

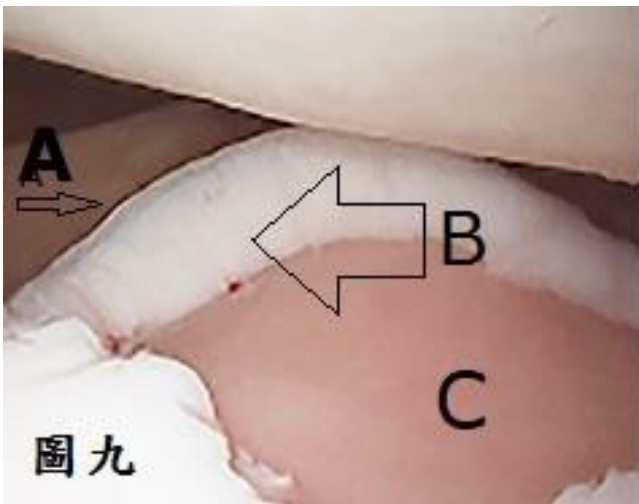
走跑跳系列 之 02-02 慢跑不會傷膝蓋 (解剖 3-2)

本節是介紹膝關節軟骨分子層次結構的解剖介紹。

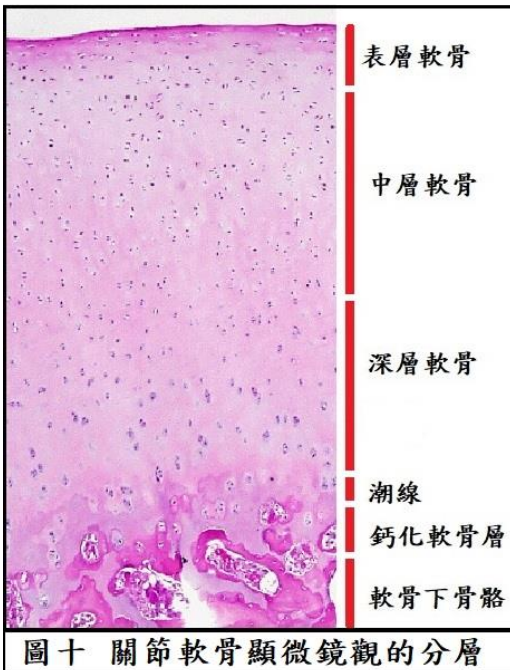
膝關節軟骨的厚度約 1 至 3 毫米左右(註 1)，有著白色光亮平滑的表面。其縱剖面的目視所見，可分為兩層，如圖九：

- A) 表層是半透明的薄層，結構均勻，其纖維主要是橫向的走向；
- B) 其下為白色、較堅韌的纖維組織、明顯縱向排列；直接就附著在骨骼(圖九 C)。

於 Magn Reson Imaging Clin N Am 19 (2011) 215–227 文章的圖 2，明顯的呈現出表面薄層軟骨，其纖維的走向。



軟骨縱剖面的顯微鏡所見，可分為六層，如圖十：



在此，要把圖十中的潮線，做些介紹。

潮線是無鈣化軟骨部份(表層、中層、深層軟骨之加總)與鈣化軟骨層的分界線。

成人的關節軟骨才有潮線；仍在生長中的少年，關節軟骨中是沒有潮線的。

潮線的另一意義是：

比潮線更深層的下方，為有鈣化的軟骨層，是有血液提供營養的；

比潮線表淺的無鈣化的軟骨深層、中層及表層部份，是沒有血液供應的，其營養是來自於關節液自軟骨表層向內的擴散與滲透。

關節軟骨是由 1)軟骨細胞、2)膠原蛋白(collagen)、3)蛋白聚糖(proteoglycan)及 4)極少量非膠原蛋白的蛋白質所組成。

以下就把軟骨的構造，做個介紹，大家就會瞭解為何「健走、慢跑」，不但不會傷膝關節；相反的，膝關節反而會因「健走、慢跑」而獲利。

這個事實，與一般「想當然耳」的模糊概念 → 跑步會傷膝蓋 ← 相反。

這個事實，與一般「想當然耳」的模糊概念 → 跑步會傷膝蓋 ← 相反。

這個事實，與一般「想當然耳」的模糊概念 → 跑步會傷膝蓋 ← 相反。

關節軟骨是由下列所構成：

1) 除軟骨細胞之外，都稱為軟骨細胞外基質；而這基質都是軟骨細胞製造分泌出來的。

可以這樣說：軟骨細胞是軟骨的父母，製造出子女(膠原蛋白與蛋白聚糖)之後，這天下(軟骨)就交由子女去表演，父母完全退居幕後。

2) 膠原蛋白是維持軟骨形態的主要蛋白質，是第二型膠原蛋白。它的韌性超強，抗張力也強。

此第二型膠原蛋白：

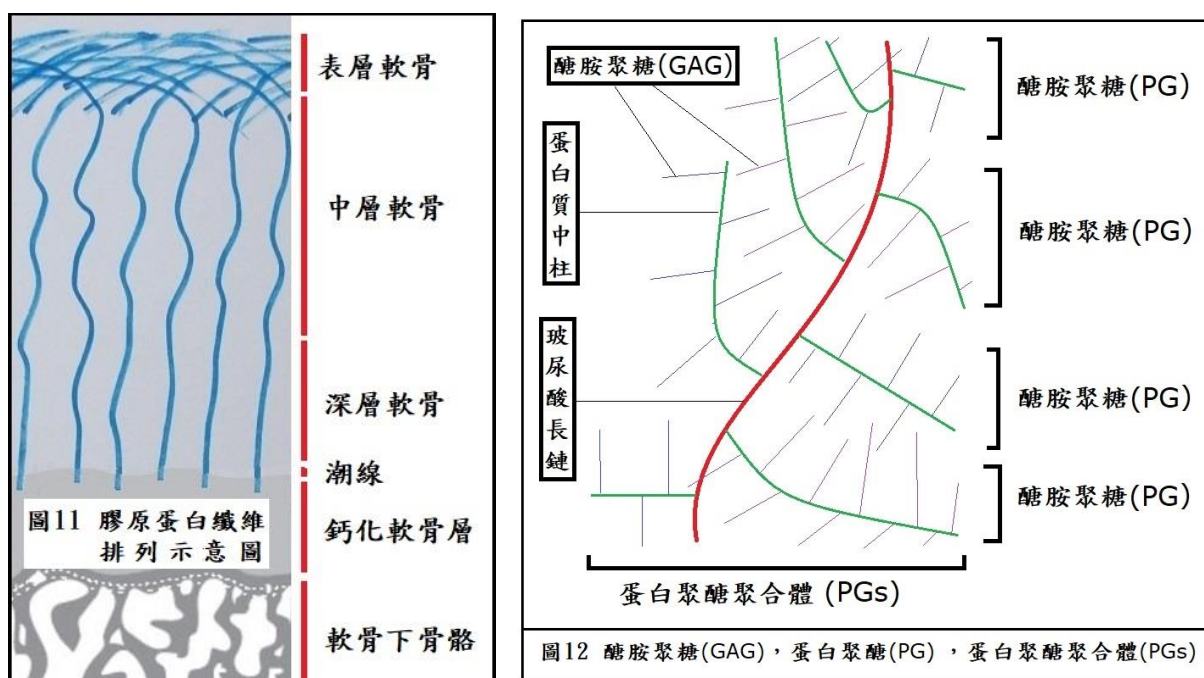
A) 基部是根植於潮線下方的鈣化軟骨層內。

B) 在深層軟骨中，是幾以近垂直的向上(軟骨表面)延伸；

C) 在中層軟骨中，就開始彎曲綿延向上也向左右延伸；

D) 在表層軟骨中，第二型膠原蛋白的走向，是幾與關節面平行的方向。

圖十一為第二型膠原蛋白纖維在軟骨內排列的示意圖。圖中的藍色線條即為膠原蛋白纖維。



- 3) 一群不同的醣胺聚糖(glycosaminoglycans, GAGs; 以往的名稱是 mucopolysaccharides), 聚合在蛋白質形成的中柱上, 所形成的大分子, 稱為蛋白聚醣(proteoglycan, PG)。

許多蛋白聚醣(proteoglycan, PG)聚合在(玻尿酸組成的)長長中柱上, 成為更大的巨分子, 稱為蛋白聚醣聚合體 (proteoglycan aggregates, PGs)(圖十二), 它是分布在關節軟骨膠原蛋白構成的網狀基質中, 圖十三。

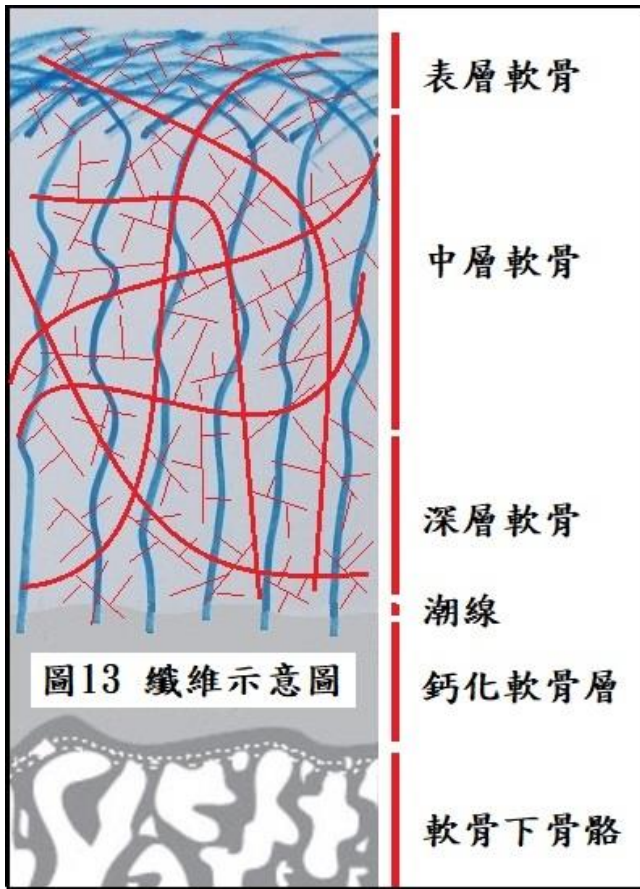
簡言之, 多數 GAG 聚合成一個 PG; 多數 PG 聚合成一個 PGs。

圖十二的藍與紫色的羽狀及其所屬的綠色線, 表示是不同的蛋白聚醣 (PG)。紅色線代表玻尿酸的長鏈, 綠色線代表 PG 的蛋白質的中柱, 藍色及紫色線代表不同的 GAG 分子。

因 GAG 的分子外圍是帶有負電, 所以 PG 中的各個 GAG 分子是以同電性互斥所造成的最大分散度存在。也是因這負電性, 它和水分子有強的親和力; 同時限制也控制著「物質」是否能通過該軟骨基質。

蛋白聚醣聚合體(PGs)不是直直的排列, 而是向四面八方伸展, 互相穿叉攀附糾纏, 卻又互相排斥保持一定距離, 而形成的立體網狀結構。

蛋白聚醣聚合體(PGs)存在於膠原蛋白的纖維之間, 加上它的涵水特性, 加強了膠原蛋白的抗壓及抗張特性。



圖十三 PGs 在膠原蛋白纖維間的示意圖

4) 極少量非膠原蛋白的蛋白質，各自有其更深層的功能，相關訊息，此處從略。

圖十四為集合了前面的全部敘述，整體軟骨的圖示。

左側是肉眼見到的關節軟骨斷面，中間是顯微鏡所見，右側為軟骨細胞外基質中纖維的示意圖。

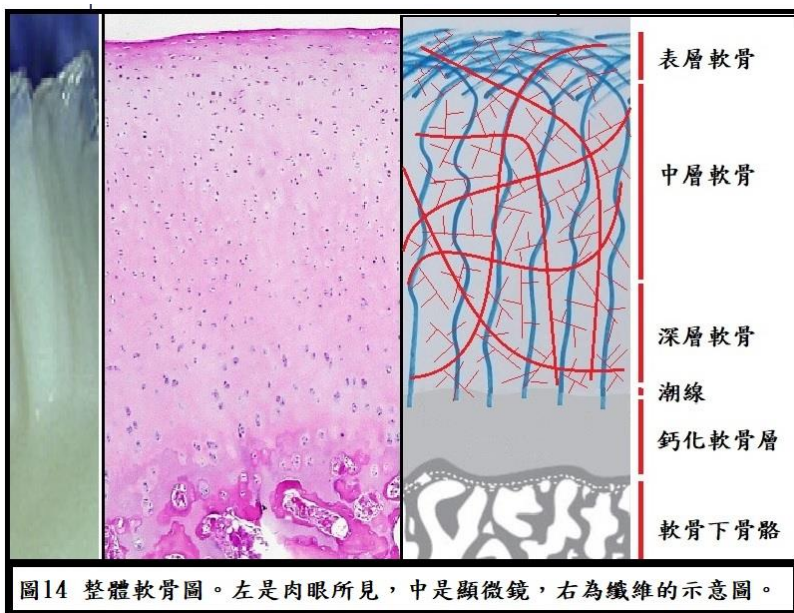


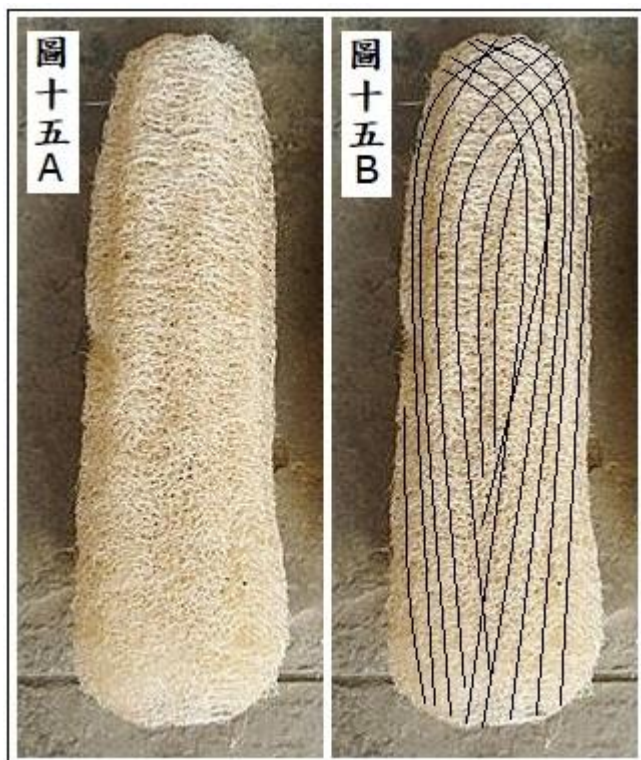
圖14 整體軟骨圖。左是肉眼所見，中是顯微鏡，右為纖維的示意圖。

膠原蛋白與蛋白聚醣聚合體各自的特性，及其兩者所組成的三度空間的安排，奠定了整體軟骨組織堅實又耐壓的特性。

奠定了整體軟骨組織堅實又耐壓的特性。
奠定了整體軟骨組織堅實又耐壓的特性。
奠定了整體軟骨組織堅實又耐壓的特性。

整體軟骨細胞外基質組織可以想像成一個絲瓜菜瓜布(圖十五 A)，再加上無數根縱向的鋼絲(圖十五 B 的黑線)，穿插於其中。

每個 PGs 聚合體，就如同絲瓜菜瓜布中的一根鬚。
膠原蛋白就是無數根以圖十一的排列方式插入的鋼絲。



在軟骨組織這樣的緊密立體網狀結構中，PGs 與 PGs 聚合分子之間，相鄰的 GAG 分子之間，因外圍都是帶有負電，分子之間都有因相同電性互斥，所產生的空隙存在。這些空間及互斥力，就是「走、跑、跳」對關節壓力的緩衝區。

更重要的是：這抵抗壓力的緩衝力，是隨著壓力的加大而增加。因為電性互斥所產生的力場，愈接近，排斥力愈大。這就像是個用上細下粗的金屬，做成的彈簧般(圖十六)；愈向下壓，抗力愈大。



再，因 PGs 聚合分子有強的聚親水性，含有大量的水分。這些水分提供了重要的即時均勻散佈壓力及緩衝的機制。

是這樣的結構，就是軟骨能承受巨大壓力的原因。

有興趣的讀者，可參考註 2 的 Fig. 6, 7, & 8。

更有興趣者，可參考註 3 (基礎醫學研究)及註 4 (臨床實證醫學)。

藉由關節的運動及承載，使關節軟骨能有壓放的機制出現，增進了滲透功能，使軟骨維持正常新陳代謝。(註 5, 6, 7, 8)

不動或少動，已被證明對關節有不良的影響。(註 9,10, 11, 12)

下面一節(解剖 3-3)，將介紹膝關節軟骨的磨擦現象，明瞭之後對「跑步不會傷膝」，可以說：接近全部明白了。

為尊重原作者的著作權，不便直接把原圖直接轉貼在文中。

為了讀者的方便，附註的文獻資料，都附有連結網頁的訊息，點選即可得。

註 1 :

1999 Thickness of human articular cartilage in joints of the lower limb

Ann Rheum Dis 1999;58:27-34

(此文於 July 14, 2017 , 經 British Medical Journal 重新審視後再度刊載)。

<http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC1752762&blobtype=pdf>

註 2:

2002 Functional anatomy of articular cartilage under compressive loading: Quantitative aspects of global, local and zonal reactions of the collagenous network with respect to the surface integrity

C. Glaser and R. Putz. Osteoarthritis and Cartilage (2002) 10, 83-99

https://www.researchgate.net/publication/11493315_Functional_anatomy_of_articular_cartilage_under_compressive_loading_Quantitative_aspects_of_global_local_and_zonal_reactions_of_the_collagenous_network_with_respect_to_the_surface_integrity [accessed Aug 5, 2017].

註 3:

2010 New insights into the role of the superficial tangential zone in influencing the microstructural response of articular cartilage to compression

S.L. Bevill, A. Thambyah, N.D. Broom

Osteoarthritis and Cartilage 18 (2010) 1310-1318

http://www.academia.edu/517161/New_insights_into_the_role_of_the_superficial_tangential_zone_in_influencing_the_microstructural_response_of_articular_cartilage_to_compression

註 4:

2008 Reduced Disability and Mortality Among Aging Runners : A 21-Year Longitudinal Study Eliza F. Chakravarty, MD, Arch Intern Med. 2008;168(15):1638-1646

<http://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/770349>

註 5:

2015 Osteoarthritis patients will benefit from jumping exercise

Arthritis & Rheumatism February 18, 2015

http://cordis.europa.eu/news/rcn/123137_en.html

註 6:

2010 Running and Osteoarthritis

Stuart E. Willick, MD, Pamela A. Hansen, MD

Clin Sports Med 29 (2010) 417-428

註 7:

2008 Long Distance Running and Knee Osteoarthritis

Eliza F. Chakravarty, MD, MS, Helen B. Hubert, PhD,

Am J Prev Med 2008;35(2):133–138

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074937970800353X>

註 8:

2005 Positive Effects of Moderate Exercise on Knee Cartilage Glycosaminoglycan Content (A Four-month Randomized Controlled Trial in Patients at Risk of Osteoarthritis)

Arthritis & Rheumatism 2005; 52(11) 3507-3514

<https://lucris.lub.lu.se/ws/files/2760782/625172.pdf>

註 9:

2012 Effects of immobilization on thickness of superficial zone of articular cartilage of patella in rats.

Khadija Iqbal, Yunus Khan, and Liaquat Ali Minhas

Indian J Orthop. 2012 Jul-Aug; 46(4): 391–394.

<http://europepmc.org/articles/PMC3421927>

註 10:

2012 Effects of immobilization on chondrocytes and pericellular matrix in articular cartilage

Khadija Iqbal, Muhammad Yunus Khan, Liaquat Ali Minhas

J. Morphol. Sci., 2012, 29(1)8-11

http://jpma.org.pk/full_article_text.php?article_id=3456

註 11:

2002 The effects of immobilization on the characteristics of articular cartilage: current concepts and future directions

B. Vanwanseele, E. Lucchinetti, E. Stüssi

Osteoarthritis and Cartilage (2002) 10, 408–419

[http://www.oarsijournal.com/article/S1063-4584\(02\)90529-7/pdf](http://www.oarsijournal.com/article/S1063-4584(02)90529-7/pdf)

註 12:

1970 Ultrastructure of articular cartilage in experimental immobilization

S. Roy

Ann. rheum. Dis. (1970), 29, 634-642

<http://ard.bmj.com/content/annrheumdis/29/6/634.full.pdf>