

بافت شناسی

HISTOLOGY

بافت پیوندی ۳



برای دسترسی به محتوای
سایت اسکن کنید

ویراست نهایی و تصاویر

آرش بهمن جهرمی

مسئول جزوه و گرافیکست

کیان نظریاتی

تولید متن و قالب گذاری

کیان نظریاتی

کیوان کلاهدوز

کنترل کیفی و ویراست علمی

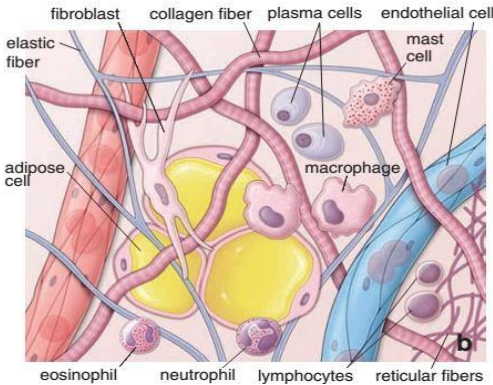
دانیال نیک نام

محتوای افزوده و نمونه سوال

پاتیذ قلی زاده

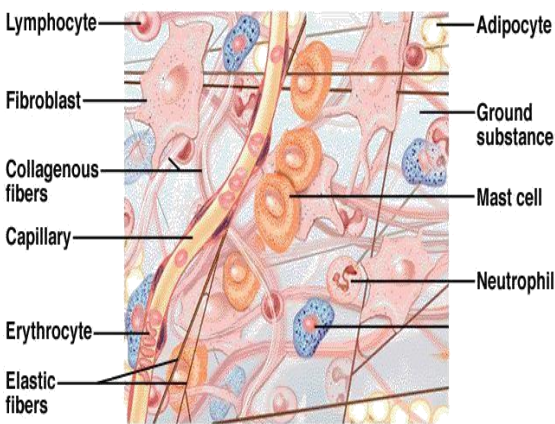
ماده زمینه‌ای (Ground Substance)

تعریف و ترکیب



ماده زمینه‌ای یا (Ground Substance) ماده‌ای است که فضای بین سلول‌ها و فضای بین رشته‌ها را در بافت همبند پر می‌کند. این ماده از سه جزء اصلی تشکیل شده است:

- ◀ پروتئوگلیکان‌ها (Proteoglycans)
- ◀ گلیکوزامینوگلیکان‌ها (Glycosaminoglycans | GAGs)
- ◀ گلیکوپروتئین‌های بسیار چسبنده (Multiadhesive Glycoproteins)
- ◀



✓ ترجمه‌ی درست برای گلیکوپروتئین‌های بسیار چسبنده در اصل گلیکوپروتئین‌های دارای چندین جایگاه اتصال می‌باشد مانند لامینین و فیبرونکتین که دارای چندین جایگاه اتصال به ساختارها و سلول‌های دیگر می‌باشد.

ماده زمینه‌ای یک کمپلکس به شدت آبدوست (Hydrated) است، قابلیت اتصال بسیار زیادی به آب دارد، از نظر رنگ شفاف بوده و جزئی از ماتریکس خارج سلولی محسوب می‌شود.

ویژگی‌های کلیدی

یکی از مهم‌ترین خواص ماده زمینه‌ای، ماهیت چسبناک آن است. این چسبندگی باعث می‌شود باکتری‌ها و مواد بیگانه‌ای که در داخل ماتریکس قرار می‌گیرند، نتوانند به راحتی از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کنند. بنابراین ماده زمینه‌ای به عنوان سد در برابر نفوذ عوامل بیگانه عمل می‌کند.

تفاوت‌های گلیکوپروتئین‌ها و پروتئوگلیکان‌ها

ویژگی	پروتئوگلیکان (Proteoglycan)	گلیکوپروتئین (Glycoprotein)
جزء اصلی مولکول	کربوهیدرات (گلیکوزامینوگلیکان)	پروتئین
ساختار قند	تعداد زیادی GAG زنجیره‌ای بلند متصل به هسته پروتئینی	زنجیره‌های کوچک الیگوساکاریدی متصل به پروتئین
نسبت قند به پروتئین	زیاد	کم

هر دو مولکول ترکیبی از پروتئین و کربوهیدرات هستند، اما تفاوت اصلی آن‌ها در این است که کدام جزء، بخش غالب و اصلی مولکول را تشکیل می‌دهد:

2

اسید هیالورونیک (Hyaluronic Acid)

معرفی و اهمیت

اسید هیالورونیک که به آن هیالورونان (Hyaluronan) یا هیالورونات (Hyaluronate) نیز گفته می‌شود، یک GAG منحصر به فرد و بسیار مهم است. (جدول در پیوست ها)

- ◀ ویژگی‌های خاصی که آن را از سایر GAG ها متمایز می‌کند:
- ◀ بزرگ‌ترین، فراوان‌ترین و شاخص‌ترین گلیکوزامینوگلیکان بدن است.
- ◀ یک پلیمر خطی بلند است که از واحدهای دی ساکاریدی تشکیل شده؛ هگزوزامین آن گلوکزآمین و اسید اورونیک آن گلوکورونیک اسید است.
- ◀ برخلاف سایر GAG ها که داخل سلول ساخته می‌شوند، اسید هیالورونیک مستقیماً در ماتریکس خارج سلولی تولید می‌شود.
- ◀ آنزیم سازنده آن هیالورونات سنتاز (Hyaluronate Synthase) نام دارد که به غشای سلول چسبیده و رو به بیرون سلول قرار دارد.
- ◀ سولفات نه نیست. (برخلاف سایر GAG ها)
- ◀ نمی‌تواند به پروتئین مرکزی متصل شده و پروتئوگلیکان تشکیل دهد. (توضیح: در واقع مانند یک محور اصلی بلند است که در فضای بین سلول ها شناور است و پروتئوگلیکان ها به وسیله پروتئین های کوچکی به نام پروتئین های اتصال دهنده link proteins روی این محور هیالورونانی سوار می‌شوند.)

عملکردها

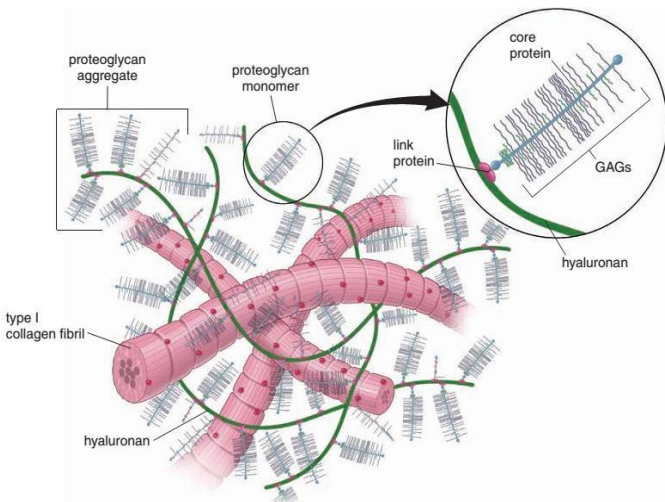
- اسید هیالورونیک یک شبکه متراکم و چسبناک درست می‌کند و می‌تواند به مقادیر بسیار زیادی آب متصل شود (برای مثال در غضروف). به همین دلیل:
- ◀ نقش مهمی در انتشار مولکول ها در بافت همبند دارد.
 - ◀ به عنوان عامل لغزنده کننده در مفاصل و اعضای مختلف عمل می‌کند. (آنیون های به شدت هیدروفیل و چسبنده بوده و کاتیون ها (اغلب سدیم) و آب را جذب میکنند، فضا ها را پر کرده، مثل بالشکت عمل کرده و عمل لغزندگی دارند.)
 - ◀ در تشکیل تجمعات پروتئوگلیکانی (Proteoglycan aggregates) نقش محوری دارد. (که در بخش بعدی توضیح داده می‌شود.)

پروتئوگلیکان ها (Proteoglycans)

ساختار کلی

همان طور که در بخش قبل اشاره شد، پروتئوگلیکان ها از یک هسته پروتئینی مرکزی (Core Protein) تشکیل شده اند که تعداد بسیار زیادی زنجیره گلیکوزامینوگلیکان (GAG) از طریق پیوندهای کووالانسی (Covalent Bonds) به آن متصل شده اند. این ساختار را به شکل یک شانه توصیف می‌کنند؛ هسته پروتئینی همان دسته شانه است و GAG ها همان موهای شانه.

GAG های اصلی که در پروتئوگلیکان ها یافت می شوند عبارتند از:



درماتان سولفات (Dermatan Sulfate)

کندروئیتین سولفات (Chondroitin Sulfate)

کراتان سولفات (Keratan Sulfate)

هپاران سولفات (Heparan Sulfate)

این GAG ها برخلاف اسید هیالورونیک، همگی سولفاته هستند و از طریق پیوند کووالانسی به هسته پروتئینی متصل می شوند و ساختاری به نام پروتئوگلیکان را درست می کنند.

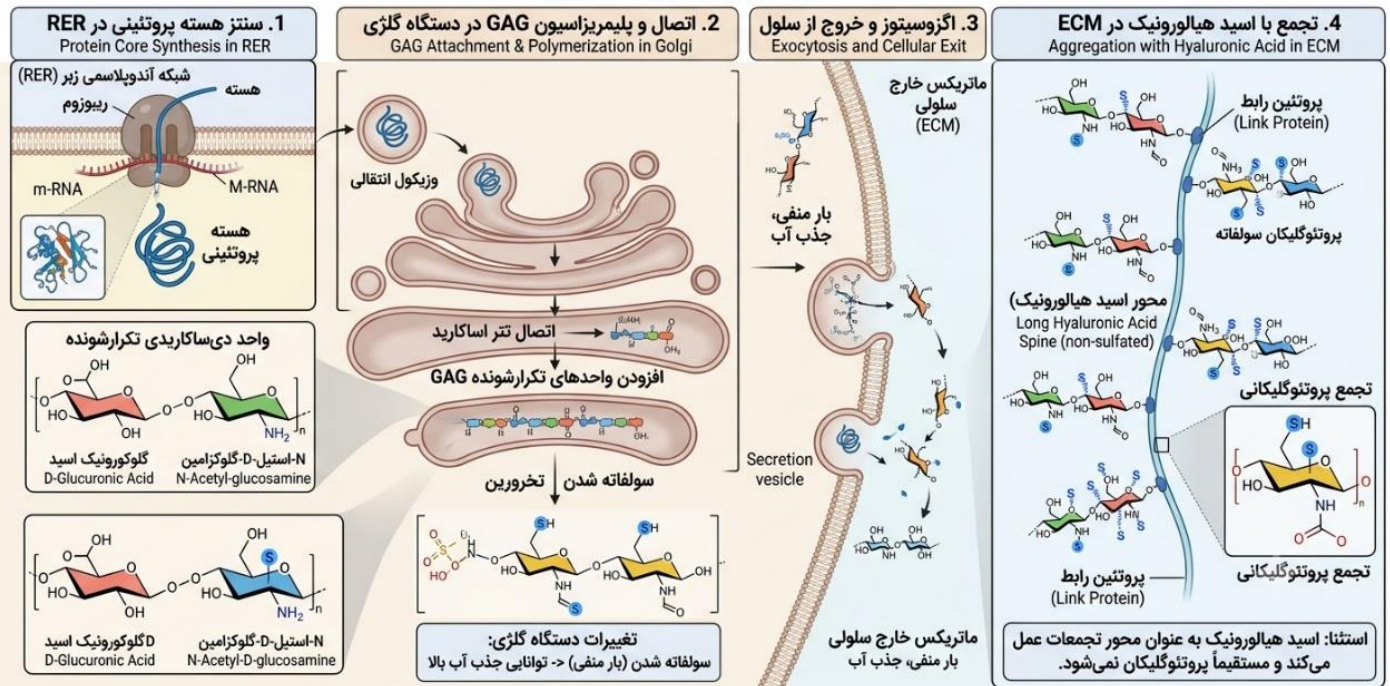
مکان تولید

پروتئوگلیکان ها در شبکه آندوپلاسمی خشن (Rough Endoplasmic Reticulum) ساخته می شوند (البته به جز هیالورونیک اسید!)، سپس در دستگاه گلژی (Golgi Apparatus) GAG ها به هسته پروتئینی اضافه می شوند و در نهایت از سلول اگزوسیتوز می شوند. پس از خروج از سلول، پروتئوگلیکان ها از طریق یک پروتئین رابط (Link Protein) به اسید هیالورونیک متصل می شوند.

در واقع ساخت پروتئوگلیکان ها از دو بخش تشکیل شده است: (۱) ساخت بخش پروتئینی که در شبکه آندوپلاسمی زیر رخ می دهد / (۲) ساخت و اتصال زنجیره های قندی که در دستگاه گلژی انجام می شود.

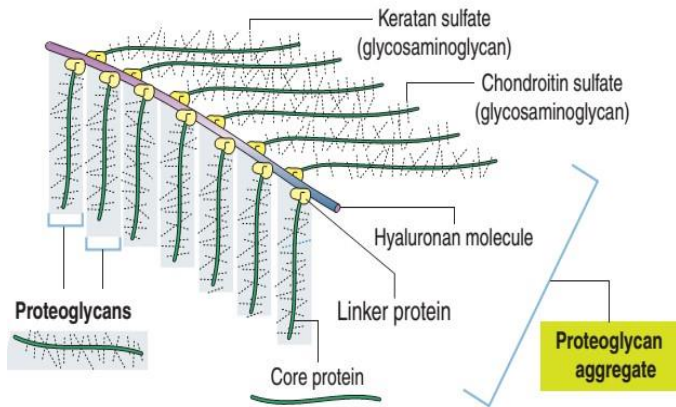
مسیر بیوسنتز و تجمع پروتئوگلیکان

Proteoglycan Biosynthesis and Aggregation Pathway



✓ توضیح اضافه: در دستگاه گلژی تغییرات مهمی مثل سولفاته شدن نیز روی این قند ها انجام می شود که به پروتئوگلیکان بار منفی می دهد و باعث توانایی بالای آن در جذب آب می شود.

تجمعات پروتئوگلیکانی (Proteoglycan Aggregates)



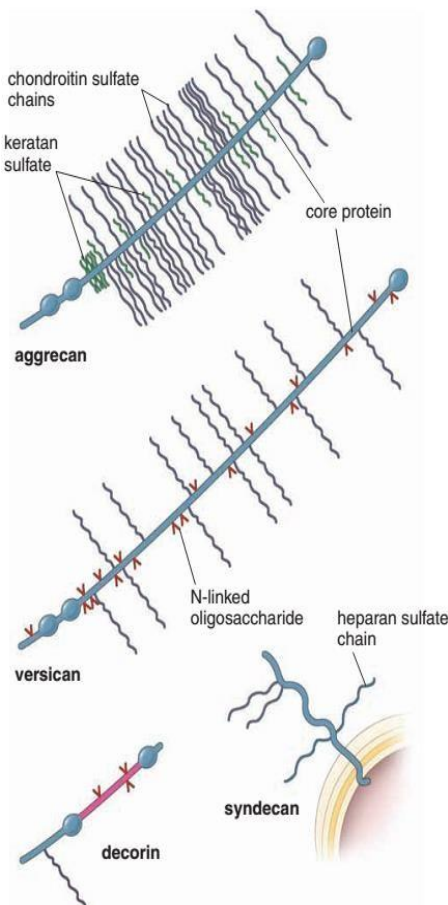
یکی از مهم ترین ساختارهای ماتریکس خارج سلولی، تجمعات پروتئوگلیکانی یا (Proteoglycan Aggregation) است. در این ساختار، یک رشته بلند اسید هیالورونیک در مرکز قرار می گیرد و تعداد بسیار زیادی پروتئوگلیکان از طریق پروتئین رابط (Link protein) به سطح آن متصل می شوند.

ساختار هر پروتئوگلیکان متصل شده به این صورت است که یک هسته پروتئینی مرکزی دارد و از این هسته، تعداد زیادی GAG

به صورت انشعاب بیرون زده است. نمونه این ساختار در غضروف (Cartilage) دیده می شود؛ جایی که اسید هیالورونیک صدها پروتئوگلیکان را در سطح خود جمع می کند.

انواع پروتئوگلیکان ها

پروتئوگلیکان های متعددی در بدن وجود دارند که هر کدام ساختار، موقعیت و عملکرد خاص خود را دارند. مهمترین پروتئوگلیکان ها عبارتند از:



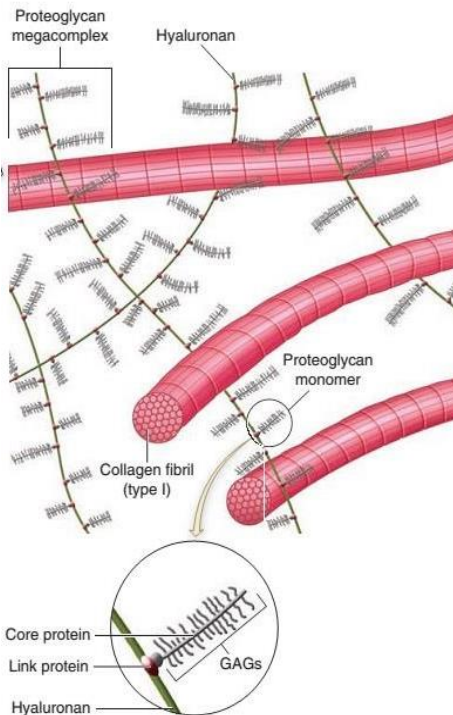
◀ **دکورین (Decorin)** یک پروتئوگلیکان کوچک است که هسته پروتئینی آن تنها یک یا چند زنجیره GAG دارد. یکی از نقش های اصلی دکورین، اتصال به فیبریل های کلاژن نوع یک است.

◀ **سیندکان (Syndecan)** یک پروتئوگلیکان سطح سلولی است. ویژگی منحصر به فرد آن این است که بخش هسته پروتئینی آن به صورت یک پروتئین اینتگرال (Integral Protein) از غشای سلول عبور کرده است؛ یعنی قسمتی از آن داخل سلول و قسمت دیگری که حاوی GAG هایی مثل هیپاران سولفات است، در خارج سلول قرار دارد.

◀ **اگرکان (Aggrecan)** یک پروتئوگلیکان بسیار بزرگ است که در غضروف وجود دارد. هسته پروتئینی بزرگی دارد که تعداد بسیار زیادی GAG به آن متصل است؛ به عنوان مثال حدود ۱۰۰ زنجیره کندروئیتین سولفات و ۵۰ زنجیره کراتان سولفات به یک هسته پروتئینی متصل می شوند.

◀ **پرلکان (Perlecan)** یک پروتئوگلیکان است که در غشای پایه (Basement Membrane) وجود دارد و در مبحث بافت پوششی (Epithelium) به آن اشاره شده است.

ویژگی‌های مهم پروتئوگلیکان‌ها



اتصال به آب و ایجاد فضا: پروتئوگلیکان‌ها به علت ساختار پلی آنیونی خود، آنیون‌هایی به شدت آبدوست هستند و می‌توانند کاتیون‌هایی مثل سدیم و آب را در کنار خود نگه دارند. در نتیجه می‌توانند متورم شده و فضاهای بزرگی در بافت ایجاد کنند.

نقش در دوران جنینی: بافت مزانشیم (Mesenchyme) در دوران جنینی سرشار از اسید هیالورونیک و آب است. این فراوانی باعث ایجاد فضاهای گسترده بین سلول‌های مزانشیمی می‌شود و به سلول‌ها اجازه می‌دهد که مهاجرت کنند. این نکته از نظر جنین‌شناسی (Embryology) بسیار مهم است.

ذخیره‌سازی فاکتورهای رشد: هسته پروتئینی و GAG‌های پروتئوگلیکان‌ها قابلیت اتصال به پروتئین‌های پیام‌رسان و فاکتورهای رشد (Growth Factors) را دارند. این ویژگی در دوران جنینی و در زمان ترمیم بافتی بسیار اهمیت دارد؛

پروتئوگلیکان‌ها این فاکتورها را در سطح خود ذخیره و غلیظ می‌کنند و هنگامی که ترمیم بافتی نیاز باشد، پروتئوگلیکان تجزیه شده و فاکتورهای رشد آزاد می‌شوند. این فاکتورها رشد سلولی جدید و سنتز ماتریکس خارج سلولی را تحریک می‌کنند.

نقش سدی در برابر عفونت: پروتئوگلیکان‌ها به علت چسبندگی بالا، سدی در مقابل نفوذ باکتری‌ها به قسمت‌های مختلف بافت ایجاد می‌کنند.

بیماری‌های مرتبط با پروتئوگلیکان‌ها

پروتئوگلیکان‌ها مانند سایر پروتئین‌ها، پس از تولید باید تجزیه و مجدداً ساخته شوند. تجزیه پروتئوگلیکان‌ها توسط لیزوزوم‌ها (Lysosomes) انجام می‌شود. در صورت نقص در آنزیم‌های لیزوزومی، پروتئوگلیکان‌ها نمی‌توانند تجزیه شوند و در درون بافت‌ها تجمع و تراکم می‌کنند.



Hurler Syndrome

Hunter Syndrome



Sanfilippo Syndrome

Morquio Syndrome

از آنجایی که پروتئوگلیکان‌ها قابلیت اتصال زیادی به آب دارند، تجمع آن‌ها باعث ایجاد فضاهای بزرگ در بافت، برآمدگی و تغییر شکل در بدن می‌شود. این دسته از بیماری‌ها بیماری‌های ذخیره‌سازی لیزوزومی (Lysosomal Storage Diseases) نام دارند و شامل موارد زیر می‌شوند:

- ◀ سندروم هورلر (Hurler Syndrome)
- ◀ سندروم هانتز (Hunter Syndrome)
- ◀ سندروم سانفیلیپو (Sanfilippo Syndrome)
- ◀ سندروم مورکیو (Morquio Syndrome)



سندروم مورکیو یکی از شناخته شده ترین این بیماری هاست که از ویژگی های آن وجود برآمدگی در ناحیه پشت (حالت کوهان) است که ناشی از تجمع پروتئوگلیکان ها در بافت های بدن می باشد.

گلیکوپروتئین های مولتی اتصال (Multiadhesive Glycoproteins)

تعریف و ساختار

گلیکوپروتئین های مولتی اتصال، که در برخی کتاب ها به اشتباه «گلیکوپروتئین های بسیار چسبناک» ترجمه شده اند، نام دقیق تر آن ها گلیکوپروتئین های دارای چندین جایگاه اتصال است. این مولکول ها مولکول های بسیار بزرگی هستند که در آن ها پروتئین جزء اصلی و غالب مولکول را تشکیل می دهد و زنجیره های الیگوساکاریدی کوچک تری به آن متصل هستند.

عملکرد اصلی

عملکرد اصلی این گلیکوپروتئین ها چسباندن سلول ها به ماده زمینه ای است. این کار را از طریق داشتن چندین جایگاه اتصال مختلف انجام می دهند:

✦ یک جایگاه اتصال به گیرنده های سطح سلولی یا همان پروتئین های اینتگرین (Integrin)

✦ چندین جایگاه اتصال به ماکرومولکول های ماتریکس خارج سلولی مانند

کلاژن، پروتئوگلیکان ها و GAG ها

به این ترتیب، این گلیکوپروتئین ها حلقه واسط بین اینتگرین های سطح سلولی و مولکول های ماتریکس خارج سلولی هستند.

انواع گلیکوپروتئین های مولتی اتصال

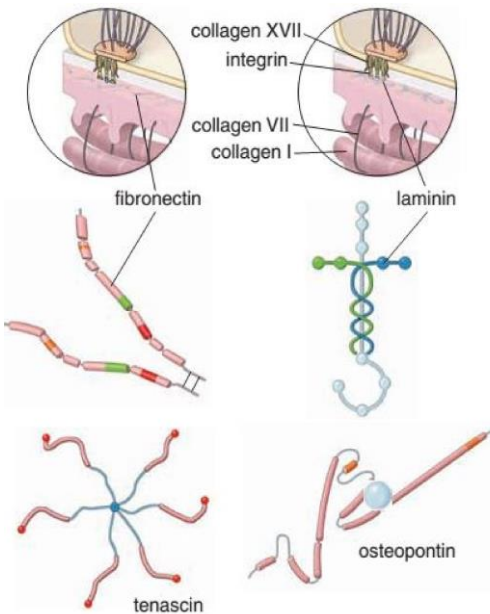
لامینین (Laminin)

لامینین یک گلیکوپروتئین بسیار بزرگ است که ساختار تریمری (Trimeric) دارد؛ یعنی از سه زنجیره پلی پپتیدی آلفا، بتا و گاما تشکیل شده که شکل کلی آن شبیه به صلیب است.

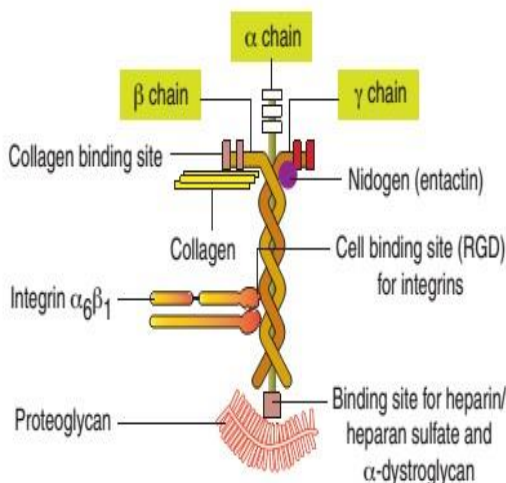
لامینین دارای جایگاه های اتصال برای موارد زیر است:

- ✦ سلول های پوششی (Epithelial Cells) از طریق اتصال به اینتگرین ها
- ✦ رشته های کلاژن نوع ۴ (Collagen Type IV) موجود در غشای پایه
- ✦ پروتئوگلیکان های ویژه

✓ لامینین در غشاهای پایه (Basement Membranes) و لامیناهای خارجی (External Laminae) وجود دارد و در شکل گیری و حفظ این ساختارها نقش اساسی ایفا می کند.

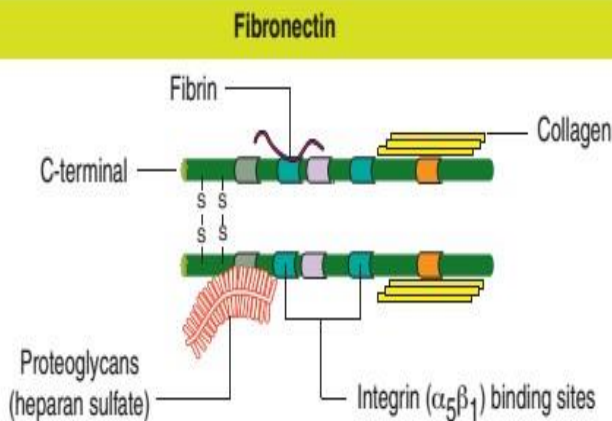


Laminin



فیبرونکتین (Fibronectin)

فیبرونکتین مولکولی است که به صورت دایمر (Dimer) وجود دارد و توسط فیبروبلاست ها (Fibroblasts) سنتز می شود. این مولکول نیز مانند لامینین دارای چندین جایگاه اتصال است:



✦ جایگاه اتصال به کلاژن

✦ جایگاه اتصال به گلیکوزامینوگلیکان ها

✦ جایگاه اتصال به اینتگرین ها

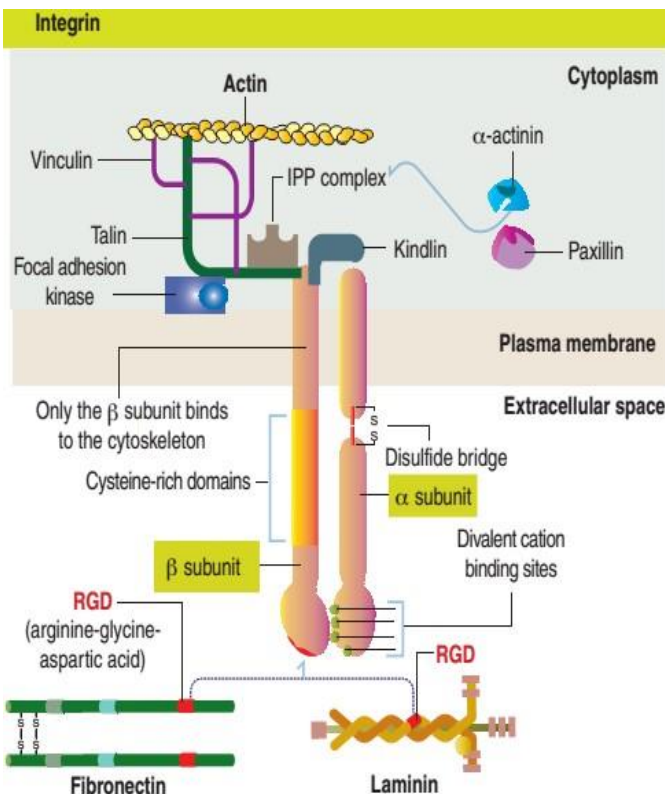
فیبرونکتین به صورت یک شبکه فیبریلار غیرمحلول در سراسر بافت همبند وجود دارد و مانند لامینین، هم در اتصال سلول ها به ماتریکس و هم در مهاجرت سلول ها در ماتریکس خارج سلولی نقش مهمی دارد.

* تناسین (tenascin) حالت پنتامری دارد و استئوپنتین (osteopontin) حالت مونومری دارد.

اینتگرین ها (Integrins)

تعریف و ساختار

اینتگرین ها پروتئین های سراسری یا خلال غشایی (Transmembrane Proteins) هستند که در غشای سلول ها قرار گرفته اند. این پروتئین ها برای توالی های خاصی از لامینین، فیبرونکتین، کلاژن و سایر پروتئین های ماتریکس خارج سلولی، حالت گیرندگی دارند.



ساختار اینتگرین ها از دو زیرواحد (Subunit) تشکیل شده است:

✦ زیرواحد آلفا (Alpha Subunit)

✦ زیرواحد بتا (Beta Subunit)

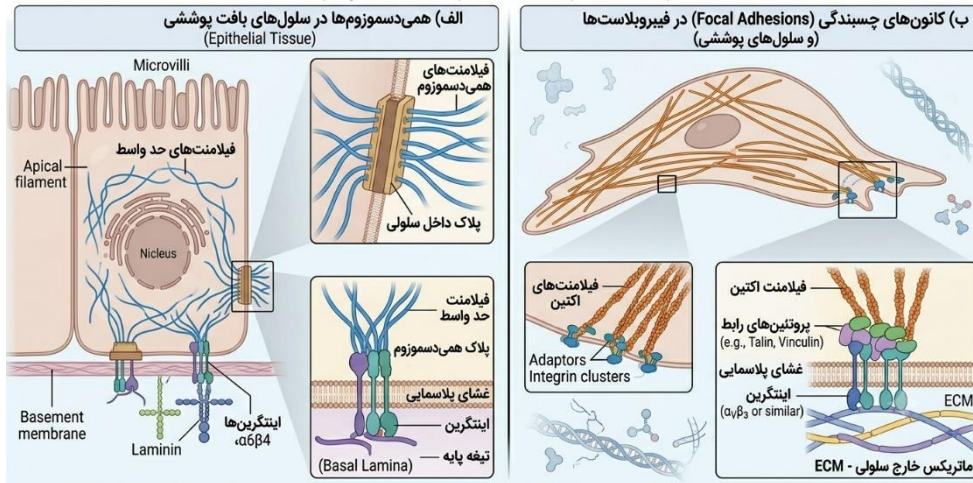
چون این دو زنجیره با هم متفاوت هستند، به اینتگرین ها هتروداایمر (Heterodimer) گفته می شود. هر دو زنجیره از غشای سلول عبور می کنند؛ یک بخش در خارج سلول و یک بخش در داخل سیتوپلاسم قرار دارد.

عملکرد و اتصالات

اتصال اینتگرین ها به لیگاندهای ماتریکس خارج سلولی (مثل لامینین و فیبرونکتین) امکان حرکت و مهاجرت سلول ها در محیط اطرافشان را فراهم می کند، بدون اینکه سلول ارتباطش با محیط را از دست بدهد.

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم اینتگرین‌ها این است که در داخل سلول به ساختارهای اسکلت سلولی متصل می‌شوند. در بیشتر سلول‌ها این اتصال از طریق پروتئین‌های پیرفرال غشایی مثل تالین (Talin) و وینکولین (Vinculin) صورت می‌گیرد. این پروتئین‌ها، اینتگرین‌ها را به فیلامنت‌های اکتین (Actin Filaments) متصل می‌کنند و در نتیجه یک سیستم پایدار مکانیکی بین داخل و خارج سلول برقرار می‌شود.

اتصالات اینتگرین در بافت‌های پوششی و غیرپوششی (Integrin Junctions in Epithelial and Non-Epithelial Tissues)



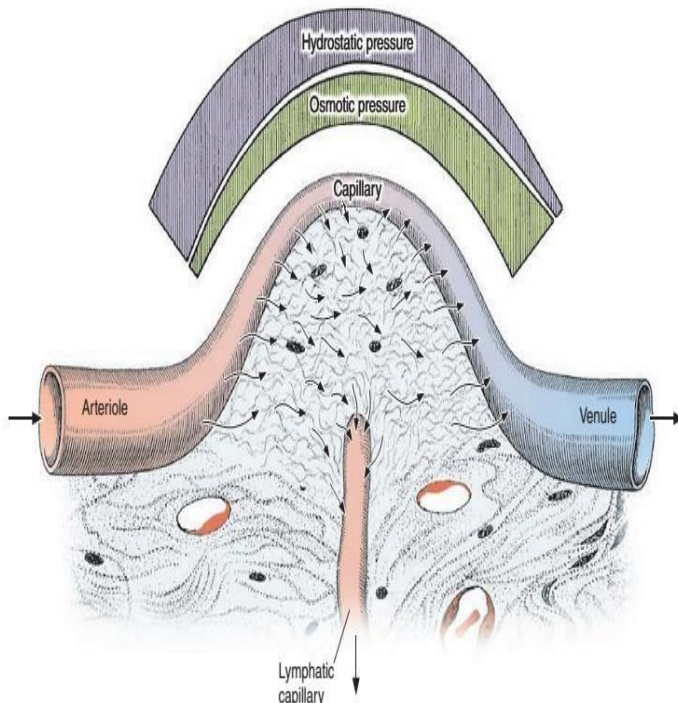
زنجیره اتصالات از خارج به داخل سلول
به این صورت است:

- ✦ کلاژن / پروتئوگلیکان‌ها / سایر اجزای ماتریکس
- ✦ لامینین و فیبرونکتین
- ✦ اینتگرین (در غشای سلول)
- ✦ تالین و وینکولین (پروتئین‌های پریفرال)
- ✦ فیلامنت‌های اکتین (داخل سیتوپلاسم)

اتصالات اینترنتی در بافت‌های پوششی

در برخی سلول‌ها مثل سلول‌های بافت پوششی (Epithelial Tissue)، اینتگرین‌ها به جای اتصال به اکتین، به فیلامنت‌های حد واسطه (Intermediate Filaments) متصل می‌شوند.

این اتفاق در ساختارهایی مثل همی‌دسموزوم‌ها (Hemidesmosomes) دیده می‌شود. همچنین ساختاری به نام کانون چسبندگی (Focal Adhesion) که در فیبروبلاست‌ها و سلول‌های پوششی وجود دارد، کمپلکس اینتگرین-فیلامنت اکتین تشکیل می‌شود.



مایع بینابینی (Interstitial Fluid)

تعریف و ترکیب

مایع بینابینی (Interstitial Fluid) همان آب موجود در ماده زمینه‌ای بافت همبند است که از دیواره مویرگ‌های خونی خارج شده و وارد فضای بافت همبند می‌شود. از نظر ترکیب، این مایع شبیه به پلاسمای خون است، با این تفاوت که فقط پروتئین‌های پلاسمایی با وزن مولکولی پایین می‌توانند از دیواره مویرگ عبور کرده و وارد مایع بینابینی شوند.

نکته مهم این است که با وجود اینکه تنها بخش کوچکی از پروتئین‌های بافت همبند از پلاسمای خون مبدأ می‌گیرند، تخمین زده شده که به علت حجم و توزیع گسترده بافت همبند، یک سوم از پروتئین‌های پلاسمایی بدن در ماتریکس بافت همبند ذخیره شده‌اند و در مواقع لزوم می‌توانند مجدداً وارد عروق شوند.

نیروهای مؤثر بر تبادل مایع در مویرگ‌ها

دو نیروی اصلی بر آب موجود در مویرگ‌ها اثر می‌گذارند:

فشار هیدرواستاتیک (Hydrostatic Pressure) این فشار ناشی از پمپاژ قلب است و باعث خروج آب از دیواره مویرگ به سمت بافت همبند می‌شود. این فشار در سمت شریانچه‌ای (Arteriole side) مویرگ بیشتر است و به سمت وریدچه‌ای (Venule side) کاهش پیدا می‌کند.

فشار اسموزی کلوئیدی (Colloid Osmotic Pressure) این فشار ناشی از پروتئین‌های پلاسمایی مثل آلبومین (Albumin) است که در داخل رگ قرار دارند و قادر نیستند از دیواره مویرگ خارج شوند. این پروتئین‌ها یک نیروی مکشی ایجاد می‌کنند که مایعات را به داخل رگ باز می‌گرداند. این فشار در سمت وریدچه‌ای مویرگ غالب است.

در نتیجه، در سمت شریانچه‌ای مویرگ، مواد از دیواره مویرگ خارج شده و وارد مایع بینابینی می‌شوند. در سمت وریدچه‌ای، فشار اسموزی غالب شده و مایعات را به داخل گردش خون بازمی‌گرداند. با این حال، تمام مایع خارج شده از سمت شریانچه‌ای از سمت وریدچه‌ای باز نمی‌گردد.

مویرگ‌های لنفاوی (Lymphatic Capillaries)

مایع اضافی که از سمت وریدچه‌ای مویرگ باز جذب نشده، از طریق مویرگ‌های لنفاوی که انتهای بسته دارند جذب می‌شود. این مویرگ‌های لنفاوی در کنار مویرگ‌های خونی وجود دارند و هر ماده‌ای که از طریق وریدچه باز جذب نشده باشد می‌تواند وارد آن‌ها شود. مویرگ‌های لنفاوی در نهایت محتوای خود را به جریان خون بازمی‌گردانند.

انواع بافت همبند (Types of Connective Tissue)

چرا انواع مختلفی از بافت همبند وجود دارد؟

علت تنوع بافت‌های همبند در بدن این است که ترکیب، تراکم و نسبت سلول‌ها، رشته‌ها و ماکرومولکول‌های خارج سلولی در بافت‌های همبند مختلف با یکدیگر فرق می‌کند. هر نوع بافت همبند بر اساس نیاز عملکردی خاصی به وجود آمده است. نام‌گذاری انواع بافت همبند نیز بر اساس غالب بودن هر یک از اجزای ماتریکس خارج سلولی صورت می‌گیرد.

دسته بندی کلی بافت های همبند

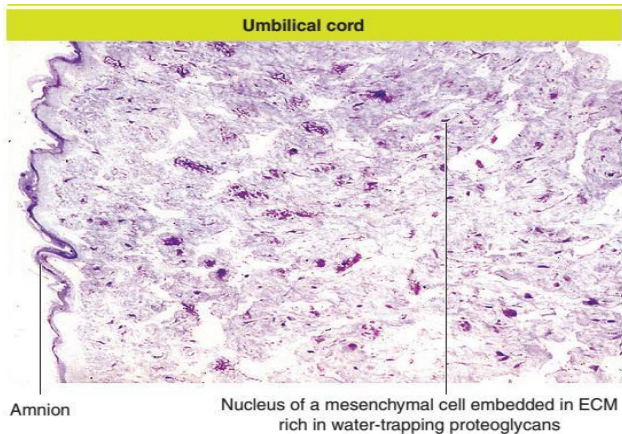
به طور کلی بافت همبند به سه دسته اصلی تقسیم می شود:

- ◀ بافت همبند رویانی یا مزانشیم (Embryonic Connective Tissue)
- ◀ بافت همبند بالغین یا حقیقی (Connective Tissue Proper)
- ◀ بافت همبند اختصاصی یا ویژه (Specialized Connective Tissue)

بافت همبند رویانی (Embryonic Connective Tissue)

بافت همبند رویانی شامل دو نوع است:

مزانشیم (Mesenchyme) بافت همبند اصلی دوران جنینی است. همان طور که پیش تر اشاره شد، مزانشیم سرشار از اسید هیالورونیک و آب است که باعث ایجاد فضاهای گسترده بین سلول ها و امکان مهاجرت سلولی می شود. این بافت در جنین در حال رشد اطراف اندام های در حال تشکیل قرار می گیرد.



بافت همبند موکوئیدی (Mucoïd Connective Tissue) این بافت در بند ناف (Umbilical Cord) و برخی اعضای جنینی وجود دارد. مهم ترین ویژگی آن این است که ماده زمینه ای جزء غالب آن است (مهمترین ساختار) که عمدتاً از اسید هیالورونیک تشکیل شده است. رشته های کلاژن در این بافت اندک هستند. به بافت موکوئیدی بند ناف، ژله وارتون (Wharton's Jelly) گفته می شود. این بافت همچنین در حفرات پالپ دندان و اتاقک زجاجیه نیز وجود دارد.

هر دو بافت ذکر شده جنینی اند، اما فقط بافت مزانشیمی منشأ اصلی

تشکیل سایر بافت های پیوندی محسوب می شود و بافت موکوئیدی بیشتر نقش حفاظتی و حمایتی دارد.

بافت همبند بالغین یا حقیقی (Connective Tissue Proper)

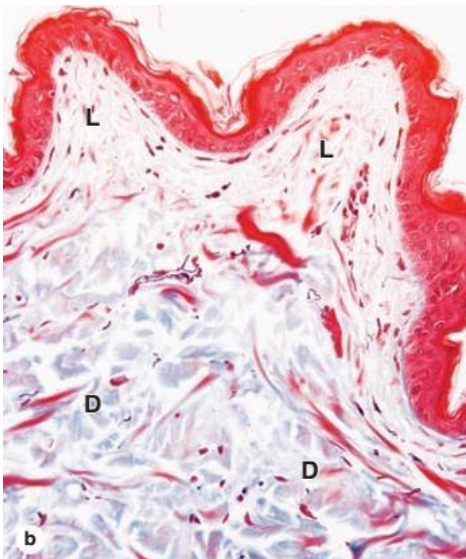
بافت همبند حقیقی بر اساس میزان رشته های کلاژن به دو نوع اصلی تقسیم می شود:

- ◀ بافت همبند سست (Loose Connective Tissue)
 - ◀ بافت همبند متراکم (Dense Connective Tissue)
- همچنین دو نوع دیگر نیز در این دسته جای می گیرند:

- ◀ بافت همبند رتیکولار (Reticular Connective Tissue)
- ◀ بافت همبند الاستیک (Elastic Connective Tissue)

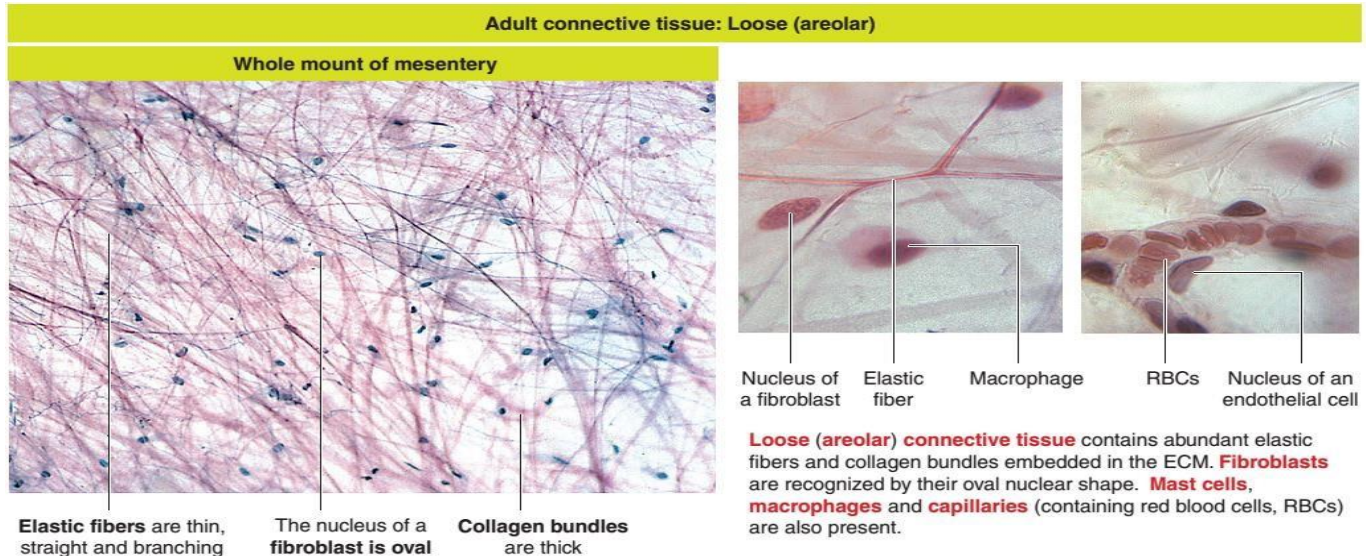
بافت همبند سست (Loose Connective Tissue)

بافت همبند سست که به آن بافت همبند آرئولار (Areolar Connective Tissue) نیز گفته می شود، بافتی است که در آن سلول ها، رشته ها و ماده زمینه ای به مقدار تقریباً مساوی وجود دارند.



ویژگی‌های اصلی این بافت عبارتند از:

- تعداد سلول‌ها نسبت به بافت همبند متراکم بیشتر است
- رشته‌های کلاژن نسبت به بافت متراکم کمتر است
- فراوان‌ترین سلول آن فیبروسیت (Fibrocyte) است، هرچند انواع دیگری از سلول‌ها نیز ممکن است وجود داشته باشند
- رشته‌های موجود بیشتر از نوع کلاژن هستند، هرچند رشته‌های الاستیک و رتیکولار نیز دیده می‌شوند
- انعطاف‌پذیری بیشتر و مقاومت کمتر در برابر فشار دارد



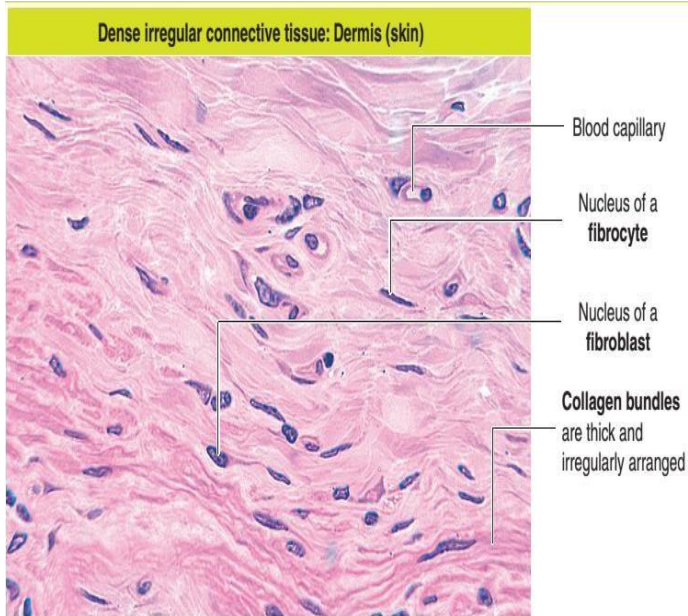
محل قرارگیری: بافت همبند سست عمدتاً در زیر اپیتلیوم‌ها دیده می‌شود؛ مثل اپیتلیوم دستگاه تنفس، دستگاه گوارش و دستگاه ادراری تناسلی. در زیر اپیتلیوم و غشای پایه، یک لایه ضخیم از این بافت وجود دارد که به آن لامینا پروپریا (Lamina Propria) گفته می‌شود. همچنین در اطراف عروق خونی کوچک نیز این بافت یافت می‌شود.

بافت همبند متراکم (Dense Connective Tissue)

بافت همبند متراکم بافتی است که رشته‌های کلاژن جزء غالب آن هستند. این بافت برای مقاومت و حفاظت تکامل یافته است و ویژگی‌های زیر را دارد:

- رشته‌های کلاژن فراوان
- تعداد سلول‌ها کمتر از بافت سست
- مقدار کمی ماده زمینه‌ای
- انعطاف‌پذیری کمتر و مقاومت بیشتر در برابر فشار

بافت همبند متراکم بر اساس نحوه قرارگیری رشته‌های کلاژن نسبت به هم به دو نوع تقسیم می‌شود:



بافت همبند متراکم نامنظم (Dense Irregular Connective Tissue)

در این بافت، رشته‌های کلاژن به صورت نامنظم و بدون جهت‌گیری معین در هم بافته شده‌اند و یک شبکه سه بعدی مقاوم ایجاد می‌کنند. این شبکه در برابر فشارهایی که از تمام جهات وارد می‌شود مقاومت می‌کند. بنابراین اگر به یک ساختار از همه جهات فشار وارد شود، بافت همبند متراکم نامنظم بهترین گزینه است.

محل قرارگیری:

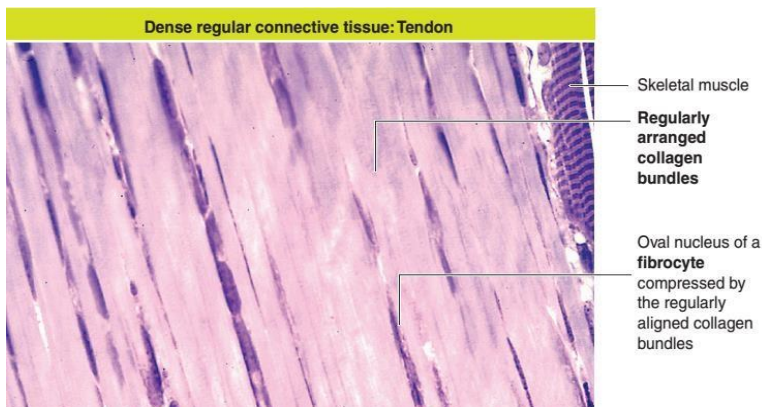
◀ درم پوست (Dermis)

◀ کیسول اندام‌ها (Organ Capsules)

این بافت معمولاً در ارتباط نزدیک با بافت همبند سست است و جدا کردن آن‌ها از یکدیگر اختیاری است.

بافت همبند متراکم منظم (Dense Regular Connective Tissue)

در این بافت، رشته‌های کلاژن (عمدتاً کلاژن نوع یک) به صورت موازی و هم‌راستا با یکدیگر قرار گرفته‌اند. فیبروبلاست‌ها نیز بین رشته‌های کلاژن و به موازات آن‌ها قرار دارند.



ویژگی‌های این بافت:

◀ مقدار کمی ماده زمینه‌ای

◀ مقادیر کمی عروق خونی (از نظر منبع خونی ضعیف است.)

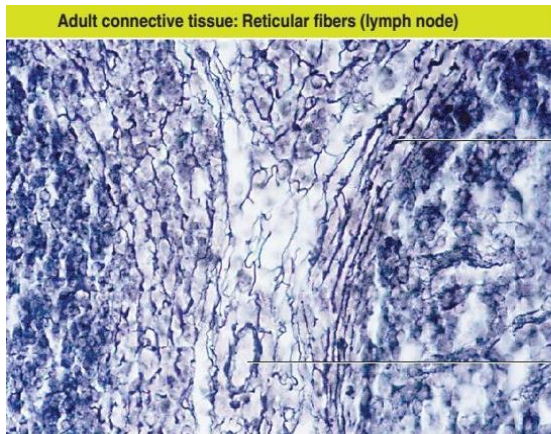
◀ ترمیم آن به کندی صورت می‌گیرد.

عملکرد: مقاومت در برابر فشارهای طولانی مدت در یک جهت مشخص.

محل قرارگیری:

◀ تاندون‌ها (Tendons): رشته‌های کلاژن کاملاً موازی هم هستند. به فیبروبلاست‌ها و فیبروسیت‌های موجود در تاندون‌ها تندون بلاست (Tendinoblast) و تندون سیت (Tendinocyte) گفته می‌شود. این سلول‌ها هسته‌های کشیده‌ای دارند که به موازات رشته‌های کلاژن کشیده شده‌اند. به فیبروبلاست‌های داخل تاندون اندوتندون سیت (Endotenonocyte) نیز گفته می‌شود.

◀ رباط‌ها (Ligaments): از جمله لیگامنتا فلاوا (Ligamenta Flava) یا رباط زرد که لامیناهای دو مهره را به هم متصل می‌کند



Reticular fibers (type III collagen) can be identified in the stroma of this lymph node after impregnation with silver salts. Reticular fibers are argyrophilic.

Portion of a lymphatic nodule
Blood vessel

آپونوروز (Aponeurosis) : تاندون های پهن عضلات

شکم که در آن ها دسته های کلاژن به صورت ۹۰ درجه بر روی یکدیگر قرار می گیرند. (جدول در پیوست ها)

بافت همبند رتیکولار (Reticular Connective Tissue)

بافتی است که رشته های رتیکولار جزء غالب آن هستند.

رشته های رتیکولار از جنس کلاژن نوع ۳ هستند و یک شبکه سه بعدی در دور تا دور سلول ها ایجاد می کنند.

این رشته های رتیکولار توسط سلول هایی به نام سلول های

رتیکولار (Reticular Cells) ساخته می شوند که همان فیرو بلاست های تغییر شکل یافته هستند و می توانند به مقدار زیادی کلاژن نوع ۳ تولید کنند. رشته های رتیکولار به علت میزان قند بالا (گلوکز یله) با رنگ های خاص قابل شناسایی هستند و در اندام های مختلف داریست ایجاد می کنند.

برای مشاهده آنها از رنگ آمیزی نقره استفاده می شود و به رشته های رتیکولار آرژیروفیل (Argyrophilic) می گویند.

محل قرارگیری:

اندام های خونساز مثل مغز استخوان (Bone Marrow)

اعضای لنفاوی مثل گره های لنفاوی (Lymph Nodes) و طحال (Spleen)

بافت های همبند اختصاصی (Specialized Connective Tissues)

بافت های همبند اختصاصی، بافت های همبندی هستند که برای عملکردهای خاصی تخصص پیدا کرده اند. این بافت ها عبارتند از:

بافت چربی (Adipose Tissue) : برای ذخیره چربی تخصص یافته

غضروف (Cartilage) : بافت همبند تخصص یافته ای با ماتریکس ژلاتینی محکم و مقاوم

استخوان (Bone) : بافت همبند تخصص یافته با ماتریکس کلسیفیه

خون (Blood) : بافت همبند تخصص یافته مایع

بافت های خونساز (Hematopoietic Tissues) : مثل مغز استخوان

بافت لنفاوی (Lymphoid Tissue)

جدول جمع بندی انواع بافت همبند

نوع بافت	عملکرد اصلی	محل اصلی	جزء غالب
مزانشیم	امکان مهاجرت سلولی	دوران جنینی	هیالورونیک اسید و آب
موکونیدی	پر کردن فضا و حمایت	بند ناف، پالپ دندان	ماده زمینه ای (هیالورونیک اسید)
سست (آرئولار)	انعطاف پذیری، تغذیه بافت	زیر اپیتلیوم ها، لامینا پروپریا	سلول ها و ماده زمینه ای
متراکم نامنظم	مقاومت در برابر فشار از همه جهات	درم پوست، کیسول اندام ها	رشته های کلاژن نامنظم
متراکم منظم	مقاومت در برابر فشار در یک جهت	تاندون ها، رباط ها	رشته های کلاژن موازی
رتیکولار	ایجاد داریست سه بعدی	مغز استخوان، غدد لنفاوی	رشته های رتیکولار (کلاژن نوع ۳)

نمونه سوالات

تاندون از کدام یک از بافت های همبند می باشد؟

۱. هم بند متراکم منظم
۲. متراکم نامنظم
۳. سست
۴. غربالی

✓ پاسخ: گزینه ۱

نمونه سوالات تمرینی (AI):

سوال ۱) کدام یک از گزینه های زیر در مورد اسید هیالورونیک صحیح است؟

- ۱) دارای گروه های سولفات بوده و در داخل سلول ساخته می شود
- ۲) یک گلیکوزامینوگلیکان سولفاته است که به پروتئین مرکزی متصل می شود
- ۳) مستقیماً در ماتریکس خارج سلولی تولید شده و سولفاته نیست
- ۴) فقط در بافت همبند جنینی یافت می شود و در بالغین وجود ندارد

✓ پاسخ صحیح: گزینه ۳

سوال ۲) تفاوت اصلی پروتئوگلیکان و گلیکوپروتئین در چیست؟

- ۱) پروتئوگلیکان ها فقط در غضروف یافت می شوند، اما گلیکوپروتئین ها در همه بافت ها
- ۲) در پروتئوگلیکان جزء اصلی کربوهیدرات (GAG) و در گلیکوپروتئین جزء اصلی پروتئین است
- ۳) گلیکوپروتئین ها دارای زنجیره های طولانی GAG هستند اما پروتئوگلیکان ها ندارند
- ۴) پروتئوگلیکان ها آب دوست هستند اما گلیکوپروتئین ها آب گریزند

✓ پاسخ صحیح: گزینه ۲

سوال ۳) در ساختار تجمعات پروتئوگلیکانی (Proteoglycan Aggregates)، کدام مولکول به عنوان محور مرکزی عمل می کند؟

- ۱) کراتان سولفات
- ۲) فیبرونکتین
- ۳) اسید هیالورونیک
- ۴) المینین

✓ پاسخ صحیح: گزینه ۳

سوال ۴) کدام یک از بیماری های زیر جزو بیماری های ذخیره سازی لیزوزومی ناشی از نقص در تجزیه پروتئوگلیکان ها است؟

- ۱) سندرم مورکیو
- ۲) سندرم داون
- ۳) فیبروز کیستیک
- ۴) هموفیلی

✓ پاسخ صحیح: گزینه ۱

سوال ۵) در بافت همبند متراکم منظم (Dense Regular Connective Tissue) رشته‌های کالژن چگونه قرار گرفته‌اند و چه ویژگی مهمی دارند؟

- ۱) به صورت نامنظم و شبکه‌ای - مقاومت در برابر فشار از همه جهات
- ۲) به صورت موازی و همراستا - مقاومت در برابر فشار طولانی مدت در یک جهت
- ۳) به صورت حلقوی - مقاومت در برابر کشش دایره‌ای
- ۴) به صورت عمود بر هم - افزایش خاصیت ارتجاعی

✓ پاسخ صحیح: گزینه ۲

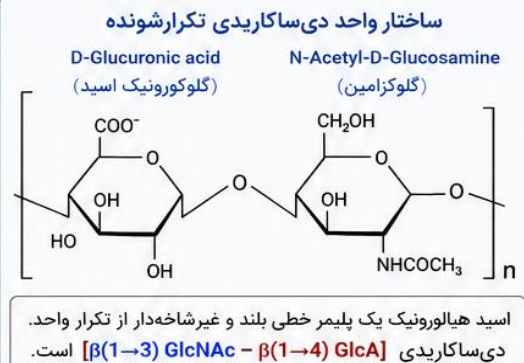
پیوست ها

اسید هیالورونیک (Hyaluronic Acid)

اسید هیالورونیک که به آن هیالورونان (Hyaluronan) یا هیالورونات (Hyaluronate) نیز گفته می‌شود، یک GAG منحصربه‌فرد و بسیار مهم است.

ویژگی‌های خاص اسید هیالورونیک

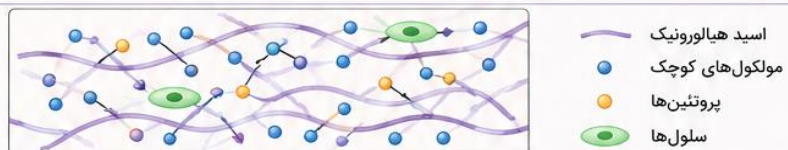
- 1 بزرگ‌ترین، فراوان‌ترین و شاخص‌ترین گلیکوزامینوگلیکان بدن است.
- 2 یک پلیمر خطی بلند است که از واحدهای دی‌ساکاریدی تشکیل شده؛ هگزوزامین آن گلوکزآمین و اسید اورونیک آن گلوکورونیک اسید است.
- 3 برخلاف سایر GAGها که داخل سلول ساخته می‌شوند، اسید هیالورونیک مستقیماً در ماتریکس خارج سلولی تولید می‌شود.
- 4 آنزیم سازنده آن هیالورونات سنتاز (Hyaluronate Synthase) نام دارد که به غشای سلول چسبیده و رو به بیرون سلول قرار دارد.
- 5 **سولفاته نیست.** (برخلاف سایر GAGها)
- 6 **نمی‌تواند** به پروتئین مرکزی متصل شده و پروتئوگلیکان تشکیل دهد.
- 7 توضیح: در واقع مانند یک محور اصلی بلند است که در فضای بین سلول‌ها شناور است و پروتئوگلیکان‌ها به وسیله پروتئین‌های کوچکی به نام پروتئین‌های اتصال دهنده (link proteins) روی این محور هیالورونانی سوار می‌شوند.



عملکردها

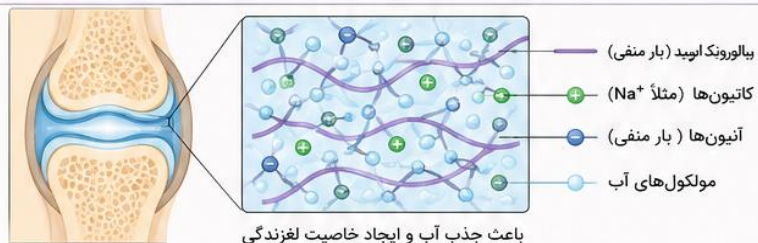
اسید هیالورونیک یک شبکه متراکم و چسبناک درست می‌کند و می‌تواند به مقادیر بسیار زیادی آب متصل شود (برای مثال در غضروف). به همین دلیل:

- 1 نقش مهمی در انتشار مولکول‌ها در بافت همبند دارد.



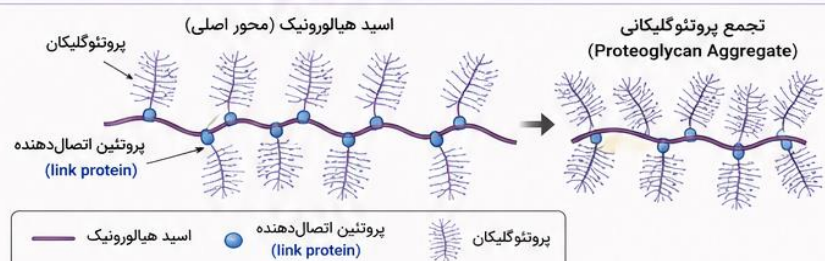
- 2 به‌عنوان عامل لغزنده‌کننده در مفاصل و اعضای مختلف عمل می‌کند.

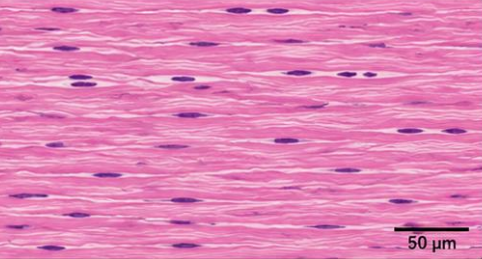
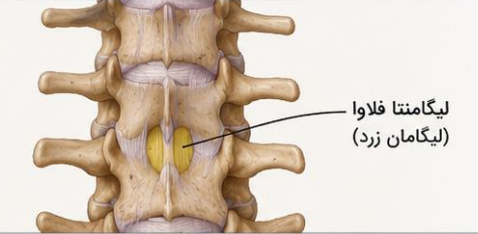
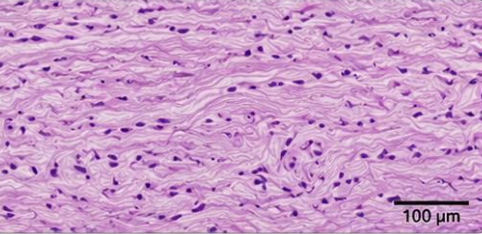
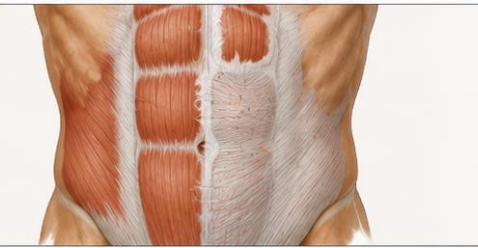
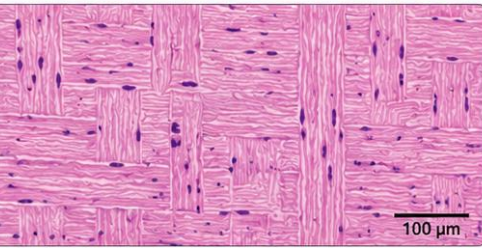
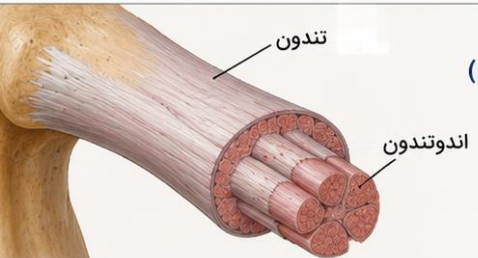
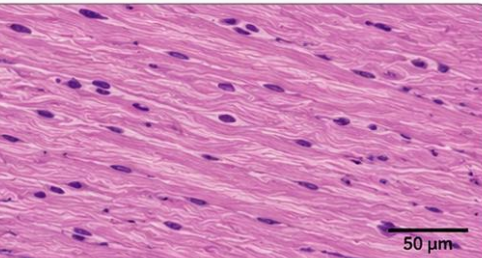
(آنیون‌های به شدت هیدروفیل و چسبنده بوده و کاتیون‌ها (اغلب سدیم) و آب را جذب می‌کنند، فضا را پر کرده، مثل بالشتک عمل کرده و عمل لغزندگی دارند.)



- 3 در تشکیل تجمعات پروتئوگلیکانی (Proteoglycan Aggregates) نقش محوری دارد.

(که در بخش بعدی توضیح داده می‌شود.)



	تاندون‌ها (Tendons) رشته‌های کلاژن کاملاً موازی هم هستند. به فیبروبلاست‌ها و فیبروسیت‌های موجود در تاندون‌ها تندون‌بلاست (Tendinoblast) و تندون‌سیت (Tendinocyte) گفته می‌شود. این سلول‌ها هسته‌های کشیده‌ای دارند که به موازات رشته‌های کلاژن کشیده شده‌اند.	 50 μm
 لیگامنتا فلاوا (لیگامان زرد)	رابط‌ها (Ligaments) از جمله لیگامنتا فلاوا (Ligamenta Flava) یا رابط زرد که لامیناهای دو مهره را به هم متصل می‌کند.	 100 μm
	آپونوروز (Aponeurosis) تاندون‌های پهن عضلات شکم که در آن‌ها دسته‌های کلاژن به صورت ۹۰ درجه بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند.	 100 μm
 تندون اندوتندون	اندوتندون‌سیت (Endotenonocyte) به فیبروبلاست‌های داخل تاندون اندوتندون‌سیت (Endotenonocyte) نیز گفته می‌شود.	 50 μm