخت نامنظم متغیر می‌باشد و سلول‌های عضله صاف، احاطه شده است. در نریان، دستجات

¹- Glans penis

²- Urethral process

³- Corpora cavernosa penis

⁴- Corpus spongiosum penis

⁵- Ischiadic tuberosities

عضلانی در امتداد محور طولی آلت تناسلی آرایش یافته و غالباً باعث انسداد کامل حفره فضاهای غاری می‌شوند. شل شدن این سلول‌های عضلانی باعث می‌شود که آلت تناسلی کشیده شده و از پرپیوس (چین پوستی آلت تناسلی) خارج شود، که معمولاً در طی ادرار رخ می‌دهد. در گراز و نشخوارکنندگان بافت همبند اطراف غارها، حاوی تعداد کمی سلول‌های عضله صاف و یا فاقد آن است.

منبع اصلی خونرسانی فضاهای غاری، شریان‌هایی با آرایش مارپیچی به نام شریان‌های هلیسین^۱ می‌باشند. این شریان‌ها دارای سلول‌های عضله صاف شبه پوششی در طبقه داخلی^۲ می‌باشند که به صورت ستیغ‌ها یا بالشتک‌هایی به حفره این عروق برجسته شده و منجر به انسداد نسبی این عروق می‌شوند. وقتی که سلول‌های عضله صاف، در حالت استراحت هستند، جریان خون به داخل غارها به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و منجر به نعوظ می‌شود. فضاهای غاری توسط سیاهرگ‌ها، که تعدادی از آنها منشاء سیاهرگ‌های با دیواره ضخیم هستند، تخلیه می‌شوند. آلت تناسلی نریان به دلیل داشتن غارهای فراوان، به عنوان آلت تناسلی عروقی طبقه بندی می‌شود. در آلت تناسلی نشخوارکنندگان و گراز، غارها دارای وسعت کمتری بوده و بافت همبندی بیشتر است، بنابراین آلت تناسلی از نوع فیبروالاستیک می‌باشد. آلت تناسلی سگ و گربه، بهترین نمونه از نوع بینابینی هستند.

گلانز پنیس

فقط نریان و سگ دارای یک گلانز پنیس تکامل یافته می‌باشند. گلانز توسط سفید پرده مملو از رشته‌های الاستیک احاطه شده است. سفید پرده به تیغه‌هایی امتداد می‌یابد که در اطراف فضاهای حاوی بافت نعوظی مشابه بافت نعوظی جسم اسفنجی آلت تناسلی (در نریان) یا شبکه‌ای از غارهای بزرگ (در سگ)، قرار گرفته اند. گلانز پنیس توسط پرپیوس پوشیده شده است.

¹ - Helicine arteries or arteriae helicinae

² - Tunica intima

فصل پنجم: دستگاه تنفس

اولین عملکرد سیستم تنفسی، فراهم نمودن تبادلات گازهای تنفسی (اکسیژن و دی اکسید کربن)، میان موجود زنده و محیط می باشد. مجاری هدایت کننده هوا، یک سری مسیرهای انتقالی جهت هدایت هوا به ناحیه تبادل

کننده گاز در ریه‌ها می‌باشند. مجاری هدایت کننده هوا همچنین با تهویه هوای ورودی، دارای عملکرد محافظتی نیز هستند. تهویه هوای ورودی شامل گرم کردن هوا تا حد درجه حرارت بدن، اشباع آن از رطوبت تا حدود ۱۰۰ درصد و تصفیه آن از گازهای مضر و ذرات ریز می‌باشد. مجاری هدایت کننده هوا همچنین باعث پایداری آب و دمای بدن با گرفتن آنها از هوای ورودی در طی تنفس می‌شوند. پوشش موکوسی- مژه‌ای^۱ که سطح مخاط مجاری هدایت کننده هوا را می‌پوشاند، ذرات موجود در هوای استنشاق شده را به خود گرفته و آنها را به همراه ذرات سلولی به خارج از دستگاه انتقال می‌دهد.

مجاری هدایت کننده هوای کوچک تر انتهایی، شامل برونشیول‌های تنفسی، مجاری آلئولی و کیسه‌های آلئولی به ناحیه تبادل کننده گاز متصل می‌باشند. تبادل گاز در آلئول‌ها که فقط یک سد خونی- هوایی نازک میان خون مویرگ ریوی و هوای دمی وجود دارد، صورت می‌گیرد. یک بستر مویرگ ریوی وسیع تمام خون خروجی بطن راست قلب را دریافت می‌کند.

حفره بینی

هر حفره بینی به سه ناحیه جلدی، تنفسی و بویایی تقسیم شده است. پوست قسمت قدامی بینی به تدریج به غشاء مخاطی حفره بینی خلفی امتداد می‌یابد.

ناحیه جلدی

قسمت قدامی ناحیه جلدی (بخش دهلیزی بینی^۲) توسط بافت پوششی سنگفرشی مطبق شاخی شده نسبتاً ضخیمی پوشیده شده است. در بخش میانی دهلیز، بافت پوششی نازکتر و شاخی نشده می‌باشد. سلول‌های سطحی دارای برجستگی‌های کوچکی در سطح آزاد خود هستند. بخش خلفی ناحیه جلدی و یک سوم قدامی حفره بینی

^۱- Mocuciliary blanket

^۲- Nasal vestibule

یک منطقه انتقالی هستند که بافت پوششی از مکعبی مطابق تا استوانه‌ای شبه مطابق بدون مژه متغیر می‌باشد. سلول‌های سطحی بافت پوششی منطقه انتقالی دارای هسته‌های چند قطعه‌ای و میکروویلی‌هایی بر روی سطح آزاد خود بوده و غالباً به شکل کروی هستند.

پاپیلاهایی از پارین- زیر مخاط ناحیه جلدی مانند انگشتان دست در بافت پوششی فرو می‌روند. این پاپیلاها حاوی عروق خونی کوچک، اعصاب، سلول‌های مهاجر فراوان شامل سلول‌های ماست سل، پلاسماسل، لنفوسیت، ماکروفاژ و گرانولوسیت می‌باشند. لنفوسیت‌ها و دیگر سلول‌های مهاجر غالباً در بخش قاعده‌ای بافت پوششی نیز مشاهده می‌شوند. دستجاتی از رشته‌های کلاژنی، عروق خونی و اعصاب بزرگتر و غدد سروزی در بخش‌های عمقی پارین- زیر مخاط قرار گرفته‌اند. در اسب، دیورتیکولوم بینی^۱ که توسط پوست مفروش شده، به ناحیه جلدی دهلیز بینی باز می‌شود. پوست این ناحیه دارای موهای حساسه، غدد چربی و غدد عرق می‌باشد. در سگ پارین- زیر مخاط بخش دهلیزی، به ویژه دارای پاپیلاها و حلقه‌های مویرگی فراوانی است.

ناحیه تنفسی

بافت پوششی پوشاننده دو سوم خلفی حفره بینی به استثناء ناحیه بویایی به عنوان بافت پوششی تنفسی (استوانه‌ای شبه مطابق مژه دار) تقسیم بندی می‌شود، قسمتی از این بافت که شیپور میانی بینی را می‌پوشاند، نازکتر بوده و دارای سلول‌های مژه دار و سلول‌های جامی شکل کمتری می‌باشد. بافت پوششی شبه طبقه مژه دار حفره بینی دارای چند نوع سلول شامل سلول‌های مژه دار، ترشحی، مسواکی^۲ و قاعده‌ای است.

هر یک از سلول‌های مژه دار استوانه‌ای شکل بوده و دارای ۲۰۰-۳۰۰ مژه متحرک و تعداد زیادی میکروویلی است که تا حفره بینی امتداد می‌یابند. بخش فوق هسته‌ای سلول حاوی اجسام قاعده‌ای^۳، یک دستگاه گلژی و تعداد زیادی میتوکندری می‌باشد، رشته‌های کوچکی از شبکه آندوپلاسمی خشن در سراسر سلول پراکنده است.

^۱- Nasal diverticulum

^۲- Brush cell

^۳- Basal bodies

نقص‌های موجود در فراساختار مژه‌ها ممکن است منجر به حرکت تازیانه‌ای مژه‌ها و یا بی‌حرکی آنها شود. سندرم مژه‌ها بی‌حرک، یک ضایعه مرتبط به ناهنجاری‌های مادرزادی است که منجر به عفونت‌های دستگاه تنفسی می‌شود.

سلول‌های ترشحی بافت پوششی تنفسی از تیغه پایه تا سطح بافت پوششی کشیده می‌شوند. سطح حفره‌ای (لومینال) آنها دارای میکروویلی است. ویژگی‌های ظاهری و هیستوشیمی این سلول‌ها دارای تفاوت‌های گونه‌ای و منطقه‌ای می‌باشد. توصیف آنها به عنوان سلول موکوسی یا سروزی بر اساس محتوای گلیکو پروتئینی این سلول‌ها است. دانه‌های موکوسی سلول‌های پوششی نسبتاً شفاف بوده و حاوی گلیکوپروتئین‌های اسید سیالات یا سولفات هستند. شکل ظاهری قسمت فوق هسته‌ای سلول‌های پوششی موکوسی بر اساس فاز ترشحی، از بلند و ظریف با دانه‌های ترشحی کم تا پهن و کروی با دانه‌های ترشحی موکوسی فراوان، متفاوت است. سلول‌های موکوسی کروی، که به عنوان سلول‌های جامی شکل شناخته می‌شوند، دارای هسته‌ای هستند که توسط توده‌ای از دانه‌های موکوسی بزرگ فوق هسته‌ای به قاعده سلول فشرده شده‌اند. اورگانل‌هایی که معمولاً در ناحیه اطراف هسته‌ای سلول‌های جامی شکل قرار دارند شامل یک دستگاه گلژی، شبکه اندوپلاسمی خشن و میتو کندری‌ها می‌باشند. سلول‌های جامی شکل اکثر گونه‌ها بطور اولیه گلیکوپروتئین‌های سولفات را به عنوان یکی از اجزای اصلی موکوس ترشح می‌کنند. دانه‌های موجود در سلول‌های پوششی سروزی دارای مراکز متراکم الکترونی حاوی گلیکوپروتئین‌های خنثی بوده و نسبت به دانه‌های سلول‌های موکوسی کوچکتر هستند.

سلول‌های مسواکی دارای میکروویلی‌های بلند و ضخیم و سیتوپلاسم حاوی میتو کندری‌ها و تعداد زیادی فیلامنت می‌باشند. این سلول‌ها ممکن است گیرنده‌های حسی مرتبط با پایانه‌های عصب سه قلو باشند.

سلول‌های قاعده‌ای، سلول‌های چند وجهی کوچک بوده که در امتداد تیغه پایه قرار گرفته‌اند. سیتوپلاسم سلول‌های قاعده‌ای حاوی دستجات فراوانی از تونوفیلامنت‌ها و ریبوزوم‌های آزاد هستند. سلول‌های قاعده‌ای دارای اتصالات دسموزوم به سایر انواع سلول‌ها و به تیغه قاعده‌ای (همی‌دسموزوم) می‌باشند. هرچند به نظر می‌رسد

سلول‌های قاعده‌ای در جایگزینی انواع دیگر سلول‌ها نقش دارند، لیکن سرعت تکثیر سلولی بسیار کمی داشته و جایگزینی سلول‌ها بیشتر توسط دیگر انواع سلول‌های بافت پوششی صورت می‌گیرد.

سلول بی نام دیگری در مخاط بینی وجود دارد که دارای میکروویلی‌های سطحی و شبکه‌اندوپلاسمی صاف (SER) وسیع و مقدار کمی مواد ترشحی هستند، اعتقاد براین است که این نوع سلول‌ها در متابولیسم ترکیبات زنبیوتیک (ترکیبات مضر خارجی) نقش داشته باشند (به قسمت پایین توجه شود).

مخاط تنفسی (بافت پوششی تنفسی و پارین- زیرمخاط زیر آن) حفره بینی دارای عروق بیشتری نسبت به مخاطات نواحی جلدی، انتقالی یا ناحیه بویایی است. طبقه پارین - زیر مخاط پر عروق که حاوی شریانها و وریدهای بزرگ با جدار نازک با آرایش قدامی - خلفی می‌باشد، طبقه غاری^۱ نامیده می‌شود. وریدها به شدت با یکدیگر آناستوموز (پیوند) داشته و عروق با ظرفیت^۲ نامیده می‌شوند زیرا میزان احتقان مخاط و بالعکس باز بودن حفره بینی را تعیین می‌کنند. انقباض عروق خونی بینی تحت تاثیر تحریک آلفا آدرنژیکی سیستم عصبی سمپاتیک می‌باشند. مدت زمان احتقان خون بین ۳۰ دقیقه تا ۴ ساعت متغیر بوده که به دنبال یک دوره از بین رفتن احتقان بطور طبیعی در طبقه غاری بینی پستانداران وجود دارد. در طی این سیکل بینی، فعالیت عروقی در یک طرف بینی با طرف دیگر متفاوت است.

غدد سرریزی یا سروموکوسی بینی میان وریدهای فراوان این طبقه وجود دارند. آسینی‌های غدد بینی همچنین ایمونوگلوبولین A ترشحی، لیزوزیم و پروتئین‌های متصل شونده به مواد بودار^۳ ترشح می‌کنند. اعصاب مخاط بینی شامل رشته‌های حسی منشاء گرفته از شاخه‌های انتهایی، بویایی، و مرونزال و آرواره‌ای اعصاب سه قلو و رشته‌های وایران سیستم عصبی خودکار، می‌باشد. اعصاب در سراسر اجزاء مخاط بینی از جمله بافت

¹- Cavernous stratum

²- Capacitance vessels

³- Odorant-binding protein

پوششی، پراکنده شده‌اند. عقده‌های لنفی معمولاً در بخش خلفی حفره بینی، در مجاورت سوراخ‌های شوان^۱، مدخل میان حفره بینی و حلق بینی‌ای، قرار دارند.

ترکیبات خارجی دارای فعالیت متابولیکی (زئوبیوتیک) که از طریق راه‌های هوایی یا خونی به بافت‌های بینی می‌رسند، ممکن است با اتصال محکم به اجزاء بافتی، باقی بمانند، مگر اینکه تجزیه شوند. آنزیم‌های مونو اکسیژناز وابسته به کروم سیتو

۴۵۰-P، در بافت پوششی سطحی و سلول‌های آسینی غدد بینی جانبی، فعالانه ترکیبات اندروژن (مانند پروژسترون و تستوسترون) و ترکیبات اگزوژن را متابولیزه می‌کنند. این آنزیم ترکیبات اگزوژن قابل حل در چربی، که برخی از آنها بسیار سمی هستند (مانند فرمالدئید و استالدئید) را به متابولیت‌های قابل حل در آب تبدیل می‌کند.

ناحیه بویایی

ناحیه بویایی، بخش پشتی-خلفی حفره بینی، شامل سطوحی از بوقک پرویزنی^۲، مه آتوس پشتی بینی و تیغه بینی می‌باشد. مخاط بویایی به دلیل داشتن بافت پوششی ضخیم تر، غدد لوله‌ای فراوان و دستجاتی از رشته‌های عصبی بدون میلین در پارین-زیر مخاط، از مخاط تنفسی مجاور قابل تشخیص می‌باشد.

مخاط بویایی توسط یک بافت پوششی استوانه‌ای شبه مطبق مژه دار به نام بافت پوششی بویایی^۳ متشکل از سه نوع سلول اولیه پوشیده شده است که شامل سلول‌های عصبی حسی^۴، پشتیبان و قاعده‌ای می‌باشد.

سلول‌های بویایی عصبی حسی، نورون‌هایی دو قطبی هستند که جسم سلولی آنها در بخش قاعده‌ای وسیعی از بافت پوششی قرار داشته، دندریت‌های آنها تا حفره بینی امتداد یافته و آکسون‌های آنها به پیاز بویایی مغز می‌رسند. راس گریزی شکلی به نام حباب دندریتی، از هر دندریت به سمت حفره بینی برآمدگی پیدا می‌کند که

¹- Choana

²- Ethmoid conchae

³- Olfactory epithelium

⁴- Neurosensory cells

روی هر کدام ۱۰ تا ۳۰ مژه وجود دارد. هر مژه ۵۰ تا ۸۰ میکرومتر طول داشته و از یک بخش قاعده‌ای پهن و کوتاه و یک بخش پشتی بلند، نازک و مخروطی شکل، تشکیل شده است. تعداد میکروتوبول‌ها از شکل معمول ۹ جفت محیطی میکروتوبول‌های متصل شده به همراه دو میکروتوبول منفرد مرکزی در بخش قاعده‌ای، تا یک تا چهار میکروتوبول منفرد در بخش پشتی، کاهش می‌یابند. جسم سلولی دارای ویژگی‌های ساختاری معمول سلول‌های عصبی است. آکسون‌ها پس از ورود به پارین - زیرمخاط به هم نزدیک شده و بدین ترتیب دستجاتی از رشته‌های عصبی بدون میلین را تشکیل می‌دهند. سلول‌های عصبی - حسی به طور مداوم و در طول زندگی حیوان، توسط سلول‌های مشتق شده از سلول‌های قاعده‌ای، جایگزین می‌شوند.

سلول‌های پشتیبان، سلول‌هایی استوانه‌ای با یک قاعده باریک و یک بخش راسی وسیع می‌باشند. هسته‌های بیضی شکل آنها سطحی ترین لایه هسته‌ای بافت پوششی را تشکیل می‌دهند. میکروویلی‌هایی که غالباً منشعب هستند، سطح حفره‌ای سلول‌های پشتیبان را می‌پوشانند. کمپلکس‌های اتصال جنب حفره‌ای^۱ بین سلول‌های پشتیبان و دندریت‌های سلول‌های عصبی - حسی مجاور وجود دارد. دانه‌های رنگدانه دار در سیتوپلاسم زیر هسته‌ای قرار دارند. سلول‌های پشتیبان نیز توسط سلول‌های قاعده‌ای جایگزین می‌شوند.

سلول‌های قاعده‌ای مخاط بخش بویایی از نظر ساختاری مشابه سلول‌های قاعده‌ای بافت پوششی غیر بویایی هستند. غدد بویایی، که سلول‌های آنها حاوی دانه‌های رنگدانه دار هستند، در پارین - زیر مخاط قرار دارند. بخش داخل بافت پوششی مجاری آنها به وسیله سلول‌های سنگفرشی پوشیده شده است. غدد یک مایع آبکی ترشح می‌کنند، که احتمالاً باعث افزایش حلالیت مواد بودار موجود در هوا و پاک کردن مژه‌ها شده و دسترسی به مواد بودار جدید را تسهیل می‌کند. مخاط بویایی همچنین دارای سطح بالایی از فعالیت سیتوکروم P-۴۵۰ مونو اکسیژناز بوده و جایگاه اولیه تحریک شیمیایی تومورهای بینی می‌باشد.

حلق بینی‌ای^۲

^۱ - Juxtaluminal junctional complexes

^۲ - Nasopharynx

حلق بینی‌ای قسمتی از حلق است که در قسمت پشتی نرم کام قرار گرفته و از حفره بینی تا حلق حنجره‌ای امتداد می‌یابد. بافت پوشاننده حلق بینی‌ای در بیشتر قسمت‌ها از نوع بافت پوششی تنفسی است، اما بافت پوششی سنگفرشی مطابق پوشاننده بخش خلفی- پشتی نرم کام با جدار پشتی حلق بینی‌ای در طی عمل بلع یا با اپی‌گلوت، اتصال می‌یابد. پارین- زیرمخاط یک بافت همبند سست حاوی غدد سروموکوسی است. فولیکول‌های لنفی در بخش پشتی حلق بینی‌ای بیشتر بوده و در این قسمت به صورت لوزه حلقی تجمع می‌یابند.

حنجره^۲

حنجره از سمت قدامی به حلق حنجره‌ای باز شده و از طرف خلفی به نای امتداد می‌یابد. حنجره توسط مخاط پوشیده شده و به وسیله غضروف پشتیبانی می‌شود.

بافت پوششی پوشاننده اپی‌گلوت، دهلیز حنجره‌ای و چین‌های صوتی از نوع سنگفرشی مطابق شاخی نشده است. بافت پوششی حنجره در خلف چین‌های صوتی تدریجاً به بافت پوششی تنفسی تبدیل می‌شود. بافت پوششی تنفسی همچنین بطن حنجره‌ای اسب را می‌پوشاند. بافت پوششی سطح حنجره‌ای اپی‌گلوت، چین‌های آری اپیگلوت^۳ و غضروف‌های آروتنوئید^۴ (طرجحالی) ممکن است در تمام گونه‌ها به جز اسب حاوی جوانه‌های چشایی باشد. گیرنده‌های حسی عصب حنجره‌ای مغزی موجود در بافت پوششی به وجود مایعاتی از قبیل آب، شیر، مایع معدی و بزاق، پاسخ می‌دهند. تحریک‌این گیرنده‌ها باعث رفلکس آپنه^۵ (توقف موقتی تنفس) می‌شود. پارین- زیرمخاط در زیر بافت پوششی سنگفرشی مطابق یک بافت همبند سخت نامنظم و در زیر بافت پوششی تنفسی یک بافت همبند سست غنی از رشته‌های الاستیک، سلول‌های لوکوسیت، پلاسماسل و ماست سل، می‌باشد. بافت

¹ - Laryngopharynx

² - Larynx

³ - Aryepiglottic flods

⁴ - Arytenoid

⁵ - Apnea

لنفوئیدی منتشر یا فولیکول‌های لنفی منفرد غالباً مشاهده می‌شوند. در خوک و نشخوارکنندگان کوچک، لوزه پارا اپیگلوت^۱ در دو طرف قاعده اپیگلوت وجود دارد. این لوزه در گربه نیز گاهی دیده می‌شود. غدد سروموکوسی در پارین- زیرمخاط وجود دارند، ولی در چین‌های دهلیزی و صوتی موجود نیستند. رشته‌های الاستیک فراوانی در لیگامنت صوتی و به مقدار کمتر در لیگامنت دهلیزی وجود دارد.

غضروف‌های حنجره‌ای به یکدیگر، به نای و یا دستگاه لامی^۲ متصل هستند. عضلات اسکلتی خارجی، حنجره را در طی عمل بلع حرکت می‌دهند. عضلات اسکلتی داخلی، هر یک از غضروف‌های حنجره را در طی عمل تنفس و ایجاد صدا حرکت می‌دهند. بیشتر غضروف‌های حنجره از نوع شفاف هستند. اپیگلوت، غضروف‌ها یا زواید میخی^۳ و شاخی^۴ و زائده صوتی غضروف آرتنوئید از نوع غضروف الاستیک هستند. اپیگلوت گوشتخواران غالباً متشکل از یک دیواره غضروفی محیطی است که بافت چربی سفید، طناب‌هایی از رشته‌های الاستیک و نواحی کوچکی از غضروف الاستیک را احاطه کرده است. عضلات و غضروف‌های حنجره توسط ادوانتیس از جنس بافت همبند سست احاطه شده است.

نای و نایژه‌های خارج ریوی

در پشت حنجره، سیستم تنفسی از مجموعه‌ای از لوله‌های منشعب، به نام مجاری هوایی نایی- نایژه‌ای که در منطقه تبادل کننده گاز آلوئولی وسیعی (تقریباً ۲۵ برابر سطح بدن) باز می‌شوند، تشکیل شده است. نای که از لحاظ طول و قطر، از سایرین لوله‌ها بزرگتر است، یک مسیر عبور هوا میان حنجره و نایژه‌ها ایجاد می‌کند. نای یک لوله نیمه انعطاف پذیر و نیمه فشرده شونده است که از حنجره تا حفره سینه کشیده می‌شود.

¹ - Paraepiglottic tonsil

² - Hyoid apparatus

³ - Cuneiform

⁴ - Corniculate

بافت پوششی پوشاننده درخت نایی- نایژه‌ای، از نوع بافت پوششی تنفسی است که متشکل از سلول‌های مژه دار، مسواکی، ترشحی، اگزوکرینی برونشیولی، قاعده‌ای و نورواندوکرین می‌باشد. سلول‌های مژه دار، مسواکی و ترشحی نای مشابه این سلول‌ها در بخش فوقانی دستگاه تنفسی هستند. سلول‌های جامی شکل بیشترین نوع سلول‌های ترشحی، در پستانداران اهلی هستند. سلول‌های اگزوکرینی برونشیولی در مجاری هدایت کننده بزرگتر نسبتاً نادر بوده یا حتی وجود ندارد. سلول‌های نورواندوکرین، سلول‌های APUD بوده، که ویژگی آنها برداشت پیش سازهای آمینی و دکربوکسیلاسیون آنها می‌باشد. این سلول‌ها معمولاً هرمی شکل هستند و قاعده آنها روی تیغه پایه قرار دارد. سلول‌های نورواندوکرین با روش‌های هیستوشیمیایی قابل شناسایی بوده، در سطح فراساختاری حاوی دانه‌های نقره دوست (آرژیروفیل) با مرکز متراکم، شبکه‌اندوپلاسمی وسیع، دستگاه گلژی، ریبوزوم‌ها و فیلامنت‌های فراوان هستند. این سلول‌ها در حیوانات جوان بیشتر بوده و در برخی موارد با اعصاب در ارتباط هستند. سلول‌های مهاجر متنوعی شامل لنفوسیت‌ها، گلبول لوکوسیت‌ها و ماست سل‌ها در بافت پوششی نیز مشاهده می‌شود. گلبول لوکوسیت‌ها، سلول‌هایی با عملکرد ناشناخته بوده که حاوی دانه‌های نسبتاً بزرگ متاکرومازی اسیدوفیلی می‌باشند.

پارین- زیرمخاط نای از بافت همبند سست و یک لایه زیر بافت پوششی از رشته‌های الاستیک با آرایش طولی، تشکیل شده است. سلول‌های موجود در پارین- زیرمخاط شامل سلول‌های فیبروسیت، لنفوسیت، پلاسماسل، گلبول لوکوسیت و ماست سل هستند. پارین- زیرمخاط همچنین حاوی غدد لوله‌ای- آسینی سروموکوسی است که به وسیله مجاری پوشیده شده توسط سلول‌های مژه دار، سلول‌های ترشح کننده موکوس و سلول‌های بینابینی مختلف، به حفره نای باز می‌شوند. بخش لوله‌ای غدد نایی توسط سلول‌های ترشح کننده موکوس و بخش آسینی آنها به طور عمده توسط سلول‌های ترشح کننده سروز، پوشیده شده‌اند. سلول‌های ترشح کننده موکوس معمولاً گلیکوپروتئین‌های اسید سولفات ترشح می‌کنند. در بیشتر گونه‌ها، سلول‌های سروزی اصلی ترین سلول‌های ترشحی غدد هستند. محصول ترشحی این سلول‌ها یک گلیکوپروتئین خنثی بوده که گاهی سولفات است. غدد

نایی بخش عمده مواد ترش‌چی پوشاننده سطح مژه دار نای را فراهم می‌کنند. این غدد در بخش قدامی نای تمام گونه‌های پستانداران اهلی، بسیار فراوان هستند.

تمایزترین ویژگی نای غضروف شفاف آن است که در بیشتر گونه‌ها به صورت قطعات مجزای C یا U شکل وجود دارد. اگرچه، در برخی موارد غضروف‌ها در برخی قسمت‌ها به هم متصل شده و یک ساختار پیوسته و ممتد را تشکیل می‌دهند. انتهای آزاد غضروف‌ها توسط پلی به نام عضله نایی^۱ که یک نوار عضله صاف می‌باشد، در سطح پشتی به هم متصل می‌شوند. در بیشتر گونه‌ها، این عضله از سمت داخلی غضروف به پریکندریوم متصل می‌شود. در گوشتخواران این اتصال در سطح خارجی غضروف صورت می‌گیرد. اعصاب و عروق خونی بزرگ معمولاً با این نوار عضله صاف در ارتباط هستند. پریکندریوم خارجی توسط بافت همبند سست ادوانتیس، احاطه شده است.

در حفره ی سینه، نای دو شاخه شده و به دو نایژه اولیه ختم می‌شود. در خلف محل دو شاخه شدن، نایژه‌های اولیه انشعابات را ایجاد می‌کند که وارد ریه‌ها می‌شوند. ویژگی‌های ساختاری نایژه اولیه مشابه نای است به جز آن که غضروف آن به شکل قطعات نامنظم است.

ریه

بیشتر حفره سینه به وسیله ریه‌های راست و چپ پر شده است. ریه پستانداران ممکن است به مجاری هدایت کننده هوای داخل ریوی، منطقه تبادل کننده گاز (پارانشیم) و پرده جنب^۲ تقسیم شود. مجاری هدایت کننده هوای داخل ریوی (نایژه‌ها و نایژک‌ها)، تقریباً ۶ درصد ریه را تشکیل می‌دهند. منطقه تبادل کننده گاز از برونشیول‌های تنفسی (که منطقه انتقالی نیز نامیده می‌شود)، مجاری آلوئولی، کیسه‌های آلوئولی و آلوئول‌ها تشکیل شده و تقریباً ۸۵ درصد ریه را شامل می‌شود. ریه توسط لایه‌ای از بافت همبند همراه با یک لایه از سلول‌های

^۱ - Trachealis muscle

^۲ - Pleura

مزوتلیالی، به نام پرده جنب احشایی یا ریوی^۱ احاطه شده است. بافت‌های عصبی و عروقی داخل ریوی (سرخرگ‌های ریوی، سیاهرگ‌های ریوی و سرخرگ‌های برونشیولی) به همراه جنب، ۹ تا ۱۰ درصد باقیمانده ریه را تشکیل می‌دهند.

مجاری هدایت کننده هوای داخل ریوی

نایژه^۲

درخت نایژه‌ای توسط نایژه‌های اولیه و رده‌های متفاوت مجاری هوایی که به وسیله آن تغذیه می‌شوند، شکل گرفته است. بزرگترین قطعات مجاری هدایت کننده هوای داخل ریوی، نایژه‌های لوبی^۳ نامیده می‌شوند، که هر یک از آنها از محل ناف^۴ ریه وارد یکی از لوب‌های آن می‌شوند. نایژه‌های لوبی به دو شاخه کوچکتر تقسیم می‌شوند که هر یک مجدداً تقسیم شده و این عمل تا رسیدن به منطقه تبادل کننده گاز ادامه می‌یابد. دو یا سه نسل اول انشعابات یک نایژه لوبی، بخش‌هایی از ریه به نام قطعات نایژه‌ای-ریوی^۵ را تغذیه می‌کنند. هر نسل متوالی از انشعابات، از تعداد بیشتری از مجاری هوایی تشکیل شده و دارای نواحی مقطع عرضی بزرگتری نسبت به نسل قبلی می‌باشد.

ساختار بافتی نایژه عموماً مشابه نای است به جز این که لایه‌های مختلف آن نازکتر هستند. نایژه‌ها توسط بافت پوششی تنفسی که عمدتاً از سلول‌های مژه دار، سلول‌های ترشحی و سلول‌های قاعده‌ای تشکیل شده، پوشیده شده است. ساختار بافت پوششی از سمت قدامی به سمت پشتی تغییر کرده، تعداد سلول‌های موکوسی و قاعده‌ای

¹- Visceral or pulmonary pleura

²- Bronchi

³- Lobar bronchi

⁴- Hilum

⁵- Broncho-pulmonary segments

کاهش یافته و سلول‌های اگزوکرینی برونشیولی افزایش می‌یابد. هم زمان ارتفاع بافت پوششی و ضخامت پارین- زیرمخاط به طور پیش رونده‌ای کاهش می‌یابد.

پارین- زیرمخاط یک بافت همبند سست است که در تمام گونه‌ها به جز بز، حاوی غدد سروموکوسی (غدد نایژه‌ای^۱) می‌باشد. تعداد غدد نایژه‌ای در نایژه‌های پشتی کمتر است. غضروف شفاف نایژه‌های قدامی به شکل صفحات نامنظم بوده و عضله صاف بین صفحات و یا روی سمت حفره‌ای آنها پراکنده شده است. سلول‌های عضلانی معمولاً دارای آرایش حلقوی، عمود بر محور طولی مجاری هوایی می‌باشند. غضروف از سمت قدامی به سمت میانی کاهش یافته، در حالیکه عضله صاف نسبتاً افزایش می‌یابد. بافت همبند ادوانتیس سست و دارای رشته‌های کلاژن فراوان و مقادیر متفاوتی از رشته‌های الاستیک می‌باشد. بسیاری از رشته‌ها دارای آرایش طولی می‌باشند، در حالیکه برخی از رشته‌ها به طور عمود بر محور طولی مجاری هوایی قرار گرفته‌اند. شبکه‌های عصبی در ادوانتیس و زیرمخاط و همچنین پایانه‌های عصبی در داخل بافت پوششی وجود دارند. در بسیاری از گونه‌های اهلی، شبکه عروقی وسیعی از شریان برونشیولی گردش خون عمومی منشاء می‌گیرد.

برونشیول‌ها (نایژک‌ها)

برونشیول‌ها از نایژه‌ها منشاء گرفته، به چندین نسل شاخه انشعاب یافته و به صورت برونشیول‌های انتهایی خاتمه می‌یابد. در اسب، گاو و گوسفند، چندین نسل از برونشیول‌های انتهایی وجود دارد، در حالیکه در گوشتخواران معمولاً یک یا دو نسل موجود است.

برونشیول‌ها دارای مقاطع عرضی کاملاً حلقوی بوده، توسط بافت پوششی استوانه‌ای یا مکعبی ساده متشکل از سلول‌های مژه دار و سلول‌های اگزوکرینی برونشیولی (سلول‌های کلارا^۲) پوشیده شده‌اند. سلول‌های کلارا ویژگی‌های سلول‌های ترشح کننده و همچنین سلول‌های دارای قابلیت متابولیسم ترکیبات زنبیوتیک را دارا

¹ - Bronchial glands

² - Clara cells

می‌باشند. دانه‌های ترش‌چی آنها حاوی گلیکوپروتئین خنثی یا پروتئین با وزن مولکولی کم هستند. شبکه‌اندوپلاسمی صاف در سلول‌های کلارای اسب و گوسفند وسیع است، در حالی‌که گوشت‌خواران، گاو و خوک دارای کوچکترین شبکه‌اندوپلاسمی صاف می‌باشند. گلیکوژن ویژگی بارز سلول‌های اگزوکراین برونشیولی در گوشت‌خواران و گاو بوده و به ندرت در سایر گونه‌ها مشاهده می‌شود. در گوشت‌خواران بافت پوششی برونشیول‌های انتهایی عمدتاً از سلول‌های اگزوکراینی برونشیولی تشکیل شده است.

پارین- زیرمخاط یک بافت همبند سست‌اندک و فاقد غدد و غضروف است. عضله صاف به صورت دستجات جداگانه‌ای با آرایش حلقوی و مورب قرار گرفته است. رشته‌های عصبی فراوانی در ناحیه‌ای دقیقاً در زیر بافت پوششی قرار داشته و میان دستجات عضلانی پراکنده شده‌اند.

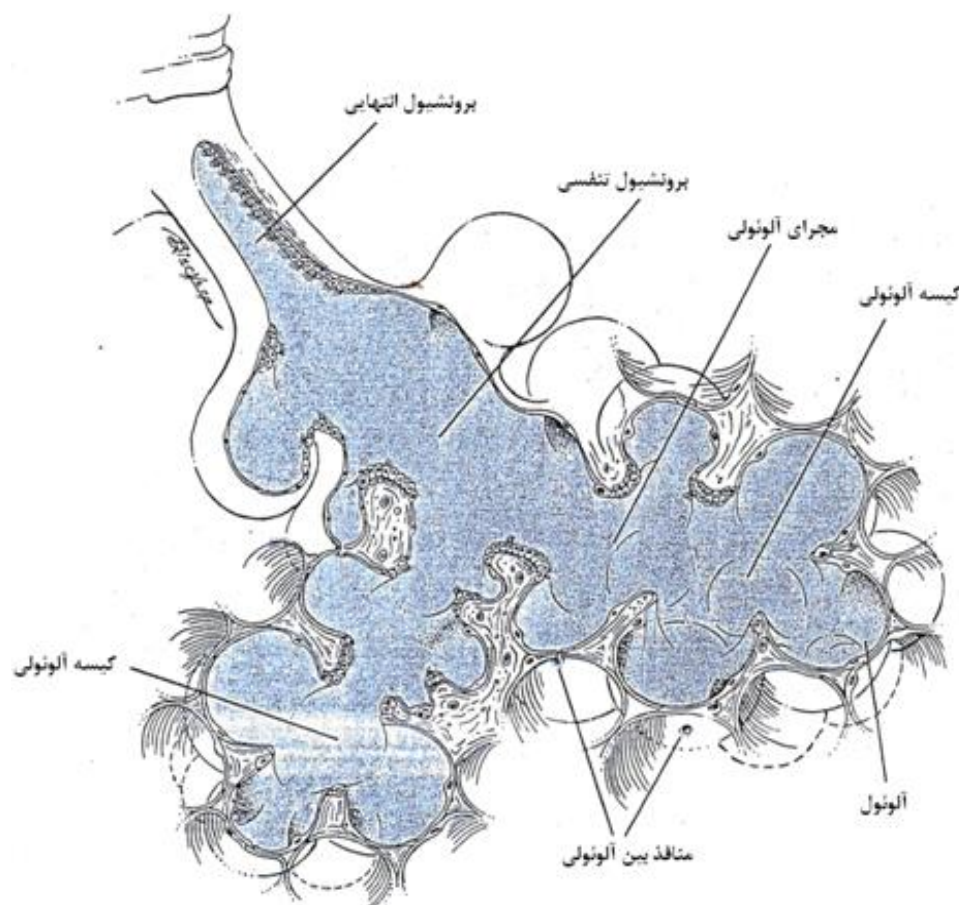
ادوانتیس بافت همبند سست و حاوی رشته‌های الاستیک با آرایش حلقوی و مورب است. لبه خارجی ادوانتیس به ناحیه تبادل کننده گاز آلوئولی متصل شده و به وسیله سلول‌های پوششی آلوئولی و یک بستر مویرگی ریوی پوشیده شده است.

ناحیه تبادل گاز

ناحیه تبادل گاز یا پارانشیم، به واحدهای ساختاری یا عملکردی قابل سازماندهی می‌باشد. واحد عملکردی ناحیه تبادل کننده گاز، آسینی یا واحد تنفسی انتهایی نامیده می‌شود. آسینی شامل تمام فضاهای هوایی بعد از یک برونشیول انتهایی منفرد، شامل برونشیول‌های تنفسی در حال انشعاب، مجاری آلوئولی، کیسه‌های آلوئولی و آلوئول‌ها می‌باشد (تصویر ۱).

لوبول عمدتاً یک واحد ساختاری محسوب می‌شود تا یک واحد عملکردی. هر لوبول متشکل از دسته‌ای از آسینی‌ها می‌باشد، که توسط تیغه‌ای از بافت همبند از دسته‌های مجاور جدا شده است. تیغه بافت همبندی، تیغه بین لوبولی نام داشته و از رشته‌های کلاژن و الاستیک و عروق خونی تشکیل شده است. سرخرگ‌های برونشیولی و سیاهرگ‌های ریوی، هر دو در تیغه بین لوبولی قرار گرفته‌اند. ریه‌های گاو، گوسفند و خوک بسیار لوبوله بوده و

دارای تیغه‌های کاملی هستند. ریه‌های اسب دارای تیغه‌های ناقص بوده و کمتر لوبوله است. گوشتخواران تیغه‌های بین لوبولی ندارند.



تصویر ۱- تصویر شماتیک ناحیه تبادل کننده گاز منشاء گرفته از یک برونشیول انتهایی.

برونشیول‌های تنفسی

برونشیول‌هایی که بافت‌های تبادل گاز (آلوئول‌ها) به دیواره آنها باز می‌شوند، برونشیول‌های تنفسی نامیده می‌شوند. این برونشیول‌ها همچنین منطقه انتقالی نیز خوانده می‌شوند، که کانون بسیاری از اختلالات ریه است. ساختار بافتی برونشیول‌های تنفسی شبیه برونشیول‌های انتهایی است به جز اینکه بافت پوششی به وسیله آلوئول‌ها ناپیوسته شده است. عضله صاف به صورت دستجاتی در زیر بافت پوششی استوانه‌ای یا مکعبی ساده قرار دارند. آلوئول‌ها بین این دستجات عضلانی باز می‌شوند. به برونشیول‌های تنفسی گوشتخواران، آلوئول‌های زیادی باز

می‌شوند. معمولاً آلوئول‌های کمتری در انشعابات نسل قبلی وجود دارد. بافت پوششی تقریباً به طور کامل از سلول‌های اگزوکرینی برونشیولی تشکیل شده است. برونشیول‌های تنفسی در اسب، گاو، گوسفند، و خوک، کوتاه بوده یا وجود ندارند.

مجاری آلوئولی و کیسه‌های آلوئولی

برونشیول‌های تنفسی به صورت ساختارهای لوله‌ای شکلی به نام مجاری آلوئولی انشعاب می‌یابند. این مجاری مانند راهرویی هستند که اتاق‌هایی بدون درب، در آنها باز شده‌اند. هر یک از این اتاق‌های بدون درب، یک آلوئول است. بین یک و پنج نسل مجاری آلوئولی، توسط یک برونشیول تنفسی تغذیه می‌شوند. دیواره یک مجاری آلوئولی از قسمت باز فضاهای هوایی آلوئولی و انتهای تیغه بین آلوئولی جداکننده این آلوئول‌ها تشکیل شده است. دستجات مارپیچی از عضله صاف و رشته‌های الاستیک با آرایش عمود بر محور طولی مجاری آلوئولی، در زیر بافت پوششی در انتهای تیغه‌های بین آلوئولی قرار دارند. مجاری آلوئولی به دستجاتی از آلوئول‌ها به نام کیسه‌های آلوئولی ختم می‌شوند. فضای مشترکی که چندین کیسه آلوئولی به آن باز می‌شوند آتریوم^۱ نامیده می‌شود.

آلوئول

واحد پایه‌ای تبادل کننده گاز در پارانشیم ریوی آلوئول^۲ می‌باشد. آلوئول‌ها، فضاهای هوایی کروی مفروش شده توسط بافت پوششی هستند، که به داخل کیسه‌های آلوئولی، مجاری آلوئولی یا برونشیول تنفسی باز شده و توسط تیغه بین آلوئولی از هم جدا می‌شوند.

بافت پوششی پوشاننده آلوئول‌ها، در مجاورت فضای هوایی، از دو نوع سلول پوششی شامل سلول‌های پوششی آلوئولی نوع I و II تشکیل شده است. سلول نوع I یا سلول پوششی آلوئولی سنگفرشی^۳ (سلول‌های پوششی

¹ - Atrium

² - Alveolus

³ - Squamous alveolar epithelial cell

تنفسی) پهن و دارای یک هسته مرکزی بوده و بر روی تیغه پایه قرار گرفته است. سیتو پلاسم نازک آن حاوی تعداد کمی میتوکندری، شبکه اندوپلاسمی خشن کوچک و تعداد متوسطی وزیکول‌های اندوسیتوزی می‌باشد. این نوع سلول در همه گونه‌هایی که تا کنون مطالعه شده‌اند، تقریباً ۹۷ درصد سطح تیغه‌های بین آلوئولی را می‌پوشاند. میانگین سطح منطقه پوشیده شده توسط سلول نوع I، حدود ۵۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میکرومتر مربع (μm^2) است.

سلول نوع II یا سلول پوششی آلوئولی دانه دار یا بزرگ^۱ یک سلول مکعبی با یک هسته مرکزی است. این نوع سلول ناحیه باقی مانده از سطح تیغه‌های بین آلوئولی (تقریباً ۳ درصد) را می‌پوشاند. سطح آلوئولی این سلول‌ها دارای میکروویلی بوده و سطح آن حدود ۱۰۰ تا ۲۸۰ میکرومتر مربع به ازای هر سلول است. این سلول حاوی میتوکندری، شبکه اندوپلاسمی خشن، میکرووزیکول‌ها، یک دستگاه گلژی و وزیکول‌های اوسمیوم دوست متعدد به نام اجسام تیغه‌ای^۲ می‌باشد. اعتقاد براین است که این اجسام تیغه‌ای عمدتاً قسغولیپیدی بوده و منبع فسفولیپیدهای موجود در سورفاکتانت ریوی پوشاننده سطح فضاهای هوایی، باشند. سلول‌های آلوئولی نوع II، سلول‌های اجدادی سلول پیشین هر دو نوع سلول نوع I و II هستند.

ماکروفاژهای آلوئولی ریوی در سمت هوایی تیغه‌های بین آلوئولی قرار داشته و به عنوان سلول‌های فاگوسیتوز کننده فعال، بخشی از سیستم فاگوسیتوز کننده تک هسته‌ای پراکنده در سراسر بدن را تشکیل می‌دهند.

تیغه‌های بین آلوئولی، ورقه‌های نازکی از بافت همبند حاوی شبکه مویرگی هستند. بافت همبند بینابینی بین آلوئولی حاوی رشته‌های کلاژن و الاستیک بوده و سلول‌های فیبروسیت، پری سیت، ماکروفاژ، لنفوسیت و پلاسماسل نیز در این بافت حضور دارند. بستر مویرگی تیغه بین آلوئولی، شبکه‌ای از عروق منشعب و کوتاه است. هر بستر مویرگی در حین وصل کردن شریانچه ریوی به وریدچه ریوی، از جدار سه تا هفت آلوئول عبور می‌کند. اکثر سلول‌های اندوتلیالی در مجاورت سلول‌های پوششی آلوئولی نوع I، دارای سیتوپلاسم رقیقی هستند. در این نواحی، تیغه پایه سلول‌های پوششی آلوئولی و سلول‌های اندوتلیالی با هم ترکیب می‌شوند. سلول‌های اندوتلیالی

¹- Granular or great alveolar epithelial cell

²- Lamellar bodies

مویرگ با ویژگی‌هایی مانند ارگانل‌های کم و وزیکول‌های اندوسیتوزی نسبتاً زیاد مشخص می‌شوند. اتصالات بین سلولی سست یا قابل نفوذ بوده، اتصالات محکم کمتری وجود دارند. ناحیه سطحی بستر مویرگی تبادل کننده گاز بین ۶۶ تا ۷۵ درصد ناحیه سطحی سمت هوایی تیغه‌های بین آلوئولی است.

آلوئول حاوی مقدار کمی مایع متشکل از یک لایه دوفازی از پلاسمای فیلتر شده که توسط لایه نازکی از فسفولیپیدها پوشیده شده است، می‌باشد. این لایه فسفولیپیدی یا سورفاکتانت ریوی، کشش سطحی داخل آلوئولی را کاهش داده و کلاپس (روی هم افتادن) آلوئول جلوگیری می‌کند.

سد خون هوایی^۱ از لایه پوشاننده سطحی از سورفاکتانت ریوی و مایع، سلول آلوئولی نوع I، تیغه پایه ترکیب شده سلول پوششی آلوئولی و سلول اندوتلیالی مویرگی زیر آن، سلول اندوتلیالی مویرگی و غشاء پلاسمایی گلبول قرمز خون، تشکیل شده است. ضخامت متوسط این سد در اکثر گونه‌ها ۱/۵ میکرومتر است، که در نازکترین نواحی حدود ۰/۲ تا ۰/۷ میکرومتر می‌باشد. در ضخیم ترین قسمت‌های این سد، علاوه بر لایه‌های فوق الذکر، بافت همبند بینابینی و سلول‌های میان تیغه پایه سلول‌های پوششی و اندوتلیالی نیز حضور دارند. این سد خروج توده‌های بزرگ به همراه مایعات فیلتر شده از مویرگ‌ها به داخل فضاها هوایی جلوگیری کرده و در عوض به اکسیژن (O₂) و دی اکسید کربن (CO₂) اجازه انتشار بین مویرگ‌های خونی و آلوئول‌ها را می‌دهد.

منافذی در تیغه‌های بین آلوئولی، آلوئول‌های مجاور را به هم متصل می‌کند. این منافذ به نام سوراخ‌های تیغه‌ای یا آلوئولی^۲ توسط سلول‌های پوششی مفروش شده‌اند و به هوا و ماکرو فازهای الوئولی اجازه می‌دهند که از یک آلوئول به دیگری بروند.

پرده جنب

¹ - Blood-air barrier

² - Septal or alveolar pores

جنب احشایی یا ریوی، یک غشاء سروزی است که به طور کامل دو ریه را به جز در محل ناف و لیگامنت ریوی، پوشانده است. این لایه پوشاننده از سلول‌های مزوتلیالی سنگفرشی تا مکعبی بر روی مقادیر متفاوتی از رشته‌های الاستیک و بافت همبند سخت نامنظم، تشکیل شده است. سلول‌های مزوتلیالی جنب حاوی مقادیر زیادی شبکه‌اندوپلاسمی خشن و میتوکندری بوده و سطح آزاد آنها توسط میکروویلی‌ها پوشیده شده است. بافت همبند جنب در ضخیم‌ترین قسمت متشکل از دو یا چند لایه تیغه الاستیک، دستجات سخت نامنظم زیادی از رشته‌های کلاژنی، مویرگ‌های ریوی و دو مجموعه عروقی دیگر، می‌باشد. این دو مجموعه عروقی شامل مویرگ‌ها و شریانچه‌های کوچکی از سیستم گردش خون برونشیالی و رگ‌های لنفی است. مویرگ‌های ریوی، بخش‌های سطحی ناحیه تبادل کننده گاز را تغذیه می‌کنند. بافت همبند جنب ریوی به بافت همبند تیغه‌های بین آلوئولی امتداد می‌یابد. ضخامت جنب ریوی، در بین گونه‌ها و در یک گونه در مناطق مختلف، متفاوت می‌باشد. سگ و گربه دارای نازک‌ترین پرده جنب هستند. در این گونه‌ها، بافت همبند زیر مزوتلیالی، حد اقل بوده و تنها منبع خون رسانی آن از سرخرگ ریوی منشاء گرفته است. پرده جنب در پستانداران اهلی بزرگ ضخیم است.

