

## ساختمان و عمل سیستم عضلانی- اسکلتی

دکتر محمد حسن جوکار

عمل اصلی سیستم عضلانی- اسکلتی حمایت و حفاظت از بدن و فراهم آوردن امکان حرکت در اندام ها و اسکلت برای تامین نیازهایش می باشد. سیستم عضلانی- اسکلتی از انواع مختلفی از بافت های همبند تشکیل شده است. این بافت ها عبارتند از:

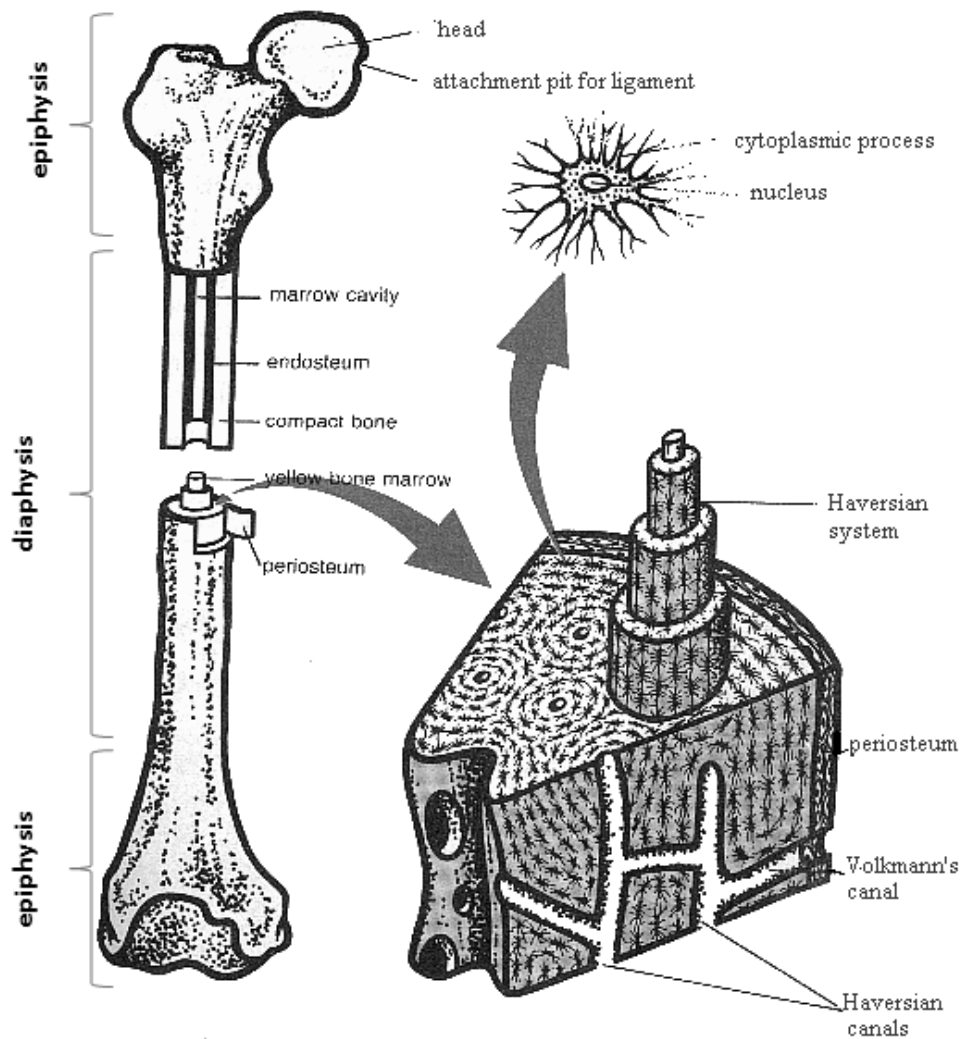
- استخوان
- عضلات اسکلتی
- رباط ها (ligaments) و وترها (tendons)
- غضروف

استخوان، غضروف، و عضله در دوران جنینی از بافت مزانشیما بوجود می آیند. ساختمان اصلی و پایه آنها در زمان آمبریونیک (هفته 4-8) تشکیل شده و در طی بقیه دوران حاملگی (دوران فتال) فقط از نظر اندازه رشد می کنند. در طی این دوران و در تمام طول حیات، تکامل سیستم حرکتی شدیداً تحت تأثیر حرکت، استفاده و استرس های فیزیکی است، که باعث می شوند این سیستم تطابق لازم را با نیاز های شخص پیدا کند.

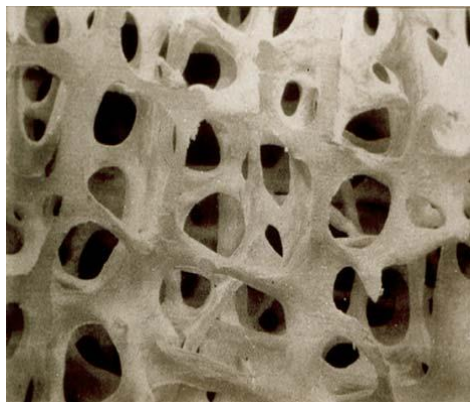
### استخوان

استخوان از دو جزء تشکیل شده است:

- ماتریکس آلی: الیاف کلاژن مهمترین جزء ماتریکس است.
  - جزء معدنی: این قسمت بیشتر از بلورهای هیدروکسی آپاتیت تشکیل شده است.
- استخوان بافتی زنده و پویا است که ساخت و ساز (remodeling) به صورت یک پدیده بدون وقفه و دائم در آن روی می دهد. استخوان های دراز در بالغین از استخوان کورتیکال یا متراکم تشکیل شده که در اطراف کانال مدولاری قرار گرفته اند. کانال مدولاری از استخوان اسفنجی پر شده است. استخوانهای کورتیکال در مناطقی که به استقامت و حمایت بیشتری نیاز است، قرار دارند، در صورتی که استخوان اسفنجی در مناطقی که خون سازی انجام می شود وجود دارد. در استخوانهای متراکم سلولهای استخوانی (استئوسیت) در داخل حفره ای به نام لاکونا (lacunae) قرار گرفته اند. این حفره ها در لابلای تیغه های استخوانی (lamellae) واقع شده اند. چندین لاملا در اطراف یک کانال عروقی به نام کانال هاورزین (haversian) به شکل دوایر متحدالمرکزی قرار گرفته اند. در استخوان اسفنجی سیستم هاورزین وجود ندارد و لاملاها ایجاد شبکه اسفنجی به نام تراابکولا (trabeculae) می کنند.
- دو انتهای استخوانهای دراز که اپی فیز (epiphyses) نامیده می شوند در مجاورت مفصل حجیم شده و دارای استخوان اسفنجی هستند. تنه استخوانهای دراز که دیا فیز نامید می شود، توسط پریوست پوشیده می شود. حفره داخلی استخوان توسط اندوستیوم (endosteum) مفروش شده و با مغز استخوان پر می شود. در زمان رشد یک لایه غضروفی بین دیا فیز و اپی فیز وجود دارد. این لایه غضروفی صفحه اپی فیزیال یا صفحه رشد نامیده می شود. وظیفه صفحات رشد ایجاد رشد طولی استخوانها است<sup>1</sup>. (تصویر شماره 1 و 2)



تصویر شماره 1: ساختمان یک استخوان دراز



تصویر شماره 2: ساختمان استخوان اسفنجی

**غضروف:** غضروف یک نوع بافت همبند با خاصیت ارتجاعی بالاست. غضروف مفصلی نقش بسیار مهمی در عملکرد مفصلی دارد.

**رباط (Ligament):** رباط ها بافت‌های فیبروی محکمی هستند که دو استخوان را به هم متصل میکنند. رباط ها می توانند به صورت افزایش ضخامت قسمتی از کیسول مفصلی و یا به صورت ساختمان های مستقلی باشند. محل اتصال محکم ساختمان های فیبروی (تاندون ، لیگمان و کیسول) به استخوان را انتز (entheses) می گویند.

**بورس:** بورس ها کیسه های پر از مایعی هستند که باعث تسهیل حرکات در ساختمان های جنب مفصلی می شوند. پوشش داخلی آنها شبیه بافت سینوویال است. بورس های زیر جلدی بعد از تولد معمولاً در پاسخ به اصطکاک طبیعی ایجاد می گردند در حالیکه، بورس های عمقی قبل از تولد ایجاد شده و ممکن است با حفره مفصلی ارتباط داشته یا نداشته باشند.

**عضله:** عضلات با انقباض خود روی مفاصل عمل کرده و باعث حرکات مفصلی در محدوده طبیعی می گردند.

**تاندون:** تاندون ها واسطه اتصال عضلات به استخوان ها می باشند. خیلی از تاندونها (به خصوص آنهایی که دامنه حرکتی وسیعی دارند) دارای غلافی هستند که شبیه کیسول مفصلی می باشند. این غلاف باعث کاهش اصطکاک در هنگام حرکات تاندونی می گردد.

**مفصل:** مفصل محلی از اسکلت است که دو یا چند استخوان به یکدیگر متصل می شوند مفصل دارای ساختمان خاصی است که هم دارای ثبات و هم دارای حرکت است. در طی حرکات طبیعی ، غضروف مفصلی ممکن است فشار زیادی (در حد چند برابر وزن) را متحمل شود. ساختمان مفصل دارای ویژگی خاصی است و برای تحمل چنین فشاری بخوبی تطابق یافته است. دو نوع مهم مفصل در بدن وجود دارد (تساوی شماره 3-7):

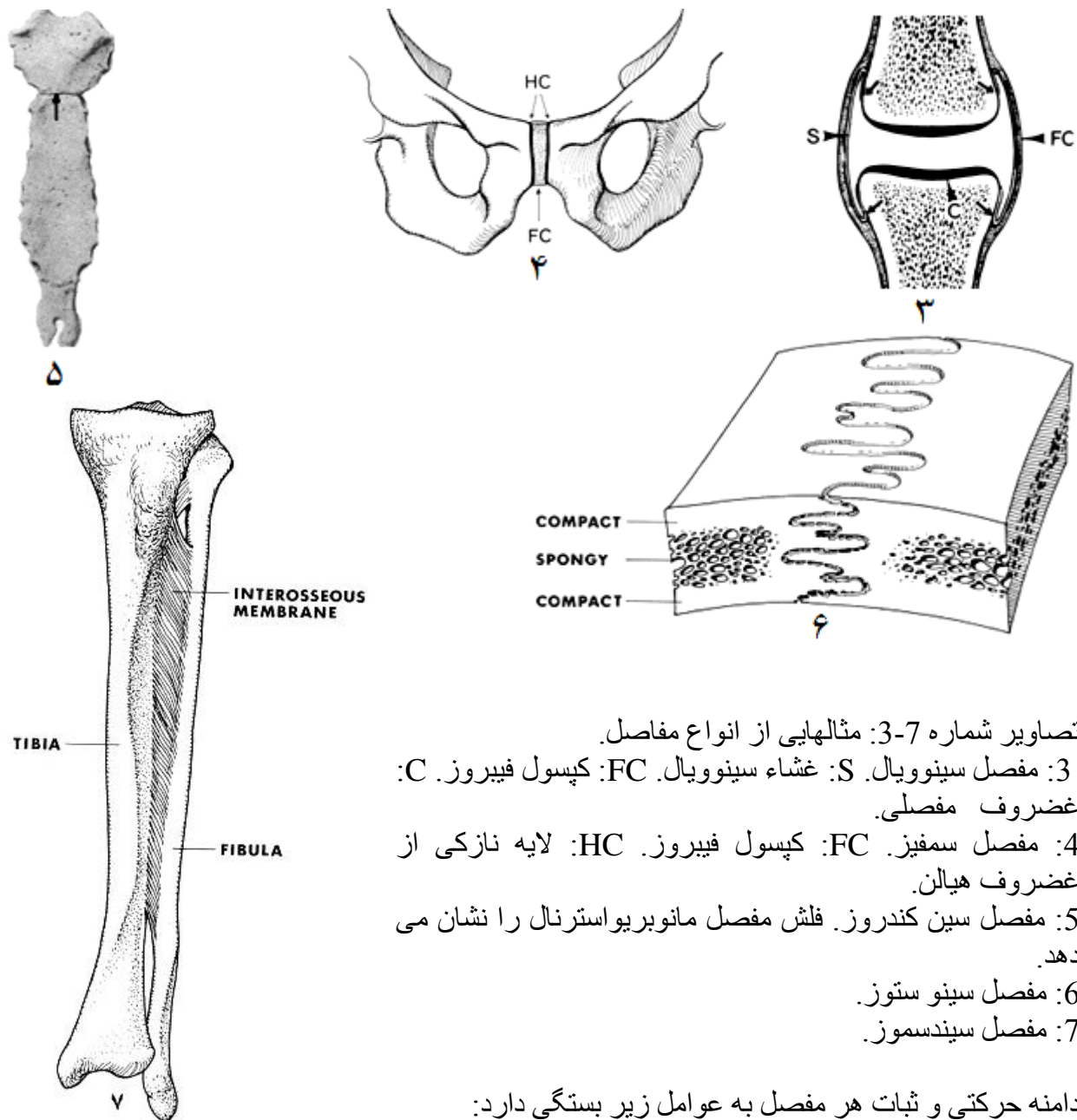
- **مفاصل سینوویال یا دی آرترودیال (diarthrosis)** که دارای حرکات آزاد بوده و در ساختمان آنها بافت سینوویال به کار رفته است.
- **مفاصل سین آرتروز (synarthrose)** که دارای حرکات ناچیزی هستند. چهار نوع مفصل سین آرتروز در بدن وجود دارد:

❖ **مفاصل سمفیز (symphysis):** در این نوع مفصل، یک دیسک فیبرو- کارتیلاژ بین دو استخوان وجود دارد و دو استخوان توسط رباط هایی به هم متصل می شوند (مثل مفاصل سمفیز پوبیس و بین مهره ای).

❖ **مفاصل سین کندروز (synchondrosis):** در این نوع مفصل، انتهای دو استخوان توسط غضروف مفصلی پوشیده شده، ولی بافت سینوویال و حفره مفصلی قابل توجهی وجود ندارد (مثل مفصل مانوبریواسترنال).

❖ **مفاصل سیندسموز (syndesmosis):** در این نوع مفصل، استخوانها به طور مستقیم و بدون غضروف مفصلی، توسط رباط ها به هم متصل می شوند (مثل مفصل تیبیوفیبولار تحتانی)

❖ **مفاصل سینوستوز (synostosis):** در این نوع مفصل، استخوان ها توسط پل های استخوانی به هم متصل می شوند (مثل مفاصل بین استخوانهای جمجمه).



- تصاویر شماره 3-7: مثالهایی از انواع مفاصل.
- 3: مفصل سینوویال. S: غشاء سینوویال. FC: کپسول فیروز. C: غضروف مفصلی.
- 4: مفصل سمفیز. FC: کپسول فیروز. HC: لایه نازکی از غضروف هیالین.
- 5: مفصل سین کندروز. فلش مفصل مانوبریواسترنال را نشان می دهد.
- 6: مفصل سینو ستوز.
- 7: مفصل سیندسموز.

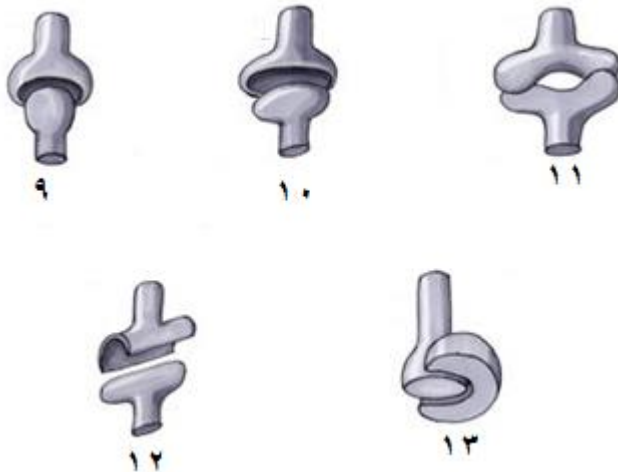
دامنه حرکتی و ثبات هر مفصل به عوامل زیر بستگی دارد:

- شکل سطح مفصلی
- استحکام کپسول
- رباط ها
- عضلاتی که روی مفصل عمل می کنند.
- وجود ساختمان های مجاور<sup>3</sup>

تقسیم بندی توصیفی مفاصل، بخصوص مفاصل سینوویال، بر اساس نوع حرکتی که دارند صورت می پذیرد. انواع مفاصل از این نظر عبارتند از (تصاویر شماره 9-14):

- **مفصل لولایی (Hinge):** در این نوع مفصل حرکت فقط در یک محور ( معمولاً فلکسیون و اکستنسیون) امکان پذیر است. محور، عرضی است. به عنوان مثال مفصل آرنج از این نوع است.

- **مفصل محوری (Pivot):** در این نوع مفصل حرکت چرخشی در یک جهت امکان پذیر است. محور بصورت طولی در طول شفت استخوان است. یک استخوان حول یک محور مرکزی بدون هرگونه جابجایی حرکت می کند. مفصل رادیو اولنار فوقانی از این نوع است.
- **مفصل لقمه ای (Ellipsoidal or Condylod) :** در این نوع مفصل حرکت در دو محور امکان پذیر است. در مفصل کندیلوئید سطح مفصلی بیضی بوده و به عنوان تخم مرغ در قاشق (egg-in-spoon) توصیف شده است. یک محور، قطر بلند بیضی و محور دیگر، قطر کوتاه بیضی است. مفصل مچ دست از این نوع است.
- **مفصل زینی (Saddle):** مفصل زینی نیز دارای دو محور است. سطح مفصلی زینی شکل بوده و از نظر حرکات شبیه مفصل کندیلوئید است. مفصل کارپومتاکارپال شست از این نوع است.
- **مفصل گوی و حفره (ball and socket):** این مفاصل دارای چند محور بوده و لذا حرکت در چند محور امکان پذیر است. دوسطح مفصلی قسمتهایی از کره هستند که از نظر شکل و اندازه با یکدیگر متناسب می باشند. مفاصل هیپ و شانه از این نوع هستند.
- **مفصل مسطح یا لغزنده (Plane or gliding or sliding):** این نوع از مفاصل نیز از نوع چند-محوری هستند. سطوح مفصلی صاف بوده و یک استخوان روی دیگری در جهات مختلف میتواند بلغزد. مفصل پاتلوفمورال از این نوع است.<sup>4</sup>



تصاویر شماره 9-14: تصویر شماتیک انواع مفاصل بر اساس نوع حرکت. 9- مفصل گوی و حفره-10- مفصل کندیلوئید. 11- مفصل مسطح. 12- مفصل لولایی. 13- مفصل محوری

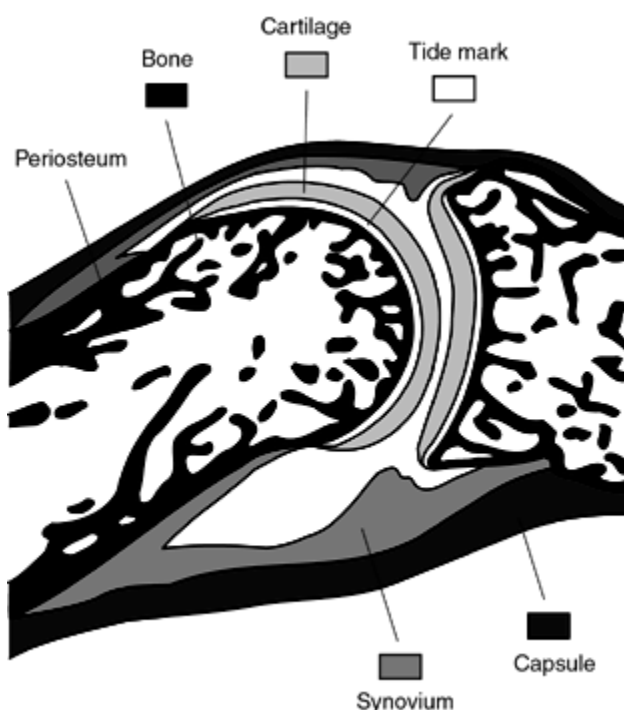
در مفاصل سینوویال یک کپسول دور تا دور مفصل را احاطه می کند. قسمت های خارجی کپسول مفصلی از بافت فیبرو و قسمت های داخلی آن از بافت سینوویال تشکیل شده است. عمل اصلی بافت سینوویال عبارت است از :

- ترشح مایع سینوویال، که فضای مفصلی را پر می کند و در لغزنده سازی و تغذیه غضروف مفصلی نقش مهمی دارد.

- ایجاد یک سیستم ماکروفاژی کارآمد برای برداشتن ذرات و مواد خارجی.

در مفاصل سینوویال قسمتی از دو استخوان که با هم در تماس می باشند توسط غضروف مفصلی پوشیده می شود لذا دو استخوان تماس مستقیم با هم نخواهند داشت. غضروف مفصلی بافت همبندی با خصوصیات ویژه است که باعث می شود مفصل عضوی بسیار کارآمد با اصطکاک کم و دوام بالا باشد<sup>2</sup>. (تصویر شماره

8)



تصویر شماره 8: ساختمان یک مفصل سینوویال

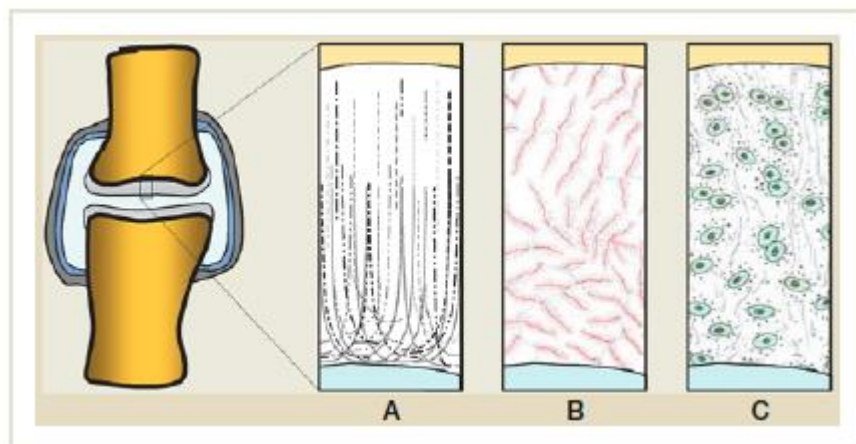
سیستم عضلانی- اسکلتی اجازه کنترل حرکت را می دهد. بعضی از قسمت های این سیستم برای ایفای ای

نقش بسیار تخصصی هستند. انتهای استخوانهای تشکیل دهنده در این مفاصل توسط غضروف هیالین پوشیده

شده است. عمل غضروف هیالین تسهیل لغزندگی و جذب فشار مکانیکی بین دو انتهای استخوان است.

غضروف هیالین از فیبرهای کلاژن و شبکه ای از پروتئوگلیکانها (که از ملکولهای بزرگی به شکل شبکه

ساخته شده اند) تشکیل شده است (شکل 9).



شکل 9 غضروف مفصلی: (A) توزیع الیاف کلاژن (B) پروتئوگلیکان (C) کندروسیت

رشته مرکزی پروتئوگلیکان از اسید هیالورونیک ساخته شده است و به این رشته مرکزی ملکولهای پروتئوگلیکان بصورت شاخه های جانبی شعاعی اتصال می یابند. این ساختمان پیچیده نیز به آب متصل شده و اجازه می دهد که غضروف مفصلی به عنوان یک اسفنج عمل کند. آب عملاً 70-60 درصد وزن غضروف را تشکیل می دهد. نیروی متسع کننده آب توسط ملکولهای شبکه ای شکل پروتئوگلیکان و کلاژن مهار شده و بدینوسیله شکل غضروف مفصلی حفظ می گردد. وقتی غضروف مفصلی در معرض فشار قرار می گیرد آب از آن به داخل فضای مفصلی چلانده می شود و زمانی که فشار کاهش یافته و یا حذف شود آب مجدداً به داخل غضروف برمی گردد. این جابجایی آب برای تغذیه غضروف لازم است چون غضروف فاقد رگ خونی است. در بیشتر قسمت های غضروف مفصلی، الیاف کلاژن به صورت عمود بر سطح قرار گرفته اند. بهر حال، در لایه های بالایی غضروف مفصلی الیاف کلاژن موازی با سطح بوده و باعث تسهیل لغزندگی و کاهش اصطکاک می گردند. ماده زمینه ای غضروف همچنین حاوی ملکولهای دیگری با عملکرد های متفاوت می باشد از جمله عوامل رشد و آنزیم های پروتئولیتیک که در نوسازی بافتی دخالت دارند. در این ماده زمینه ای سلولهای ویژه غضروف، کندروسیت، بطور پراکنده قرار گرفته

اند. کندروسیت ساخت و تخریب ماده زمینه ای را کنترل می کند. در بعضی از مفاصل صفحات اضافی از غضروف وجود دارد که فضای مفصلی را بطور نسبی (منیسک) یا بطور کامل (دیسک) تقسیم می کنند. کپسول مفصلی یک بافت فیروز است که مفصل را احاطه کرده، به استخوان مجاور اپی فیز چسبیده و اجزاء مفصل را به عنوان یک واحد کنار همدیگر نگاه می دارد. سطح داخلی کپسول مفصلی توسط غشاء سینوویال (سینوویوم) پوشیده می شود. بافت سینوویال بطور طبیعی از دو یا سه لایه سلولی با ضخامت 30-20 میکرومتر تشکیل شده است. این غشاء دو عمل اساسی با توجه به دو نوع سلول تشکیل دهنده آن دارد:

1- ترشح مایع سینوویال که چسبندگی بالایی دارد. مایع مفصلی نقش اساسی در لغزنده سازی و تغذیه غضروف مفصلی دارد. این عمل بیشتر توسط سلولهای نوع B (که از فیبروسیت ها منشاء می گیرند) انجام می شود. ترکیب مایع سینوویال نیز به تبادلات مداوم با غضروف و خون بستگی داشته و در التهاب ها دچار تغییرات قابل توجهی می شود.

2- برداشت پس مانده ها و اجسام خارجی. این کار بیشتر توسط سینوویوسیت های تیپ A (که ماکروفاژهای تغییر یافته هستند) انجام می شود. ماکروفاژها از منوسیت های در گردش منشاء گرفته و تا حد زیادی مسئول واکنش های ایمنولوژیک در مفصل هستند چون به عنوان سلولهای عرضه کننده آنتی ژن عمل می کنند. سینوویوم دارای تعداد زیادی مویرگ منفردار است که باعث تسهیل تبادل سلول و ملکول بین خون و مفصل می شوند.

در طی فرآیند التهاب، پرولیفراسیون قابل توجه بافت سینوویال صورت گرفته، تعداد لایه های سلولی غشاء سینوویال و تنوع سلولی افزایش می یابد. در بعضی از بیماریهای روماتیسمی، سینووم با ایجاد یک بافت تخریبی (پانوس) مهاجم شده، باعث جذب موضعی استخوان مجاور گردیده، و منجر به ایجاد خوردگی قابل مشاهده در رادیوگرافی می شود. در جریان التهاب، میزان ترشح مایع مفصلی افزایش یافته، باعث تجمع مایع در مفصل شده، و ترکیب و خصوصیات فیزیکی مایع تغییر می کند. واسطه های التهابی و آنزیم های



پروتئولیتیک در مایع سینوویال التهابی باعث تخریب غضروف مفصل می شوند که در رادیوگرافی بصورت کاهش فضای مفصلی می گردد. افزایش ضخامت سینوویوم، گرمای موضعی و تجمع مایع سینوویال یافته های بالینی قابل کشف فرآیند التهابی است.

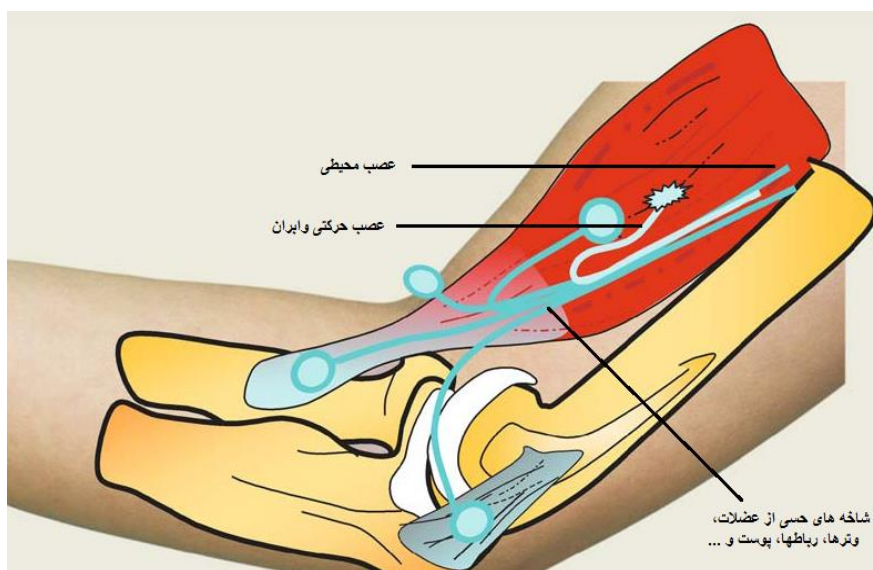
تجمع مایع در مفصل باعث افزایش فشار داخل مفصلی می شود. با خم شدن مفصل، ممکن است فشار داخل مفصل از فشار مویرگها بیشتر شده و منجر به دوره هایی از ایسکمی و خونرسانی مجدد شود. این اتفاقات وضعیت ایده آل برای ایجاد رادیکالهای اکسیژن بوده، و منجر به تشدید روند التهاب گردیده و باعث افزایش تخریب استخوان و غضروف می گردند. لذا به مفصلی که بطور حاد دچار التهاب گردیده است باید اجازه استراحت داد.

رابط ها باندهای فیبروزی هستند که انتهای استخوانها را بهم وصل کرده، باعث حفظ تناسب مفصل شده و از حرکات اضافی مفصل که ممکن است منجر به دررفتگی شود جلوگیری می کنند. رابط ها ممکن است بصورت ساختمانهای آناتومیکیال مستقل بوده و یا بصورت افزایش ضخامت قسمتی از کیسول مفصلی باشند. محل چسبیدن ساختمانهای فیبروز (رابط، وتر، کیسول مفصلی) به پریوست و استخوان انتز نامیده میشود. انتز ممکن است ملتهب شود، انتزیت ممکن است به تنهایی دیده شده یا بخشی از یک بیماری منتشرتر باشد. بهترین مثال در حالت دوم اسپوندیلوآرتروپاتی های سرونگاتیو است. انتزیت یکی از مشخصات مهم این خانواده است (فصل 24).

بورس ها کیسه های پر از مایعی هستند که باعث تسهیل لغزندگی ساختمانهای جنب مفصلی می شوند. بورس ها در محل های اصطکاک بین استخوان و بافت زیر پوستی (مثل بورس اوله کرانون و پریپاتلار) یا بین استخوان و عضله یا وتر (مثل بورس ساب آکرومیال) قرار گرفته اند. در واقع به این علت بورس ها در این نقاط قرار گرفته اند که اصطکاک باعث ایجاد آنها در این محل می شود. به همین علت است که بعضی افراد بورس های اضافی، مثلا روی مفصل متاتارسوفالانژیال، دارند. سطح داخلی بورس ها مثل مفاصل توسط

سینوویوم پوشیده شده است ولی فاقد غشاء پایه می باشد. بورس ها از محل های شایع ایجاد التهاب هستند که ممکن است ناشی از یک مشکل موضعی (مثل ضربه تکراری) بوده و یا یک تظاهر موضعی ناشی از یک بیماری سیستمیک باشند.

**عضلات** به نقطه مختلف مفصل چسبیده و باعث حرکت آن می گردد. حرکت خوب و نرم مفصل نیاز به انقباض عضلات موافق و انبساط کنترل شده عضلات مخالف دارد. هماهنگی دقیق عمل این عضلات برای کنترل مناسب قدرت، درجه، نرمی و ظرافت حرکات لازم است. این کنترل به مداخله مجموعه مکانیسم های پروپریوسپتیو (تعیین موقعیت)، که به گیرنده های رسپتورهای مکانیکی موجود در نسوج داخل و اطراف مفصلی وابسته است، نیاز دارد (شکل 3-3).



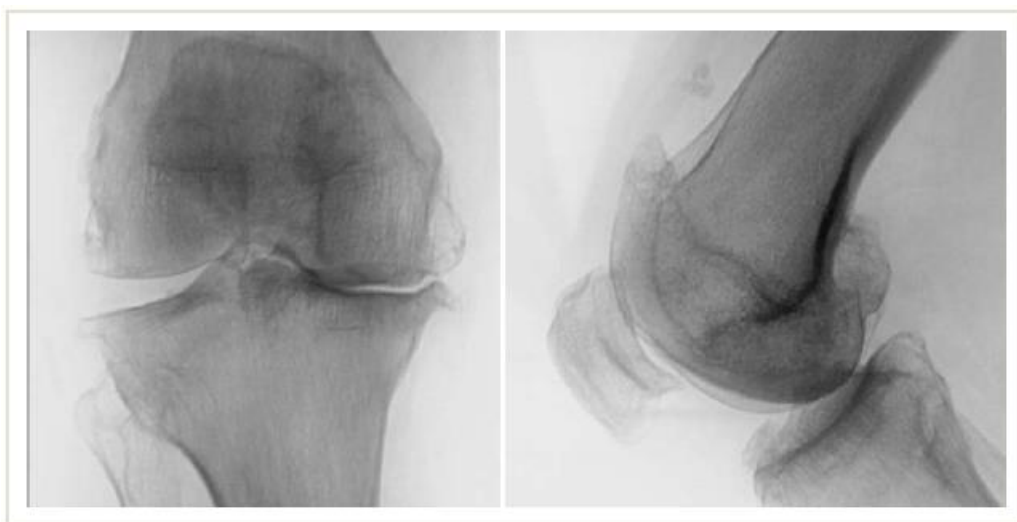
شکل 3-3 کنترل عصبی - عضلانی حرکت

آگاهی از محل چسبیدن عضلات به ما اجازه می دهد که پیش بینی کنیم که هر عضله در کدام حرکات، چه به عنوان عضله موافق چه مخالف، دخالت دارد، و علاوه بر آن دامنه این حرکات را بدانیم و در نتیجه تجزیه و تحلیل هر مورد بالینی برایمان آسان تر شود.

وترها عضلات را به استخوان متصل می کنند. خیلی از تاندونها، بخصوص آنهایی که دامنه حرکتی بیشتری دارند، توسط یک غلاف تاندونی احاطه می شوند. سطح داخل این غلاف توسط سینوویوم مفروش شده و باعث می شود که وتر به آسانی روی ساختمانهای مجاور حرکت کند. این غلاف ها نیز ممکن است ملتهب شوند (تنوسینوویت).

دامنه و نوع حرکات و ثبات در مفاصل سینوویال مختلف متغیر بوده و به عوامل زیر بستگی دارد:

- شکل سطوح مفصلی (یک مفصل لولایی مثل مفصل هومرو اولنار فقط دارای حرکات باز و بسته شدن است در حالیکه مفاصل گوی و حفره مثل مفصل گلنوهومرال دارای حرکات در چند جهت هستند).
- بدون عیب بودن ساختمانهای مفصلی (شکل 9).
- استحکام ، و در عین حال اتساع پذیری کپسول (به همین دلیل است که کپسول و سینوویوم در سطح اکستانسور مفصل شل تر بوده و کولدوساک (بن بست) تشکیل می دهند در این کولدوساک مایع اضافی تجمع می یابد).
- سلامت، وضعیت و محل رباطها (پارگی رباطها منجر به بی ثباتی مفصلی و افزایش دررفتگی می شود. بیماران مبتلا به هیپر موبیلیتی دچار درد مکرر مفصلی ناشی از نیمه دررفتگی می شوند).



شکل 10 تغییرات شدید در ساختمان مفصلی ممکن است باعث از دست رفتن حرکات شود. رادیوگرافی زانوی راست کاهش فضای مفصلی و استئوفیت های بزرگ را نشان می دهد.

- عضلاتی که روی مفصل عمل می کنند.
  - وجود، انعطاف پذیری و حجم نسوج مجاور (توفوس های نقرسی یا پوست شدیداً سفت شده مجاور ممکن است باعث محدودیت حرکتی شود).
  - سن، بطور کلی با افزایش سن دامنه حرکتی مفاصل کم می شود. این تغییرات به آسانی قابل اندازه گیری نبوده و ارزیابی آن نیاز با تجربه پزشک و در صورت امکان مقایسه دوطرف با هم دارد.
  - ضایعه قابل توجه در هر کدام از این ساختمانها و فرآیندها مانع انجام کامل حرکت توسط بیمار می شود. فقط یک معاینه بالینی کامل ما را قادر می سازد تا علت را تشخیص داده و سپس بهترین درمان را تجویز کنیم.
  - ظرافت حرکت همچنین نه تنها به این عوامل بستگی دارد بلکه وابسته به کنترل کافی عضلات موافق، فرمانهای عصبی مربوطه و سلامت سیستم پروپریوسپتیو (به شخص وضعیت مفصل را اطلاع می دهند) و مقاومت و قدرت نیز دارد.
- و این مسئله این گفته قدیمی را اثبات می کند که: "هیچ چیز ساده ای در پزشکی وجود ندارد که ما نتوانیم آن را پیچیده کنیم". بهر حال بدیهی است که حتی یک پزشک بی تجربه به یک درک کافی از فرآیندها برسد تا بتواند یک ارزیابی بالینی دقیق و شهودی انجام دهد.