膝蓋軟骨病変と CT 値からみた Subchondral bone 硬度との関連について

九州労災病院整形外科

井原 秀俊・加茂 洋志

九州労災病院放射線科

出谷 啓三・中川 弘人

Relationship between the Lesions of the Patellar Cartilage and the Hardness of the Subchondral Bone using CT for Evaluation

by

Hidetoshi Ihara and Yoshi Kamo

Department of Orthopaedic Surgery, Kyushu Rosai Hospital, Kitakyushu.

Keizo Dewa and Hiroto Nakagawa

Department of Radiology, Kyushu Rosai Hospital.

CT can evaluate the hardness of the subchondral bone, because its hardness is associated with the thickness of the bone plate and trabeculae. 47 patients with patello-femoral arthralgia were examined by CT, arthroscopy and/or arthrotomy. They were divided into normal and abnormal cartilage groups, and the latter was subdivided into 3 groups. The measured sites of the hardness of the subchondral bone using CT were the center of the lateral facet, the median ridge and the center of the medial facet. The shape of the subchondral bone was classified into 5 types. The hardness was lowest in the medial facet in the abnormal group, and stiffness gradient existed between the median ridge and medial facet in the abnormal group. The shape of the subchondral bone was relatively high at the center of the lateral facet, and thin and irregular in the abnormal group. The hardness between the lateral facet and the median ridge, in which most of the lesions of the cartilage existed in our cases, was not significantly different. The stiffness gradient and shape of the subchondral bone could be related with the lesions of the patellar cartilage, or vice versa.

はじめに

膝蓋大腿関節痛に対しては、その原因・病態が今なお解明されていない点が多すぎる。例えば、レ線上膝蓋骨が亜脱臼しかけ外側面が大腿骨とくっついているような膝も痛みを訴えないことがあるかと思えば、頑固な疼痛を訴える割には骨・軟骨・滑膜などに異常がみあたらない場合もあるからである。膝蓋大腿関節痛の大部分を占める膝蓋軟骨軟化症といわれる病態の解明に少しでも手掛りを握めるよう期待をもって、我々は Subchondral bone (以下 SCB と略す) の硬度と形態に注目した。そこで、SCB 硬度は骨梁の厚さ・

骨皮質密度に相関し、それらは CT 値の相違として表わすことができると考え、膝蓋骨の軟骨病変と SCB の CT 値の関係を眺めてみたので報告する。尚、ここで用いている SCB は subcortical bone も含むこととする。

対象および方法

対象症例は膝蓋大腿関節痛を有する47名で、CT、関節鏡もしくは関節切開にて確認した軟骨状態に従って、正常群 (N群と略す) (図1) と異常群 (A群と略す) に大別した。A群はさらにA1群、A2群、A3群に細分した (表1)。A1群とは softening, fi-

図1 正常(N)群

図2 A1群

表1 47例を軟骨状態に従って以下の如く分類した

① 正常群(N群)	15例
男4, 女11; 年齢9~51才(平均21才)	
② 異常群(A群)	32例
男6, 女26; 年齢17~74才(平均47才)	
i) A1群 (softening, fibrillation, ulcer)	14名
男3, 女11; 年齢17~71才(平均36才)	
ii) A2群 (small eburation)	10名
男2, 女8; 年齢39~74才(平均55才)	
iii) A3群 (large eburation)	8名
男1, 女7; 年齢50~72才(平均59才)	

brillation, ulcer の段階の軟骨病変を有するものであり(図2), A2群とは small eburation を有するもので(図3), A3群とは large eburation を有するもの(図4)である。

CT装置としてはGE 8800 CT/Tを使用し、軟骨病変を描出させるため、空気50mlと60%ウログラフィン3mlを膝関節内に注入した。膝を30°屈曲し、スカウト像にてX線ビームが膝蓋軟骨面に垂直に入射するようにした。CT値測定部位は、軟骨像がもっともよく描出されているスライス面で外側、中央、内側の3ヵ所を選び、骨皮質軟骨面より約3mmの位置に中心をおく面積5mm²区画内のCT平均値を測定した(図5)。又、SCB形状の検討は、ウインドウレベル0, ウインドウ幅1000の一定の条件下での相対的形状を比較した。⁸⁾

結 果

CT値の測定値は表2に示す通りであった。測定部位がわずかにずれるだけで骨緻密部分を含む程度がかなり変化し、そのために測定値に大きなバラツキを生じた。この測定値をもとに、骨硬度勾配に相当すると思われる各部位間のCT値の差をみると、N群では中央-内側間の差がないのに、A1, A3群では有

図3 A2群

図4 A3群

表2 Subchondral bone のCT測定値

	外 側	中 央	内 側
N 群 (n=15)	647±185	538±86	506±146
A 群 全 体 (n=32)	577±259	461±197	311±175
A 1 群 (n=14)	606±324	493±251	283±169
A 2 群 (n=10)	542±200	381±203	370±210
A 3 群 (n=8)	570±220	451±143	288±133

図5 CT値測定部位(外側, 中央, 内側の3ヵ所)

表3 膝蓋骨外側—中央—内側間のCT値の比較

	外側—中央	中央—内側	外側—内側
N 郡	＊ ＊	・	＊ ＊
A 群 全 体	＊ ＊	＊ ＊	＊ ＊
A 1 群	＊ ＊	＊ ＊	＊ ＊
A 2 郡	・	・	＊ ＊
A 3 群	＊	＊ ＊	＊ ＊

・ 有意差なし ＊ ($P < 0.05$)
 ＊ ＊ ($P < 0.01$) 有意差あり

意に差があった(表3)。

次に, 外側, 中央, 内側別に各群間を比較すると, A 1, A 3 群ではN 群と比べて有意に内側が低かった。しかし軟骨病変の多かった外側や中央では, 一定した有意差はみられず, 軟骨病変と, その下部のSCBの相対的骨硬度との関連は結びつけられなかった(表4)。

SCB 形状は, 一定の条件の下で, 正常型・均一減少型・均一増加型・外側型・不規則型の5型に大別した。N 群では均一な厚さをもつ規則正しい形状を有するものが大部分なのに対し, A 群では薄くなっているものや相対的に外側が厚くなっているものが多かった(図6)。

考 察

SCB, その中でも特に海綿骨は軟骨にかかる力を分散させる役割をもつといわれている³⁾。このSCBの変化と軟骨病変との関係に注目している文献は数多く

表4 N 群, A 群間のCT値の比較

	外 側		中 央		内 側	
	Mean	Variation	Mean	Variation	Mean	Variation
N 群—A 群全体	・	・	・	＊	＊ ＊	・
N 群—A 1 群	・	＊	・	＊	＊ ＊	・
N 群—A 2 群	・	・	＊	＊	・	・
N 群—A 3 群	・	・	・	・	＊ ＊	・
A 1 群—A 2 群	・	・	・	・	・	・
A 2 群—A 3 群	・	・	・	・	・	・
A 3 群—A 1 群	・	・	・	・	・	・

・ 有意差なし ＊ ($P < 0.05$)
 ＊ ＊ ($P < 0.01$) 有意差あり

ある。それらの説は, SCB 硬度変化が軟骨病変をもたらすという説と, 軟骨病変の結果 SCB に硬度変化がおきるという説に, 2 分される。Radin⁹⁾は兎を使った実験で軟骨病変が生じる前にすでに SCB の硬度に変化がおこっていたと述べている。Townsend¹²⁾は, SCB の構造・方向・硬度は膝蓋大腿関節の接触部分や動きによって決定されるとし, それ故, 内側面中央は接触部分や動きが不規則かつ複雑であるために, 不整な SCB となり, これが骨硬度勾配を大きくして shear stress をもたらし, この部の病変を生じやすくしているとしている。Abernethy¹⁾は, 相対的骨硬度と軟骨病変の間には一定した相関はみられないが, 骨硬度勾配が shear stress を生じ, 軟骨病変を生み出す。それ故, 硬度勾配の大きい部位に軟骨病変が最初に作られると推論している。これら SCB 硬度変化が軟骨病変の原因となるとすれば, Goodfellow⁷⁾のいう basal degeneration という概念も納得できる。しかし, Ficat⁴⁾によれば, basal degeneration の段階でも電顕的に見ると C 1, C 2 層にも変化がみられるといっている。Björkström²⁾は軟骨異常群で病変部・非病変部を比較すると, 病変部がより低い SCB 硬度を示し, 異常群の非病変部と正常群を比較すると, 異常群非病変部がより高い SCB 硬度を示したとしている。つまり異常群では病変部—非病変部間の SCB 硬度勾配が大きいことを示唆している。

CT による骨硬化や骨萎縮¹⁰⁾の検討はすでに行われてきている。我々の CT による SCB 硬度の研究は,

(Window level 0, Window width 1000)	正常群(N)群	異常群(A)群		
		A-1	A-2	A-3
正常型	14	2	2	0
均一減少型	1	3	5	0
均一増加型	1	0	0	0
外側型	0	6	3	6
不規則型	0	4	4	1

図6 Subchondral bone 形状別分類

その測定部位設定に問題を残している。ちなみに、軟骨病変に隣接するSCB CT値の測定では特に有意差はみられなかった。今回の結果からいえることは、軟骨異常群は全般的にSCB形状が薄く不規則になり、かつ外側中央部が内側や中央と比べて厚くなる傾向があり、それらを反映して内側部の硬度が低下するということである。骨硬度が低下すればSCBのcomplianceが増加することとなり、膝蓋骨内圧が上昇すると予想される。須津¹¹⁾は、軟骨病変が高度になれば膝蓋骨内圧が上昇するという実験を報告している。

我々は、軟骨病変とSCBの形状・硬度状態は互いに影響しあうと考える。もしそうだと仮定すると、治療としてのdrillingやspongialization^{5),6)}は、軟骨化生を期待すること以外に、SCB形状・硬度を変化させることで軟骨病変をなおしているのだと考え

られはしないだろうか。

結 語

1. 47例の膝蓋大腿関節のCT像を正常群と異常群とに分類し、それぞれについて外側・中央・内側のsubchondral boneの硬度をCT値にて予測した。又、一定条件下でのsubchondral boneの形状について調べた。

2. その結果、軟骨異常群は正常群に比べ、中央・内側間の骨硬度勾配が存在し、又、内側部が有意に硬度低下していると推論した。

3. subchondral boneの形状は、軟骨異常群ほど薄型で不規則であり、相対的に外側中央が厚くなる傾向にあった。

文 献

- 1) Abernethy, P. J. et al.: Is chondromalacia patellae a separate clinical entity? J. Bone Joint Surg. 60-B: 205-210, 1978.
- 2) Björkstöm, S. and Goldie, I. F.: Hardness of the subchondral bone of the patella in the normal state, in chondromalacia, and in osteoarthritis. Acta Orthop. 53: 451-462, 1982.
- 3) Currey, J. D.: Mechanical properties of bone. Clin. Orthop. 73: 210-231, 1970.
- 4) Ficat, R. P. and Hungerford, D. S.: Disorders of the patello-femoral joint. Williams & Wilkins, Baltimore, 1977.
- 5) Ficat, R. P. et al.: Spongialization. Clin. Orthop. 144: 74-83, 1979.
- 6) Ficat, R. P. et al.: Resultats des arthrolyses externes et des spongialisations. Rev. Chir. Orthop. 66: 268-272, 1980.
- 7) Goodfellow, J. et al.: Patello-femoral joint mechanics and pathology. 2. chondromalacia patellae. J. Bone Joint Surg. 58-B: 291-299, 1976.
- 8) 井原・他: CT にみる膝蓋軟骨病変とその実際像. 季刊関節外科 3: 341-352, 1984.
- 9) Radin, E. L. et al.: Response of joints to impact loading. 3. J. Biomech. 6: 51-57, 1973.
- 10) 重松・他: 脊椎骨萎縮度のX線による定量診断. 日整会誌. 54: 1362-1364, 1980.
- 11) 須津・他: 膝蓋大腿関節の病態と膝蓋骨内圧について. 日整会誌. 55: 1056-1058, 1981.
- 12) Townsend, P. R. and Rose, R. M.: The biomechanics of the human patella and its implications for chondromalacia. J. Biomech. 8: 403-407, 1977.

質 問

九州厚生年金 上崎 典雄

patelle の内圧が亢進するから、骨硬化が起るのでなく、圧迫力が加わるから骨硬化が起ると思っているがどうか。

解 答

九州労災病院 井原 秀俊

須津らの報告によると軟骨病変がひどいもの程、膝蓋骨内圧が上昇しているということと、我々の今回の、軟骨病変の強いものほど Subchondral bone の厚さや硬度が減少しているということから、推論したものです。Subchondral bone と軟骨病変は相互に影響しあうと考えています。

質 問

九州大学 緒方 公介

軟骨軟化症の原因は hyperpressure か hypopressure か。又、軟骨の厚い患者が、疼痛を訴えやすいという経験をもっているが、これに対してどう考えているか。

解 答

九州労災病院 井原 秀俊

1) 軟骨病変は hyperpressure および hypopressure の両方でもおこりうると考える。しかし軟骨病変の特徴として前者は軟骨深層へ進む病変が多いのに対して、後者、つまり medial facet には軟骨の増殖様の変化が多いように思われる。ただし medial facet の場合も incongruity による friction を hypertension と解すると、medial facet の病変も hypertension によると考えられるかもしれない。

2) 膝蓋骨圧迫痛がある患者で、軟骨表面が滑らかで softening も存在しなく、ただ CT でみると関節軟骨がかなり厚く、もしかしたら Goodfellow のいう basal degeneration が起こっているのかもしれない。