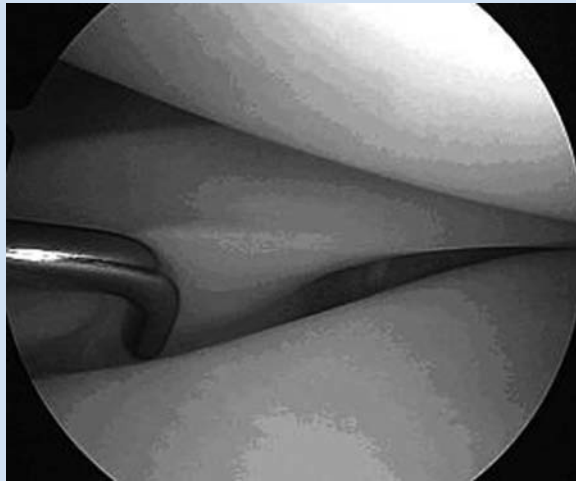


Khoa Học Cơ Bản Về Sụn Khớp: Cấu trúc, Thành Phần và Chức Năng

Sụn khớp là mô liên kết đặc trưng của các khớp động. Chức năng chính của sụn khớp là cung cấp một bề mặt trơn nhẵn cho khớp và tạo điều kiện cho việc truyền các tải trọng với một hệ số ma sát thấp (hình 1). Sụn khớp không có mạch máu, bạch huyết và thần kinh; là nơi phải chịu nhiều tác động của lực cơ học. Điều quan trọng nhất là khả năng lành thương và sửa chữa nội tại của sụn khớp rất hạn chế vì vậy việc bảo tồn và sức khỏe của sụn khớp là điều quan trọng nhất đối với sức khỏe của khớp.

Tổn thương sụn khớp là nguyên nhân quan trọng gây ra bệnh cơ xương. Cấu tạo độc đáo và phức tạp của sụn khớp làm cho việc điều trị và sửa chữa hoặc phục hồi các khuyết tật trở thành thách thức đối với bệnh nhân, bác sĩ phẫu thuật, và nhà vật lý trị liệu. Việc bảo tồn sụn khớp phụ thuộc rất nhiều vào việc duy trì cấu trúc của nó.



Hình 1. Hình ảnh đại thể của sụn khớp bình thường ở gối người lớn

CẤU TRÚC VÀ THÀNH PHẦN CỦA SỤN KHỚP

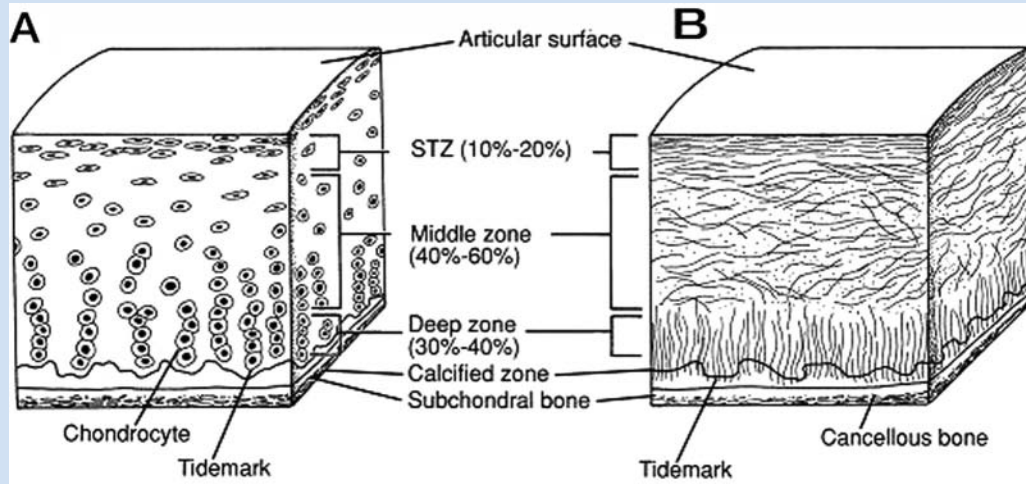
Sụn khớp là sụn hyaline dày 2 đến 4 mm. Không giống như hầu hết các mô, sụn khớp không có mạch máu, thần kinh, hoặc bạch huyết. Sụn khớp chứa một lớp chất nền ngoại bào (ECM) dày cùng với những tế bào biệt hóa cao phân bố thưa thớt gọi là tế bào sụn. ECM chủ yếu bao gồm nước, collagen và proteoglycan, cùng một ít các protein không có collagen và glycoprotein khác. Các thành phần này cùng nhau giữ nước trong ECM, điều này rất quan trọng trong việc duy trì các đặc tính cơ học độc đáo của sụn khớp.

Tế bào sụn cùng với sợi collagen siêu cấu trúc và ECM, hiện diện ở các tầng sụn khớp khác nhau – tầng bề mặt, tầng giữa, tầng sâu, và tầng bị calci hóa (Hình 2). Ở giữa mỗi tầng là 3 vùng - vùng quanh tế bào, vùng tế bào chính, và vùng giáp ranh.

Tầng

Tầng bề mặt mỏng (tầng tiếp tuyến) chiếm khoảng 10% đến 20% độ dày sụn khớp, giúp bảo vệ các lớp ở sâu hơn khỏi lực trượt khi chuyển động.

Các sợi collagen ở tầng này (chủ yếu là collagen loại II và IX) được kết chặt thẳng hàng và song song với bề mặt khớp (hình 2). Lớp bề mặt chứa một lượng khá lớn các lớp tế bào sụn dẹt, cần giữ cho lớp này được toàn vẹn để bảo vệ và duy trì các lớp sâu hơn. Tầng này tiếp xúc với dịch khớp và đảm nhiệm hầu



Hình 2. Sơ đồ mặt cắt ngang của sụn khớp bình thường: A, tổ chức tế bào trong các tầng sụn khớp; B, cấu trúc sợi collagen

hết các đặc tính căng giãn của sụn, cho phép chống lại các lực thẳng đứng, căng và nén do khớp gây ra.

Ngay dưới tầng bề mặt là tầng giữa (chuyển tiếp). Đây là một cầu nối giải phẫu và chức năng giữa bề mặt và những tầng sâu bên dưới. Tầng giữa chiếm từ 40% đến 60% tổng thể tích sụn, chứa proteoglycans và các sợi collagen dày hơn. Ở lớp này, collagen được phân bố chéo, các tế bào sụn có hình cầu và mật độ thấp. Về mặt chức năng, tầng giữa là nơi đầu tiên đề kháng với lực nén.

Tầng sâu là tầng chống lại lực nén mạnh nhất, do các sợi collagen được sắp xếp vuông góc với bề mặt khớp. Tầng sâu có chứa các sợi collagen có đường kính lớn nhất được bố trí ly tâm. Đây là tầng có hàm lượng proteoglycan cao nhất, nằm sâu nhất, song song với các sợi collagen và vuông góc với khớp nối. Tầng sâu chiếm khoảng 30% thể tích sụn khớp.

Dấu hiệu thủy triều giúp phân biệt giữa tầng sâu với sụn bị calci hóa. Với hàm lượng proteoglycan cao, tầng sâu chịu trách nhiệm lớn nhất trong việc chống lại lực nén. Lưu ý, các sợi collagen được bố trí vuông góc với sụn khớp. Lớp sụn bị vôi hóa đóng một vai trò không thể thiếu trong việc bảo vệ sụn và xương bằng cách neo các sợi collagen ở tầng sâu vào xương dưới sụn. Trong tầng này, số lượng tế bào rất hiếm còn tế bào sụn thì phì đại.

Các vùng

Ngoài những khác biệt cấu trúc và thành phần, chất nền ở các tầng còn khác nhau về các tế bào sụn, thành phần, đường kính và cách sắp xếp sợi collagen. ECM có thể được chia thành vùng quanh tế bào, vùng tế bào chính, và vùng giáp ranh.

Chất nền quanh tế bào là một lớp mỏng nằm sát màng tế bào, và bao quanh toàn bộ các tế bào sụn. Vùng này chủ yếu chứa các proteoglycans cũng như các glycoprotein và các protein không collagen khác. Chất nền tầng này có thể đóng một vai trò chức năng trong việc bắt đầu truyền tín hiệu chịu tải trọng trong sụn.

Chất nền tế bào chính bao quanh chất nền quanh tế bào; bao gồm hầu hết các sợi collagen tốt, tạo thành một mạng lưới rỗng xung quanh các tế bào. Tầng này dày hơn chất nền quanh tế bào và có thể bảo vệ các tế bào sụn chống lại các áp lực cơ học, góp phần làm đàn hồi cấu trúc sụn khớp và khả năng chịu được tải trọng đáng kể.

Vùng giáp ranh là vùng lớn nhất trong 3 vùng chất nền; đóng góp phần lớn vào các đặc tính cơ học của sụn khớp. Tầng này được đặc trưng bởi các bó sợi collagen lớn được bố trí ngẫu nhiên, song song với bề mặt của tầng mặt, chéo ở tầng giữa và vuông góc với bề mặt khớp ở tầng sâu. Proteoglycans ở vùng giáp ranh rất phong phú.

Tế bào sụn

Tế bào sụn là loại tế bào hiện diện trong sụn khớp. Chúng là những tế bào hoạt động có tính biệt hóa cao và hoạt động chuyển hóa mạnh, có vai trò đặc biệt trong sự phát triển, duy trì và sửa chữa ECM. Tế bào sụn có nguồn gốc từ các tế bào gốc trung mô, chiếm khoảng 2% tổng thể tích của sụn khớp. Tùy theo vùng giải phẫu của sụn khớp mà các tế bào sụn sẽ khác nhau về hình dạng, số lượng và kích thước. Các tế bào sụn trong tầng mặt mỏng, nhỏ và thường có mật độ lớn hơn so với các tế bào nằm sâu hơn trong chất nền (hình 2).

Mỗi tế bào sụn tạo ra một vi môi trường chuyên biệt và chịu trách nhiệm luân chuyển ECM trong vùng lân cận. Vi môi trường này chủ yếu giữ cho các tế bào sụn nằm trong chất nền, ngăn chúng di chuyển đến các khu vực lân cận của sụn. Hiếm khi các tế bào sụn tạo ra sự tiếp xúc giữa tế bào với tế bào để truyền tải tín hiệu trực tiếp giữa các tế bào. Tuy nhiên, tế bào sụn đáp ứng với nhiều kích thích khác nhau, bao gồm các yếu tố tăng trưởng, tải cơ học, lực áp điện, và áp lực thủy tĩnh. Thật không may, các tế bào sụn có tiềm năng nhân đôi rất hạn chế, điều này làm hạn chế khả năng hồi phục nội tại của sụn khớp trong đáp ứng chấn thương. Sự sống còn của tế bào sụn còn phụ thuộc vào môi trường hóa học và cơ học tối ưu.

Chất nền ngoại bào

Trong sụn khớp bình thường, dịch mô chiếm từ 65% đến 80% tổng khối lượng. Collagen và proteoglycan chiếm khối lượng khô còn lại. Một số loại phân tử khác có thể được tìm thấy với số lượng ít hơn trong ECM; bao gồm lipid, phospholipid, các protein không chứa collagen và các glycoprotein.

Nước

Nước là thành phần dồi dào nhất trong sụn khớp, góp phần lên tới 80% trọng lượng ướt. Khoảng 30% lượng nước này có liên quan đến khoảng nội sợi trong collagen, mặc dù chỉ có một tỷ lệ phần trăm nhỏ được chứa trong khoảng nội bào, phần còn lại được chứa trong khoảng lỗ (pore space) của chất nền. Các ion vô cơ như natri, canxi, clorua, và kali được hòa tan trong nước ở mô.

Nồng độ nước giảm tương đối từ khoảng 80% ở tầng mặt xuống còn 65% ở tầng sâu. Ngoài việc bôi trơn sụn khớp, dòng chảy của nước qua sụn và trên bề mặt sụn khớp giúp vận chuyển và cung cấp chất dinh dưỡng cho các tế bào sụn.

Phần lớn nước bên trong sợi tồn tại dưới dạng gel, và hầu hết có thể được chuyển qua ECM bằng gradient áp suất trên mô hoặc nén chất nền rắn. Kháng trở ma sát đối với dòng chảy này qua chất nền rất cao; do đó, độ thấm thấu của mô rất thấp.

Đó là sự kết hợp của kháng trở ma sát với dòng nước và áp suất nước trong chất nền tạo nên 2 cơ chế cơ bản, nhờ đó sụn khớp có khả năng chịu tải trọng đáng kể, thường gấp nhiều lần so trọng lượng cơ thể của một người.

Collagens

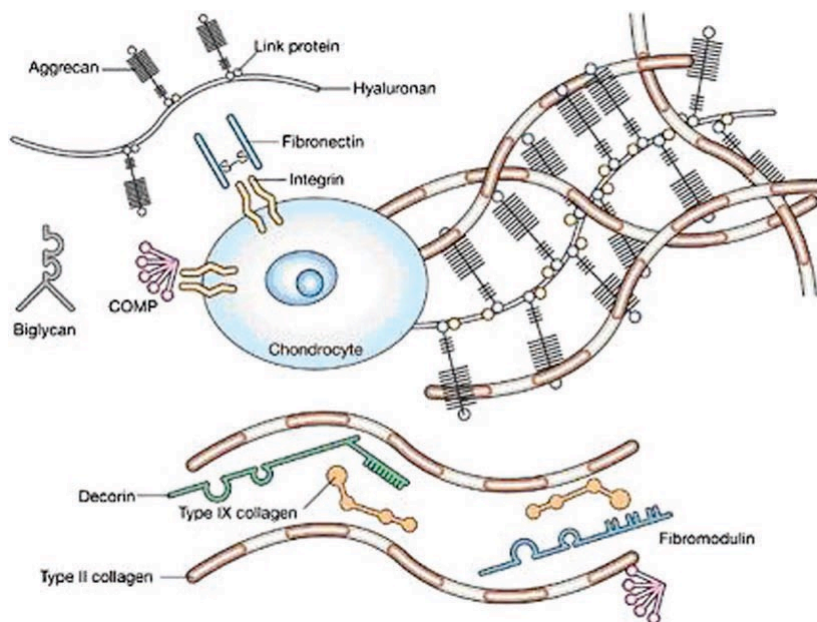
Collagen là đại phân tử cấu trúc nhiều nhất trong ECM, chiếm khoảng 60% khối lượng khô của sụn. Collagen loại II chiếm 90% đến 95% collagen trong ECM, tạo thành fibril và sợi gắn với proteoglycan kết hợp. Các loại collagen I, IV, V, VI, IX, và XI cũng hiện diện nhưng chỉ với tỉ lệ nhỏ. Các collagen thiểu số giúp hình thành và ổn định mạng lưới sợi collagen loại II.

Có ít nhất 15 loại collagen khác nhau chứa hơn chuỗi polypeptit. Tất cả các loại collagen đều chứa một vùng bao gồm 3 chuỗi polypeptit tạo thành một chuỗi xoắn ba. Thành phần acid amin của chuỗi polypeptide chủ yếu là glycine và proline, giúp ổn định hydroxyproline thông qua các liên kết hydro dọc theo chiều dài của phân tử. Cấu trúc xoắn ba của chuỗi polypeptit giúp sụn khớp có những đặc tính trượt và co giãn quan trọng, giúp ổn định chất nền.

Proteoglycan

Proteoglycan là các monome protein glycosolate nặng. Trong sụn khớp, proteoglycan đại diện cho một nhóm các đại phân tử lớn thứ hai trong ECM và chiếm từ 10% đến 15% trọng lượng ướt. Proteoglycans bao gồm một lõi protein với 1 hoặc nhiều chuỗi glycosaminoglycan đường liên kết cộng hóa trị. Các chuỗi này có thể bao gồm hơn 100 monosaccharide kéo dài ra khỏi lõi protein và tách khỏi nhau do lực đẩy tích điện. Sụn khớp có chứa nhiều proteoglycans như aggrecan, decorin, biglycan và fibromodulin, cần thiết cho những chức năng bình thường.

Aggrecan là một proteoglycan có kích thước lớn nhất và nặng nhất, chứa hơn 100 chuỗi chondroitin sulfate và keratan sulfate. Aggrecan được đặc trưng bởi khả năng tương tác với hyaluronan (HA) để tạo thành các proteoglycan lớn dạng kết hợp thông qua các protein liên kết (Hình 3). Aggrecan chiếm diện tích nội sợi của ECM sụn và cung cấp các đặc tính thấm thấu cho sụn, điều này rất quan trọng đối với khả năng chống lại các lực nén.



Hình 3. Chất nền ngoại bào của sụn khớp. Hai đại phân tử chịu tải trọng chính có trong sụn khớp: collagen (chủ yếu là loại II) và proteoglycan (đặc biệt là aggrecan). Các loại phân tử nhỏ hơn như các protein không chứa collagen và các proteoglycan nhỏ hơn có số lượng ít hơn. Sự tương tác giữa các proteoglycan mang điện tích âm trong sụn và

collagen II giúp mô có khả năng nén và đàn hồi.

Các proteoglycan không kết hợp được đặc trưng bởi khả năng tương tác với collagen. Mặc dù decorin, biglycan và fibromodulin nhỏ hơn rất nhiều so với aggrecan nhưng chúng lại có số mol bằng nhau. Các phân tử này có mối liên hệ chặt chẽ với cấu trúc protein nhưng lại khác nhau về thành phần và chức năng của glycosaminoglycan. Decorin và biglycan có 1 và 2 chuỗi dermatan sulfate tương ứng, trong khi fibromodulin chỉ có một số chuỗi keratin sulfate. Decorin và fibromodulin tương tác với các sợi collagen loại II trong chất nền và có vai trò trong tương tác sinh sợi và nội sợi. Biglycan được tìm thấy chủ yếu ở xung quanh các tế bào sụn, nơi có thể tương tác với collagen VI.

Các Protein không collagen và Glycoprotein

Mặc dù có một số protein không collagen và glycoprotein được tìm thấy trong sụn khớp nhưng các chức năng đặc trưng của chúng lại không được thể hiện đầy đủ. Một số các phân tử này (như fibronectin và CII, protein trên bề mặt tế bào sụn) có thể có vai trò trong việc tổ chức và duy trì cấu trúc đại phân tử của ECM.

CHUYỂN HÓA

Ở người lớn, chất nền sụn khớp được tách với vùng mạch máu dưới sụn bằng đĩa dưới sụn. Sụn khớp dinh dưỡng nhờ sự khuếch tán từ chất hoạt dịch. Chất nền sụn hạn chế các chất đi qua theo kích cỡ, điện tích và cấu trúc phân tử. Theo ước tính, kích thước lỗ lọc trung bình trong ECM khoảng 6,0 nm. Nếu không được cung cấp các chất dinh dưỡng trực tiếp từ mạch máu hoặc mạch bạch huyết thì tế bào sụn sẽ chuyển sang chuyển hóa yếm khí là chính.

Tế bào sụn có trách nhiệm duy trì, phát triển và sửa chữa ECM thông qua một nhóm enzyme thoái biến. Tế bào sụn tổng hợp các thành phần của chất nền bao gồm các protein và glycosaminoglycan chuỗi bên. Các hoạt động chuyển hóa của tế bào sụn có thể bị thay đổi bởi một loạt các yếu tố trong hóa chất xung quanh và môi trường cơ học. Các cytokine tiền viêm có tác dụng dị hóa và đồng hóa giúp thoái biến và tổng hợp các đại phân tử trong chất nền.

Proteoglycan được các tế bào sụn tổng hợp, duy trì và bài tiết vào ECM. Một số yếu tố tăng trưởng và các peptide điều hòa có liên quan đến quá trình điều hòa chuyển hóa proteoglycan, bao gồm các yếu tố tăng trưởng giống insulin, yếu tố chuyển đổi tăng trưởng, interleukin-1 và yếu tố hoại tử khối u. Cơ chế phân tử mà các yếu tố tăng trưởng và các peptide gây ra các tác động trên chuyển hóa proteoglycan vẫn chưa được biết rõ.

Tế bào sụn được bảo vệ khỏi các lực cơ học gây tổn hại tiềm ẩn nhờ ECM xung quanh. Sự hằng định nội môi trong chuyển hóa ECM giúp cân bằng sự thoái hóa của các đại phân tử khác nhau, thay thế các sản phẩm bị thoái hóa bằng các sản phẩm mới được tổng hợp. Có thể mất đến 25 năm để thay thế các proteoglycan, trong khi thời gian bán hủy của collagen ước tính khoảng từ vài thập kỷ đến hơn 400 năm.

Các proteinase chính liên quan việc thay thế sụn bao gồm các metalloproteinase (collagenase, gelatinase và stromelysin) và cathepsin (cathepsin B và D). Collagenase làm thoái biến các sợi collagen xoắn tại chỗ tại một vùng đơn độc. Gelatinase làm thoái biến collagen loại II và loại IV; đồng thời gelatinase cũng có hoạt động đáng kể chống lại fibronectin, elastin, và collagen loại V, VII, X, và XI. Vai trò của stromelysin là làm thoái biến protein lõi của aggrecan. Tất cả các metalloproteinase được tiết ra dưới dạng các tiền enzyme tiềm ẩn cần cho sự hoạt hóa bên ngoài tế bào. Cathepsin hoạt hóa cho quá trình thoái biến aggrecan.

Việc cử động và chịu tải trọng của khớp rất quan trọng để duy trì cấu trúc và chức năng bình thường của sụn khớp. Khớp không hoạt động có thể dễ dẫn đến thoái hóa sụn. Vận động khớp thường xuyên và tải

trọng khi vận động rất quan trọng cho việc duy trì sự trao đổi chất bình thường ở sụn. Sự phát triển của bệnh như viêm xương khớp có liên quan đến những thay đổi đáng kể trong quá trình chuyển hóa tại sụn. Bệnh lý này xảy ra khi có sự mất cân bằng sinh lý giữa quá trình thoái biến và tổng hợp của các tế bào sụn.

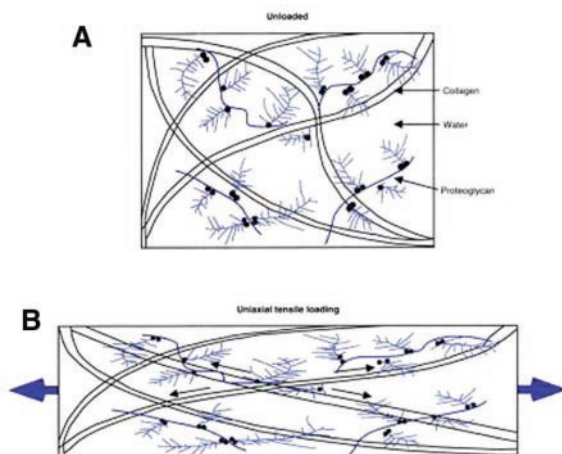
CHỨC NĂNG CƠ SINH HỌC

Sụn khớp là một lớp mô liên kết mỏng, chuyên biệt có những đặc tính bôi trơn và đàn hồi đặc biệt. Chức năng chính của sụn khớp là tạo ra một bề mặt trơn láng với hệ số ma sát thấp, tạo điều kiện thuận lợi cho việc truyền tải trọng đến xương dưới sụn. Sụn khớp là nơi duy nhất có khả năng chịu lực cao theo chu kỳ, điều này cho thấy có ít hoặc không có bằng chứng tổn thương hoặc thoái hóa tại sụn.

Tác động cơ học lên sụn khớp được hiểu rõ nhất khi mô được xem như một phương tiện hai pha. Sụn khớp có 2 pha: pha lỏng và pha rắn. Nước là thành phần d trọng lượng ướt của mô. Các ion vô cơ như natri, canxi, clorua, và kali cũng được tìm thấy trong pha lỏng. Pha rắn được đặc trưng bởi độ xốp và độ thấm thấu của ECM. Mối liên quan giữa proteoglycan kết hợp và dịch kẽ làm cho sụn đàn hồi nén qua các lực đẩy tĩnh điện âm. Ứng dụng nhanh ban đầu về lực tiếp xúc khớp trong quá trình chịu lực làm gia tăng tức thì áp lực dịch kẽ. Sự gia tăng áp lực tại chỗ làm cho dịch chảy ra khỏi ECM, gây ra sự va chạm lớn trên chất nền. Khi lực nén mất đi, dịch kẽ chảy ngược vào mô. Độ thấm thấp của sụn khớp ngăn không cho dịch bị thoát nhanh ra khỏi chất nền xương đối kháng và sụn xung quanh giữ cho sụn nằm dưới bề mặt tiếp xúc. Những ranh giới này được thiết kế để hạn chế các biến dạng cơ học.

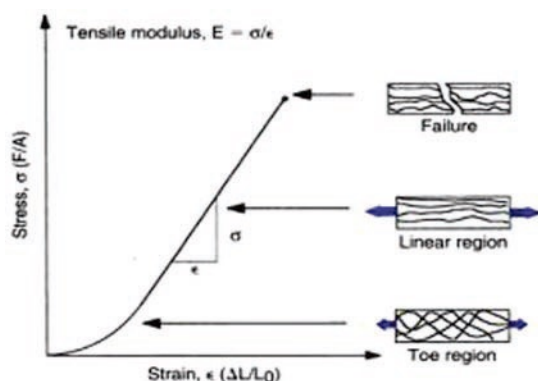
Sụn khớp có độ nhót và đàn hồi, khả năng hoạt động phụ thuộc vào thời gian khi chịu lực cố định hoặc thời gian biến dạng.⁶⁸ Hai cơ chế bôi trơn và đàn hồi trong sụn khớp: phụ thuộc vào lưu lượng và không phụ thuộc lưu lượng. Cơ chế phụ thuộc vào lưu lượng phụ thuộc vào dịch kẽ và lực ma sát kéo liên quan với lưu lượng này. Lực kéo do dịch kẽ được gọi là phản ứng nhót đàn hồi hai pha.⁴⁴ Thành phần không phụ thuộc lưu lượng của tính nhót đàn hồi được tạo ra bởi chuyển động đại phân tử - đặc biệt là tính nhót đàn hồi nội tại của collagenproteoglycan của chất nền. Kết quả là áp suất dịch cung cấp một thành phần quan trọng để hỗ trợ tổng tải trọng, từ đó làm giảm áp lực tác động lên chất nền rắn.

Sụn khớp cũng có đặc tính trườn nhão và có đáp ứng co-giãn. Khi có lực nén liên tục trên mô, sự biến dạng của mô tăng theo thời gian, và mô sẽ biến dạng hoặc trườn nhão ra cho khi đạt được trạng thái cân bằng.⁴³ Tương tự như vậy, khi sụn bị biến dạng và kéo giãn không đổi, áp lực sẽ tăng đến đỉnh điểm, tiếp theo quá trình co-giãn chậm sẽ xảy ra cho đến khi đạt đến giá trị cân bằng. Bởi vì sụn khớp có xu hướng cứng lại khi bị căng dần nên không thể được mô tả bằng mô đun Young. Thay vào đó, mô đun của mô phụ thuộc vào thời điểm đo lực trong quá trình thử nghiệm co-giãn, thường dùng trong các nghiên cứu sơ bộ về kiểm tra cơ học trên sụn khớp. Phương pháp hiện tại là dùng 1 lực căng đã biết ngay sau khi đo được lực đỉnh và quá trình co-giãn chậm; giá trị lực/áp lực được ghi lại khi đạt đến trạng thái cân bằng. Quá trình này được lặp lại qua một loạt các giá trị lực căng, và mô đun cân bằng được tính theo độ dốc của đường cong lực căng - áp lực.



Hình 4. Biểu đồ căng – áp lực trên sụn khớp trong quá trình chịu lực căng. Biểu đồ biểu diễn bên phải minh họa sự định hướng các sợi collagen đáp ứng với tải trọng.

Thành phần phức tạp và sự tổ chức của sụn qua tầng giữa góp phần đáng kể vào đặc tính trượt – cản. Sự kéo giãn các sợi collagen phân phối ngẫu nhiên giúp sụn đáp ứng với lực trượt (Hình 4). Các tính chất chống lại lực căng giãn bắt nguồn từ sự sắp xếp phân tử chính xác của các sợi collagen. Sức bền căng giãn ổn định và tối đa của sợi collagen là kết quả của những liên kết chéo giữa các phân tử và nội phân tử (Hình 5).



Hình 5. Biểu đồ mô tả các thành phần chính của sụn khớp khi mô không chịu lực (A) và chịu lực (B). Khi mô chịu lực, các sợi collagen sắp xếp thẳng hàng theo phương của lực.

TUỔI VÀ SỰ PHÁT TRIỂN

Tuổi tác định đoạt thành phần của ECM cũng như việc tổ chức các tế bào sụn và phản ứng của chúng đối với các yếu tố bên ngoài như cytokines. Khi tuổi tăng lên, có sự thay đổi về phân bố tế bào sụn theo từng vùng; tuy nhiên, tổng số lượng tế bào sụn vẫn không thay đổi. Các tế bào sụn bắt đầu tiêu mòn đi ở tầng mặt, trong khi các lớp ở sâu hơn có số lượng tế bào tăng lên.

Khi tuổi tăng lên, sự mất nước của chất nền giảm đi và tăng tương ứng về độ cứng nén. Điều này có thể liên quan đến xương nằm dưới sụn, có thể thấy lực tác động lên xương dưới sụn sẽ tăng lên khi sụn mất khả năng chịu biến dạng thuận nghịch. Những thay đổi như đông đặc thành dải hoặc xơ cứng dưới sụn có thể được ghi nhận trên hình ảnh cộng hưởng từ (MRI), những thay đổi này thường có liên quan với mô hình phù tủy xương trong quá trình thoái hóa sụn. Việc giữ hằng định nội môi cho ECM là rất quan trọng để duy trì sụn khớp.

Kích thước của các proteoglycan kết hợp trong ECM giảm theo độ tuổi do giảm các vị trí gắn kết có sẵn của chuỗi HA hoặc do thủy phân protein gây tổn thương các protein liên kết và chuỗi glycosaminoglycan của chúng. Sự kết hợp cũng có thể ảnh hưởng đến sự phân bố kích thước lỗ lọc và tính thấm thấu của dung môi. Ngoài ra tỷ lệ keratin sulfate và chondroitin sulfate cũng tăng lên. Nồng độ hyaluronan tăng theo tuổi do sự tích tụ dần dần của hyaluronan bị thoái hóa từng phần thay vì tăng tổng hợp.

TÓM TẮT

Sụn khớp là một mô liên kết biệt hóa cao của các khớp động. Chức năng chính của sụn khớp là cung cấp một bề mặt trơn láng cho khớp, tạo điều kiện thuận lợi cho việc truyền các tải trọng với hệ số ma sát thấp. Tác động cơ học của mô phụ thuộc vào sự tương tác của dịch và các thành phần rắn. Cấu trúc độc đáo và phức tạp của sụn khớp làm cho việc điều trị và sửa chữa sụn khớp trở thành một thách thức đáng kể.

THE EFFECT OF AGING AND MECHANICAL LOADING ON THE METABOLISM OF ARTICULAR CARTILAGE

Increasing age leads to a decline in chondrocyte function due to senescence and hence to a diminished capacity for remodeling and maintenance. This lack of tissue turnover and renewal causes accumulation of AGE, leading to increased stiffness because of these fibrillar crosslinks, followed by a decline in articular cartilage deformation capacity and quality, and thereby ultimately to an increased susceptibility for destruction. Age is thus a major predisposing factor for the development of osteoarthritis.

Within a certain degree, articular cartilage can adapt to the amount of mechanical influence in the same way as the rest of the musculoskeletal system — moderate use leads to hypertrophy and maintenance of articular cartilage quality while immobilization causes atrophy, both primarily because of changes in the content of proteoglycan. Many of the underlying cell signaling mechanisms and pathways have been characterized, showing osteoarthritis to be both a degenerative and inflammatory disease. Somewhat in contrast with other parts of the musculoskeletal system, mechanical overloading of cartilage causes substantial damage to the collagen network and because of a lack of regenerative capacity, this leads to irreversible destruction and is thus the most apparent triggering cause of osteoarthritis. Because aging is inevitable, moderate mechanical loading is the best tool to maintain cartilage integrity and health, which can be achieved by different types of activities, thus reducing or even preventing osteoarthritis.