■研究論文

ヒト胸鎖関節円板に出現する変形性関節症に 類似した変性像の病理組織学的検討

Degenerative Changes of the Human Sternoclavicular Joint Disc, Comparable with Osteoarthrotic Articular Cartilage

—A Histopathological Study—

江村 健児¹⁾ 松崎 太郎²⁾ 細 正博²⁾

KENJI EMURA, RPT¹⁾, TARO MATSUZAKI, RPT²⁾, MASAHIRO HOSO, MD²⁾

¹⁾ Faculty of Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kobe University: 7-10-2 Tomogaoka, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0142, Japan. TEL +81 78-796-4582

²⁾ Division of Rehabilitation Science, Department of Health Science, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University

Rigakuryoho Kagaku 22(3): 345-351, 2007. Submitted Nov. 20, 2006. Accepted Feb. 3, 2007.

ABSTRACT: Aim: The sternoclavicular joint (SCJ) articulates the upper limbs and the trunk is thought to deeply participate with the movement of the upper limbs. The SCJ has an articular disc which provides function as a spheroid joint. The purpose of this study was to investigate the SCJ disc histopathologically. Materials and Methods: Human SCJ discs obtained from autopsy cases without arthro-skeletal diseases, were investigated histopathologically, using a light microscope. Results: We observed the findings of tear, myxoid degeneration and chondrocyte cloning in the SCJ discs. Almost all discs showed surface avulsion like hangnails. Conclusions: The histopathological findings of the SCJ discs in this study correspond approximately with the reports of menisci. The avulsion like hangnails may indicate a distinctive style of fibrillation of the SCJ disc.

Key words: articular disc, sternoclavicular joint, histopathology

要旨: 目的: 胸鎖関節には関節円板が存在し、関節円板によって胸鎖関節は球関節の機能を持つとされている。本研究の目的は、胸鎖関節の関節円板を病理組織学的に検討することである。方法: 剖検症例において摘出されたヒト胸鎖関節円板を、光学顕微鏡を用いて病理組織学的に観察した。結果: 胸鎖関節円板に断裂(tear)、粘液様変性(myxoid degeneration)、軟骨細胞の集簇化(chondrocyte cloning)等の所見を認めた。また関節円板の表面が、表面にほぼ平行して層状に剥離する像をよく認めた。他の関節円板との比較では、解剖学的、発生的に関節円板と同一と考えられる膝半月板の病理組織像に関する過去の報告と今回の結果が類似していたが、層状剥離の記述は見られず、これが胸鎖関節に特異的なfibrillationの表現である可能性が示唆された。

キーワード: 関節円板, 胸鎖関節, 病理組織像

¹⁾ 神戸大学大学院 医学系研究科保健学専攻: 兵庫県神戸市須磨区友が丘7-10-2 (〒654-0142) TEL 078-796-4582

²⁾ 金沢大学大学院 医学系研究科保健学専攻

受付日 2006年11月20日 受理日 2007年2月3日

I. はじめに

胸鎖関節は、鎖骨の胸骨端と胸骨の鎖骨切痕および隣接する第一肋軟骨上面から構成される関節で、体幹と上肢帯との骨性連結をなす唯一の関節である¹⁻⁸⁾。胸鎖関節は肩甲上腕関節、肩鎖関節などと共に肩関節複合体を形成し、上肢挙上時には鎖骨が長軸の周りに回旋するなど、上肢の運動に深く関与する^{5,6)}。このため理学療法では、肩関節周囲炎など肩関節の疼痛や運動制限が問題になる場合に胸鎖関節が関わってくると考えられるが、その関与の程度は明らかではない⁷⁻⁹⁾。また、胸鎖関節は上肢外転時の肩甲上腕リズムの形成にも関与し、上肢外転90度までの肩甲骨の上方回旋運動は、大部分が胸鎖関節での鎖骨の挙上によって生じるとされる¹⁰⁾。胸鎖関節は構造的には鞍関節であるが、関節円板の介在により球関節としての機能を持つとされる^{1-6,11)}。関節円板は騎手と馬の間の鞍のように関節の適合性を高め¹²⁾、衝撃吸収体としても機能する⁶⁾。このように、胸鎖関節の機能を考える上で関節円板の存在は重要な意味を持つと考えられる。また、胸鎖関節の関節軟骨は通常の硝子軟骨ではなく例外的に線維軟骨から形成されていると言われており、これによる関節機能、ひいては関節円板への影響も考えられる^{1,13-16)}。しかし胸鎖関節円板についての知見は乏しく^{1,6,11,17)}、とりわけ関節円板を病理組織学的に検討した報告は、著者らが検索した限り見当たらない。そこで今回、剖検症例のヒト胸鎖関節円板を病理組織学的に観察したので報告する。

II. 対 象

ヒト胸鎖関節は、金沢大学医学部保健学科の関連施設において連続的に実施された25剖検症例（男性13症例、女性12症例、年齢17～83歳：平均60.6歳）より任意に片側の胸鎖関節を採取し、25関節（左15関節、右10関節）のそれぞれの関節円板を観察対象とした。対象症例は全て生前に筋・骨格系疾患の診断は下されておらず、また死因も筋・骨格系疾患とは関係のないものであった（表1）。なお、この研究は、金沢大学医学倫理委員会の承認を得て行っている。

III. 方 法

1. 検体の採取

通常の剖検開胸手技、すなわち、胸部皮膚および皮下組織を正中切開し、胸鎖関節および肋骨を電気ノコギリ

および骨切り鋏にて切断する際、左右任意の胸鎖関節（胸骨の鎖骨切痕および第一肋軟骨の一部と鎖骨の胸骨端の間）を採取した。

2. 組織標本の作製

摘出した胸鎖関節は、速やかに10%中性緩衝ホルマリンにより24～48時間固定した。その後軽く水洗し、電気ノコギリで8症例を胸鎖関節中央水平面、その他の症例は胸鎖関節中央前額面で切断した。固定終了した関節は軽く水洗し、プラंक・リュクロ液を用いて24～48時間、4℃にて脱灰操作を行った。ノコギリにて胸骨側関節軟骨、鎖骨側関節軟骨、関節円板を含む、厚さ約5 mmの組織片を平行に4個作成した。組織包埋カセット（30

表1 対象症例

No.	採取側	性別	年齢	主病変	死因
1	右	男	17	骨髄異形成	感染症
2	左	女	21	非ホジキンリンパ腫	呼吸不全
3	左	男	25	非ホジキンリンパ腫	敗血症
4	左	女	39	慢性骨髄性白血病	多臓器不全
5	左	女	40	急性骨髄性白血病(M2)	肺炎
6	右	男	49	血管炎症候群	不明
7	右	女	53	急性骨髄性白血病(M1)	急性骨髄性白血病
8	右	男	54	肝細胞癌	肝不全
9	左	男	58	肝硬変	肝不全
10	左	男	58	肝細胞癌	肝不全
11	右	女	63	小脳梗塞	心不全
12	右	男	64	食道癌	食道癌
13	左	男	66	心臓血管肉腫	心臓血管肉腫
14	右	女	67	全身性エリテマトーデス	多臓器不全
15	左	男	71	肺癌	肺癌
16	右	男	72	胃癌	胃癌
17	右	女	73	細菌性腹膜炎	細菌性腹膜炎
18	右	女	74	急性心不全	心不全
19	左	男	75	胃癌	呼吸不全
20	左	女	76	再生不良性貧血	敗血症
21	左	男	77	胆管癌	胆管癌
22	左	女	78	肝不全	肝不全
23	左	女	81	僧帽弁閉鎖不全症	肺炎
24	左	女	81	腹部大動脈瘤解離	腹部大動脈瘤解離
25	左	男	83	播種性血管内凝固症候群	播種性血管内凝固症候群

×26 mm : TISSUE-TEK) 内に十分収まるように余分な骨組織を切り、目印として鎖骨の骨組織部分にくさび型の切れ込みをいれ、カセットに収めた。その後、15～30分流水水洗し、5%硫酸ナトリウム液を用いて24～48時間中和操作を行った。中和終了後、15～30分流水水洗し、2時間程度100%アルコールにて脱脂操作を行った。脱脂終了後、自動包埋装置により脱水、パラフィン包埋した。その後、包埋センター (TISSUE-KEN サーマルコンソール) によりパラフィンブロックを作成した。

ブロックの薄切は滑走式ユング型ミクロトーム (YAMATO) を使用し、3 μ m で薄切を行った。次に薄切した切片をスライドガラス (MASコーティングスライドガラス, 松浪硝子) 上に貼り付け、孵卵器 (INCUBATOR MODEL IS-61, YAMATO) にて37 $^{\circ}$ C, 2日間乾燥させ、その後4 $^{\circ}$ Cで保存した。その後、ヘマトキシリン-エオジン染色 (HE 染色) を施行し、疎水性封入剤 (ENTELLAN NEW, MERCK), カバーガラス (MICRO COVER GRASS, 24×40 mmまたは24×50 mm, 松浪硝子) を用いて封入した。

3. 標本の観察

HE染色標本を、光学顕微鏡 (BX-50, オリンパス) を使用して接眼レンズ10倍、対物レンズ4倍、10倍、20倍、40倍にて観察した。観察は共著者3名がそれぞれ行い、人工像を可能な限り排除した上で各観察者の判断を比較、おおむね一致したものを以下の観察結果とした。

IV. 結 果

光学顕微鏡を用いた観察の結果、胸鎖関節円板に断裂 (tear), 粘液様変性 (myxoid degeneration), 軟骨細胞の集簇化 (chondrocyte cloning) 等の所見を認めた^{18,19)}。また関節円板の表面が、表面にほぼ平行して層状に剥離する像をよく認めた。

1. 断裂

25症例中10症例 (40%) に断裂像 (図1A) を認めた。一部断裂像の周囲には、後述の軟骨細胞の集簇化や粘液様変性が見られた (図1B, C)。また、2症例において断裂面への滑膜様組織による被覆が観察された (図1D)。

2. 粘液様変性

25症例全てにおいて粘液様変性 (図2A, B) が見られた。粘液様変性は関節円板全体、あるいは表層部のみに見られた場合がほとんどであったが、関節円板深層のみ

に粘液様変性が見られた症例も2症例あった。

3. 軟骨細胞の集簇化

25症例中16症例 (64%) に軟骨細胞の集簇化 (図3A) が見られ、そのうち4症例では集簇化した軟骨細胞の周囲に粘液様変性を伴う像 (図3B, C) が見られた。

4. 層状剥離

関節円板表面が、表面とほぼ並行に層状ないしさくれ状に剥離する像 (図4A, B) を認めた。層状の剥離が見られたのは25症例中22症例 (88%) であり、そのうち関節円板の胸骨側表面、鎖骨側表面の両方に見られたのは12症例 (48%) であった。

5. 滑膜組織による関節円板の被覆

滑膜から連続する組織により、関節円板辺縁部が被覆される像 (図5) が10症例 (40%) に見られ、そのうちの9症例では被覆組織内に毛細血管、細小血管を伴っていた。

V. 考 察

胸鎖関節は肩関節複合体の一部として、上肢の運動に深く関与していると考えられ^{5,6)}、肩関節の疼痛や運動制限の理学療法等で問題となると考えられるが、その詳細は明らかではない⁷⁻⁹⁾。今回注目した胸鎖関節の関節円板については、詳細な報告はほとんど見あたらず^{1,6,11,17)}、とりわけ病理組織学的に研究した報告は、我々が検索した限りでは皆無である。そこで今回、剖検材料を用いたヒト胸鎖関節の関節円板を光学顕微鏡下で観察したところ、変性あるいは損傷に相当すると考えられる所見^{18,19)}を多く認めた。

加齢あるいは変形性関節症で出現する関節軟骨の変性像として、粘液様変性 (myxoid degeneration), 細線維化 (fibrillation), 裂隙形成 (fissure), 軟骨の菲薄化, 象牙化 (eburnation), 軟骨細胞増生 (chondrocyte proliferation or cloning), 断裂 (tear) が知られている¹⁸⁻²⁰⁾。今回胸鎖関節の関節円板に見られた変性像と考えられる所見は、これら関節軟骨の変性像として知られるものと類似していた。

胸鎖関節における加齢あるいは変形性関節症についての報告^{21,22)}によると、50歳代以降では80%以上の高頻度で胸鎖関節に変性所見が認められるとされる。しかし、これらの報告は主に関節軟骨や軟骨下骨に注目したものであり、関節円板の変性についての詳細な記述はない。

図1 断裂像

- A: 断裂像. スケールバー: 200 μm
 B: 断裂周囲に軟骨細胞集簇化が見られる. スケールバー: 100 μm
 C: 粘液様変性を伴う断裂. スケールバー: 50 μm
 D: 断裂面が滑膜様組織によって覆われている. スケールバー: 200 μm

図2 粘液様変性

- A: スケールバー: 200 μm B: スケールバー: 50 μm

ここで、他の関節の関節円板についての記述を渉猟してみると、最も詳細に研究されているのは膝関節の半月板である^{20,23-28)}。

ヒト膝関節半月板の損傷/変性像としては、断裂、粘液様変性、細線維化、軟骨細胞の集簇、滑膜組織による半月板の被覆等の記載が見られ、今回観察した胸鎖関節

円板とほぼ同様であった^{20-23,26)}。しかし、このような変性をきたした半月板は、通常何らかの臨床症状を呈すると考えられ、実際引用した研究は病的な半月板に関するものである。今回の観察の対象症例には筋・骨格系疾患の診断は下されておらず、胸鎖関節において認められた所見と臨床症状との関連は不明である。また、細線維化

図3 軟骨細胞の集簇化

A : スケールバー : 50 μm B, C : 周囲に粘液様変性を伴う . スケールバー : 100 μm

については、変形性関節症などで最も知られた変性像であるにもかかわらず、今回観察した胸鎖関節円板には典型的な像は見られず、代わりに層状剥離像を認めた。この層状剥離を関節円板における細線維化の表現と見なすことができれば、変性所見の整合性がとれるように思われる。しかし成書ならびに文献検索上、半月板における層状剥離への言及は発見できず、半月板の細線維化は通常関節軟骨のそれと同等とされ、掲載された組織写真も同様のものとなっている^{20,24,25)}。

ヒト顎関節は、関節軟骨が線維軟骨からなるとされ、かつ関節円板を有する点で胸鎖関節と類似してい

る²⁹⁻³²⁾。しかしその関節円板は軟骨性ではなく線維性であると記述されており²⁹⁻³²⁾、組織学的性質が異なることになる。顎関節については、近年注目を浴びる顎関節症との関連もあり、多くの研究がなされている。それによれば、顎関節の変形性関節症では、関節円板のプロテオグリカン含有量の低下、断裂、硝子様変性、類軟骨細胞の出現、集塊形成等の記載があり、硝子軟骨と類似した変性像を示すとされる^{31,33-36)}。しかし、細線維化あるいは層状剥離についての記述、言及は我々が検索した限りでは発見できなかった。

関節円板が存在するもう1カ所、遠位橈尺関節の関節

図4 層状剥離像

A, B : スケールバー : 200 μm

図5 滑膜様組織による円板辺縁部の被覆
細小血管（矢印）が見られる。スケールバー：200 μ m

円板は三角線維軟骨とも呼ばれ、三角線維軟骨複合体の一部として存在し、手根の運動に重要な役割を果たすと考えられる^{37,38)}が、その関節円板の変性についての記述も乏しく、文献も我々が検索した限りでは見あたらなかった。その詳細は胸鎖関節同様不明とするしかないと思われる。

以上、成書および文献検索においても、他の関節の関節円板表面の層状剥離の記載は見あたらない。あるいはこれは胸鎖関節の関節円板に特有の人工像なのかもしれない。あるいは我々の実験手技に何らかの問題があるのかもしれない。ただ、膝関節半月板に出現するとされる典型的な細線維化が胸鎖関節の関節円板には出現しておらず、これに変わるように層状剥離が出現しているように見えることから、この現象は胸鎖関節円板特有の細線維化の表現なのかもしれない。

細線維化は、タンパク分解活性の亢進により軟骨基質が変性、異化されることにより引き起こされ、その組織形態はⅡ型コラーゲン線維の走行に由来するとされる³⁹⁻⁴¹⁾。胸鎖関節の関節軟骨のコラーゲン線維の走行についての記述は、既述のごとく見られない。膝関節の半月板のコラーゲン線維の走行に関してはいくつかの報告があり、表層のコラーゲン線維は表面と平行に走行しているあるいは長軸方向に同心円状に配列するコラーゲン線維束の多数派とこれと斜めに交錯する少数派によりなるとされる^{20,42)}。これが事実であれば、膝半月板の細線維化が関節軟骨に見られる通常の組織像と異なっても良さそうなものだが、実際に観察、記述されているものは通常型である^{20,24,25)}。これに関しては、半月板の断面が一樣ではなく、関節包側から中央に向かって三角状に厚さを漸減するという特異な形態が関係している可能性が考えられ⁴³⁾、関節「円板」である胸鎖関節のそ

れとは状況が異なるのかもしれない。

今回の結果と、胸鎖関節の変性についての過去の報告^{21,22)}を総合すると、関節軟骨や軟骨下骨に加えて関節円板にも高頻度で変性像がみられることが明らかとなった。これらの変性が及ぼす機能的影響や、層状剥離像の解釈など今後検討すべき課題は残るが、胸鎖関節が高頻度で変性していることを念頭において治療にあたることは理学療法上有意義と考える。

謝辞 本研究を行うにあたり、多大なるご協力を頂いた金沢大学医学部第二病理学教室の皆様へ深く感謝いたします。

引用文献

- 1) Gray H, Bannister LH, Berry MM, et al. (eds.): Gray's Anatomy: The anatomical basis of medicine and surgery 38th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 1995, pp 620-621.
- 2) 森 於菟, 小川鼎三, 大内 弘・他: 分担解剖学 第11版. 金原出版, 東京, 1982, pp 202-204.
- 3) 中村隆一, 斎藤 宏, 長崎 浩: 基礎運動学 第6版. 医歯薬出版, 東京, 2003, pp 207-208.
- 4) 平澤泰介: 標準整形外科 第7版. 石井清一, 平澤泰介, 鳥巢岳彦・他 (編), 医学書院, 東京, 1999, pp 326-328.
- 5) Terry GC, Chopp TM: Functional anatomy of the shoulder. J Athl Train, 2000, **35**(3): 248-255.
- 6) Neumann DA (著), 嶋田智明, 平田総一郎 (監訳): 筋骨格系のキネシオロジー. 医歯薬出版, 東京, 2005, pp 99-144.
- 7) 立花 孝: 標準理学療法学専門分野 運動療法学各論 第2版. 吉尾雅春 (編), 医学書院, 東京, 2006, pp 285-302.
- 8) Hiramuro-Shoji F, Wirth MA, Rockwood CA Jr., et al.: Atraumatic conditions of the sternoclavicular joint. J Shoulder Elbow Surg, 2003, **12**(1): 79-88.
- 9) 堀井基行, 久保俊一: 最新リハビリテーション医学 第2版. 石神重信, 石田 暉, 江藤文夫・他 (編), 医歯薬出版, 東京, 2005, pp 332-333.
- 10) Inman VT, Saunders M, Abbott LC: Observations on the function of the shoulder joint. J Bone Joint Surg, 1944, **26**(1): 1-30.
- 11) 武重直敏, 藤巻悦夫, 島田和幸・他: ヒト成人胸鎖関節の形態について. 昭和医学会誌, 1998, **58**(2): 106-115.
- 12) Kapandji IA: The Physiology of the Joints 2nd ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 1982, pp44-47.
- 13) Gray H, Bannister LH, Berry MM, et al. (eds.): Gray's Anatomy: The anatomical basis of medicine and surgery 38th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 1995, pp 443-452.
- 14) Hosono M, Kanemori Y, Yoshikubo H, et al.: A histological study of articular cartilages of the human sternoclavicular joint, proposals for modification in the established descriptions and for improvement of the cartilage tissue classification. J Tsuruma Health Science Society, 2003, **27**(1): 15-21.
- 15) Hosono M, Kanemori Y, Yoshikubo H, et al.: Fibrillation of the

- articular cartilages of the human sternoclavicular joint. A report of 20 autopsy cases. *J Tsuruma Health Science Society*, 2003, **27**(1): 137-140.
- 16) Hosono M, Kanemori Y, Inoue S, et al.: The articular cartilages of the human sternoclavicular joints are not only formed by a fibrocartilage but a hyaline cartilage or combination of both cartilage tissue types; a histological study of 7 Japanese autopsy cases. *Memoirs Health Sci Med Kanazawa Univ*, 2000, **24**(1): 15-20.
 - 17) Barbaix E, Lapiere M, Peter VR, et al.: The sternoclavicular joint: variants of the discus articularis. *Clinical Biomechanics*, 2000, **15** (Suppl 1): S3-S7.
 - 18) Vigoria VJ: *Orthopaedic Pathology*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1999, pp 570-588.
 - 19) 石田 剛, 今村哲夫: 非腫瘍性骨関節疾患の病理. 文光堂, 東京, 2003, pp 3-20.
 - 20) Vigoria VJ: *Orthopaedic Pathology*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1999, pp 644-649.
 - 21) Silberberg M, Frank EL, Jarrett SR, et al.: Aging and osteoarthritis of the human sternoclavicular joint. *Am J Pathol*, 1959, **35**(4): 851-863.
 - 22) Kier R, Wain SL, Apple J, et al.: Osteoarthritis of the sternoclavicular joint radiographic features and pathologic correlation. *Invest Radiol*, 1986, **21**(3): 227-233.
 - 23) Nozaki H, Suguro T, Furufu T: A comparison of MR images and histological findings in menisci of persons in middle or advanced age. *J Med Soc Toho Univ*, 2004, **52**(1): 34-44.
 - 24) 寺畑信太郎, 玉井誠一, 清水 健: 半月板損傷の病理組織像. 骨・関節・靱帯, 1990, **3**(9): 875-882.
 - 25) 鈴木俊博, 田中靖久: 損傷半月の組織学的観察. 東日本臨整会誌, 1995, **7**(1): 39-42.
 - 26) 石田 剛, 今村哲夫: 非腫瘍性骨関節疾患の病理. 文光堂, 東京, 2003, pp 73-77.
 - 27) 豊島良太, 高須宣行, 山県 昇・他: 線維軟骨. 関節外科, 1990, **9** (増刊号): 61-71.
 - 28) 水貝直人, 山口義康: 変形性膝関節症における半月板に関する研究—細胞外マトリックスに着目して—. 骨・関節・靱帯, 1995, **8**(1): 511-521.
 - 29) Gray H, Bannister LH, Berry MM, et al. (eds.): *Gray's anatomy: the anatomical basis of medicine and surgery* 38th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 1995, pp 579-580.
 - 30) 濱田 傑: 口腔外科学 第2版. 松矢篤三, 白砂兼光 (編), 医歯薬出版, 東京, 2000, pp 357-365.
 - 31) 北村清一郎: 顎関節症. 日本顎関節症学会 (編), 永末書店, 京都, 2003, pp 347-360.
 - 32) Avery JK (著), 高野吉郎 (監訳): カラーエッセンシャル口腔組織・発生学. 西村書店, 東京, 2002, pp 140-148.
 - 33) Paegle DI, Holmlund AB, Reinholt FP: Characterization of tissue components in the temporomandibular joint disc and posterior disc attachment region: internal derangement and control autopsy specimens compared by morphology. *J Oral Maxillofac Surg*, 2002, **60**(9): 1032-1037.
 - 34) Katzberg RW, Tallents RH: Normal and abnormal temporomandibular joint disc and posterior attachment as depicted by magnetic resonance imaging in systemic and asymptomatic subjects. *J Oral Maxillofac Surg*, 2005, **63**(8): 1155-1161.
 - 35) Kurita K, Ogi N, Miyamoto K, et al.: Diagnostic evaluation of an ultrathin 15000 fiberptic arthroscope: Comparison of arthroscopic and histologic findings in a sheep model. *J Oral Maxillofac Surg*, 2005, **63**(3): 319-322.
 - 36) 小川裕三, 高木 實, 田島義文・他: 口腔病理アトラス 第2版. 山本浩嗣, 坂井英隆, 高田 隆 (編), 文光堂, 東京, 2006, pp 171-172.
 - 37) Neumann DA (著), 嶋田智明, 平田総一郎 (監訳): 筋骨格系のキネシオロジー. 医歯薬出版, 東京, 2005, pp 192-210.
 - 38) Nakamura T, Takayama S, Horiuchi Y, et al.: Origins and insertions of the triangular fibrocartilage complex: a histological study. *Hand Surg Br*, 2001, **26**(5): 446-454.
 - 39) Ghosh P, Smith M: Osteoarthritis, genetic and molecular mechanisms. *Biogerontology*, 2002, **3**(1-2): 85-88.
 - 40) Wagner M, Werner A, Gründer W: Visualization of collagenase-induced cartilage degradation using NMR microscopy. *Invest Radiol*, 1999, **34**(10): 607-614.
 - 41) Pufe T, Lemke A, Kurz B, et al.: Mechanical overload induces VEGF in cartilage discs via hypoxia-inducible factor. *Am J Pathol*, 2004, **164**: 185-192.
 - 42) Archer CW, Caterson B, Benjamin M, et al.: *Biology of the synovial joint*, Harwood academic publishers, Amsterdam, 1999, pp 151-163.
 - 43) Gray H, Bannister LH, Berry MM, et al. (eds.): *Gray's Anatomy: The anatomical basis of medicine and surgery* 38th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh, 1995, pp 703-704.