原 著

Hydroxyapatite (HA) blockを用いた椎体圧迫骨折に対する経皮的椎体形成術 —手術方法について—

西岡 和哉, 今井 治通

Percutaneous Vertebroplasty using Hydroxyapatite blocks for Vertebral Compression Fracture
- Operative technique -

by

Kazuya Nishioka, M.D., Harumichi Imai, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Kihoku Branch Hospital of Wakayama Medical University

Vertebroplasty with bone cement for vertebral compression fracture has been increasing, recently. However, serious complications, such as pulmonary embolism or paraplegia, have been reported. We performed vertebroplasty using hydroxyapatite blocks for vertebral compression or burst fracture for 25 patients, 26 vertebral bodies since February 2003 and gained good results. In our institution, we use 2.5ml disposable syringes and operate percutaneously using fluoroscope because of a little invasion. Preoperative average visual analogue scale (VAS) was 6.9 and postoperative average VAS was 1.0. Postoperatively vertebral body height decreased around 13% as compared to just after operation, but there have been no symptomatic complications and no recurrence of pain until now. Though we think this method is still improving, we show our present procedure of this operation.

Key words: percutaneous vertebroplasty, hydroxyapatite block, compression vertebral fracture

Spinal Surgery 20 (3) : 179~186, 2006

はじめに

最近本邦でも、椎体圧迫骨折に対して経皮的椎体形成術を行う施設が増加してきている [5, 8-12]. その多くは椎体への充填物として polymethylmethacrylate や 燐酸カルシウムペーストなどの流動性の骨セメントを使用している [5, 9, 11, 12]. 低侵襲で直後から良好な除痛が得られることから、疼痛のためにADLが非常に制限されている患者にとって有効な手術方法である。しかし、注入した骨セメントによる肺塞栓などの致命的となりうる合併症や、対麻痺などの重篤な合併症も報告されている [1, 3, 6, 7]. また術後数週間以内に生じる隣接椎体の新たな骨折も少なからず報告されている [13]. これらの合併症を防ぐ目的で、hydroxyapatite block (以下HA blockと略す) (Fig.1a,b)

を用いた椎体形成術が松崎らにより考案された [8]. われわれの施設では平成15年2月からHA blockを用いた経皮的椎体形成術を行い良好な結果を報告している [10]. 未だ改良の余地があると思われるが、2.5mlディスプレイサブルシリンジを用いるなど当初から若干の工夫を加えながら、現在当施設で行っている手術方法を中心に報告する。

対象および検討方法

平成15年2月から平成17年11月の間に骨粗しょう症や転倒・転落などの外傷により胸腰椎の圧迫骨折または破裂骨折をきたし、疼痛のために著しくADLが制限されている症例を対象とした。主に受傷後1ヶ月以内の急性

(Received : May 26, 2006, Accepted : August 8, 2006)

和歌山県立医科大学附属病院 紀北分院 脳神経外科 (連絡先: 西岡和哉, 〒649-7113 和歌山県伊都郡かつらぎ町妙寺219) Address reprint request to: Kazuya Nishioka, M.D., Department of Neurosurgery, Kihoku Branch Hospital of Wakayama Medical University, 219 Myoji, Katsuragi-cho, Ito-gun, Wakayama, 649-7113, Japan

Fig.1:

- a) The size of the HA block is about $3.3 \times 3.3 \times 6(4)\text{mm}$, 0.054mm^3 .
 b) HA blocks are put in the case by six.
 c) HA plug is inserted into the pedicle after HA block insertion. It prevent back out of the blocks from vertebral body.

期25症例, 26椎体に対して手術を行った。男性6名, 女性19名。年齢は52-87歳(平均72歳)。追跡期間は1.7-31.5ヶ月(平均11.6ヶ月)。転倒や転落など明らかな外傷機転のあった症例が21例(22椎体), はっきりした外傷機転のない症例が4例(4椎体)。圧迫骨折例が18例(18椎体), 破裂骨折例が7例(8椎体)。受傷椎体レベルはT11-3例, T12-7例, L1-8例, L2-2例, L3-3例, L4-3例であった。受傷から手術までの期間は2-220日(平均17日)であったが, うち1週間以内に手術を行った症例が15例, 1ヶ月以上経過して手術を行った症例は2例(40日, 220日)であった。診断は全例MRIを用いて, T1強調像で低輝度を呈する部位を痛みの原因病巣と判断した。疼痛の評価はvisual analogue scale(以下VAS)10点法(無痛0, 最大痛10)[2]を用いた。術前後の椎体高の変化は単純X線側面像で椎体前縁の高さを同一検者が測定し, 術直後の椎体前縁の高さを100として術後最終観察時の椎体前縁の高さの減少率を評価した。

Fig.2:

- ① First we decide sagittal angle of the fluoroscope according to the angle of the pedicle.
 ② Afterwards we decide axial angle of the fluoroscope based on the figure which we made with CT image before operation.

手術方法

患者入院後は可及的速やかにコルセット作製のための採寸を行い, 硬性コルセットを作製する。

<術前手術計画>

術前検査として骨折した椎体に平行に3mmスライスのCT撮影を行う。椎弓根が一番太く写っているスライスを用いて, アプローチの方向を作図する。充填されるHA blockは挿入する経路を中心に周囲に拡がるように充填されるので, 椎体にできるだけ均一に充填されるように矢状方向に椎体を4分割し, 左右それぞれ外側から4分の1の点を目標点とし, この点と椎弓根の中央を結ぶ線をアプローチの方向とする。このとき, この線と皮膚との交点が, 皮切の位置となり, 正中からの距離をあらかじめ計測しておく。アプローチの角度は, 矢状面に対して約10-15度内側に向いた方向となる。

Fig.3: Instruments required for this technique.

Fig.4: Using X-ray fluoroscope we insert 2.5ml disposable syringes percutaneously onto the lamina just above the pedicle. The syringes are sutured on the skin.

<手術室でのセッティング>

全身麻酔下に腹臥位とし、術者は患者の左側に立ち、術者が右利きの場合は、X線透視を患者の右側から入れ、側面透視できるようにセットする。モニターは患者の右側尾側に置き、介助Ns.は術者の右側に立つ。背板を約10度挙上し体幹を伸展させた体位にする。新鮮な椎体骨折であれば、この体位をとることである程度の整復が達成される。X線透視下に目的とする椎体レベルを確認し、椎体の矢状面に対する傾きを計測しておく。この角度に合わせてCアームを頭尾側方向に傾ける(Fig.2 ①)。次にX線透視を前後垂直方向に換え、再度目的とする椎弓根の高位を確認し、椎弓根が左右ほぼ対称に見えるように体幹の位置を調節し、この角度を椎体の正中0度とする。次に前もってCTから作図した進入方向の角度にCアームを傾ける(Fig.2 ②)。この状態で、目的とする椎弓根を正確に透視モニターの中央に来るようにしておき、皮切位置を決定する。最初に左側の位置を決め、続いて右側の位置を決めた状態でセッティングしておき、術野の消毒にうつる。

<手術手順>

1. 術野およびCアームに清潔の覆布をかけた後、先に決めておいた位置で14mmの皮切とその直下での筋膜切開を行う。

2. 最も細いダイレータ (越屋TRIKsystem No.1; 細いものから順に外径3.5mm, 5mm, 7mm) (Fig.3a) を皮切部から椎弓根の中央に向けて挿入し、順次太いダイレータを挿入していく。このとき軟部組織の深さを計測し、これに合わせて2.5ml ディスポーサブルシリンジを鋏で切断し長さを調節した後、ダイレータを通して創部に挿入する[4]。シリンジを皮膚に縫合固定した後、ダイレータを抜く (Fig.4)。

3. X線透視下に椎弓根の位置を確認し、3mm ダイヤモンドバーで椎弓根中央直上の皮質骨に小孔を開ける。このときモニターの中央に椎弓根を見るようにすることが、椎弓根直上の皮質骨中央に正確に小孔を穿つコツである。

4. X線透視下に小孔が正しく椎弓根の中央にあることを確認した後、直径2mmキルシュナー鋼線をこの穴から椎体へ向けて用手的に挿入する (Fig.5)。安全のため、先端の鈍な方を椎体へ向け

Fig.5:

A ϕ 2mm Kirschner wire is inserted to vertebral body through the pedicle with fluoroscope. We use this wire as a guide for next instruments to insert to vertebral body correctly.

Fig.6: We insert HA blocks to the vertebral body through the inserter step by step.

る。1~2cm進め、ある程度固定されるところでとどめておく。このとき挿入方向はX線透視方向にほぼまっすぐな方向になる。

5. 続いてCアームを左側に合わせ、同様にして、直径2mmキルシュナー鋼線を椎体内へ挿入した後、キルシュナー鋼線にCアームが引っかからないように気をつけながらX線透視を側面方向にする。

6. キルシュナー鋼線が椎弓根を通して椎体内に達していることを確認した後、これをガイドとして、ガイド棒 (Fig.3b) を細いものから順に椎体中ほどまで進めていく。この時、キルシュナー鋼線を押しまないよう注意する必要がある。 ϕ 5mmのガイド棒を椎体から抜くときにキルシュナー鋼線も一緒に抜くが、椎弓上に開けた小孔の位置を見失わないように、ガイド棒と入れ替えに吸引管を小孔に入れておく。

7. ϕ 6mmのガイド棒でさらに小孔を大きくしたところでエレベータ (Fig.3c) を椎体内で90度回転させるようにして、椎体の整復を行う。ブロックを詰めることで、ある程度の整復ができるので、あまり無理な力をかけないようにする。

8. 次にインサータ (Fig.3d) を椎体中ほどまで挿入

し、内筒を抜き、HA blockをインサータ内に入れ、内筒で押し出すようにして椎体内にブロックを誘導する。軽い力でブロックがインサータから押し出されることもあるが、抵抗があるときはインサータ外筒の方を引き上げるようにする。ブロックが椎体内で直線状に並んでいるときは、インパクト (Fig.3e) を軽くハンマーでたたくようにしてブロックを打ち込むと適度にバラけるようになる。最初からインサータを椎体前方まで入れてしまうと、椎体前壁に近いところからブロックを打ち込むことになり、椎体前壁を破壊してブロックが椎体外へ逸脱するおそれがあるので、最初からあまり椎体前方へブロックを詰めようとせず、ブロックの充填が進むにつれて少しずつ前方へブロックが充填されるようにすることが大切である。またブロックが充填されるにつれ、打ち込む力加減も強くし、できるだけ密にブロックが充填されるようにする。十分密にブロックが充填されてくると、ブロックを打ち込む音が少し低音に変化してくる。ブロックの充填が進むと、6個ずつの充填では椎弓根内からブロックを打ち込んでいかなければならなくなる。側方へブロックがばらけると脊柱管内へブロックが突出するおそれがあるので、ブロックを2~3個ずつ小分けにし、

Fig.7:
 a) preoperative X-ray showing T12 compression fracture
 b) postoperative X-ray showing T12 vertebral body which reconstructed HA blocks

Fig.8:
 Postoperative CT scan showing T12 vertebral body filled by HA blocks and its pedicles inserted HA plugs.

椎体内までブロックを誘導したところから打ち込んでいくようにすると良い。

9. 椎体前方から椎体の1/2～2/3程度ブロックが充填されたところで、右側の操作に移り、同様にブロックを充填していく (Fig.6)。このとき左側の椎弓上の小孔を見失わないようにすると、ここからの出血を抑えるためにペディクルマーカー (Fig.3g) を挿入しておく。右側は椎体の2/3～3/4程度までブロックを充填する。

10. 直径1.2mmのキルシュナー鋼線をブロック挿入孔に入れ、これをガイドとしてHA plug (Fig.1c) を椎弓根へ挿入し、ブロックが椎体内から脱出することを防止する。HA plugはプラグ用インパクト (Fig.3f) を用いて椎弓面と面一になるところまで十分に打ち込んでおく。HA plugの小孔を通して椎体からの出血があるので、bone waxでこの小孔を塞いでおく。

11. 再び左側に戻って、右側と同程度までブロックの充填を追加し、HA plugで栓を行う。個人差はあるが、1椎体当たり100個前後のブロックが充填される (Fig.7b, 8)。両側のシリンジを抜き、生食で創内を洗浄後、筋膜・皮下を吸収糸で縫合し、皮膚はテープ固定し手術を終了する。

術後は硬性コルセットが出来次第これを装着し、歩行

を許可している。コルセットは術後5週間装着している。骨セメントを用いた椎体形成術との手技上の大きな違いは、一旦椎体内へ入れたツールを何度も椎体内から出し入れする点である。このとき椎弓根直上の皮質骨に開けた穴を見失わないように、絶えず吸引管やペディクルマーカーなどで小孔を確保しておくことが大切である。一旦見失うと、筋層の中で側面方向のX線透視だけで見つけるのは困難で、Cアームを前後方向に戻して探さなければいけないこともある。

結 果

術前VAS 4.0-10 (平均6.9)、術後3日目のVAS 0-3.0 (平均1.0) であった。手術時間は41-135分 (平均69分)、最近の5例に限ると41-55分 (平均49分) であった。出血量5-281ml (平均107ml)。1椎体あたりのHA block充填数は34-240個 (平均111個) で、このうち3例は椎弓根が細く片側のみブロック充填を行った (96個, 72個, 34個)。術後、歩行開始までの期間は、合併症により歩行困難であった3例 (脳梗塞後遺症2例, 足関節骨折1例) を除く22例について1-4日 (平均1.9日) であった。

術後3週目頃まで椎体高が漸減してくる症例が多く、

術直後と比較して平均で13% (0-29%) 程度の椎体高の減少があった。経過中隣接椎体に新たな骨折が生じた症例は無く、椎体高の減少に伴う痛みの再発も見られなかった。

今までのところ症候性の合併症は生じていないが、術中に椎体外へブロックが突出したものが1例、術後椎体外へブロックが漏出したものが1例、術後HA plugが折損したものが1例あった。いずれも保存的に経過観察中である。

考 察

HA blockを用いた椎体形成術は、松崎らによればはじめられた [8]。本法では、骨折した椎体内にHA blockが充填され、椎体の不安定性が解消されることにより除痛が得られるものと考えられる。従来の骨セメントを用いた方法では、良好な症状の改善が得られる一方で、肺塞栓や脊柱管内へのセメントの流出による対麻痺などの重篤な合併症が報告されている [1, 3, 6, 7, 14]。これらの合併症を避けるためにHA blockを使用し、除痛に関しては松崎らの報告と同様に非常に良好な結果が得られ、これまでのところ症候性の合併症も生じていない。

術後平均で13%程度の椎体高の矯正損失が生じたが、今回の追跡期間中、隣接椎体に新たに椎体骨折を生じた例は無く、この“固まり過ぎない”ことが、隣接椎体への影響を少なくしているものと考えられる。

松崎らは5cmの正中切開で、傍脊柱筋を椎弓上から剥離してHA blockの充填を行っていた [8] が、HA blockを充填するために使用する器具はすべて外径6mm以下の筒状あるいは棒状のもので、小切開による経皮的アプローチでも十分にHA blockの充填は可能であり、経皮的に行うことにより、軟部組織への侵襲は骨セメントを用いた手技とほぼ同程度になる。

骨セメントを用いた術式との大きな違いは、椎体へ何度も器具を出し入れする点が挙げられる。このとき細い外筒越しに見える椎弓上の小さな挿入孔は見失われやすいので、器具を抜き差しする際には、常に吸引管などを代わりに入れ、椎弓上に開けた小孔を見失わないようにすることが大切である。今回ペディクルマーカー (Fig.3g) という道具を作成したが、対側の操作を行うときに、反対側の挿入孔の位置確認と、小孔からの余分な出血を防ぐために非常に有効であった。

手術手技上のポイントとして、経椎弓根的に操作を行

うために、特に細い椎弓根の症例の場合は正確に椎弓根中心の直上皮質骨に小孔を開ける必要がある。このためにはX線が放射状に拡がることを頭に置き、目的とする椎弓根を透視モニターの中央に位置するようにして、最初の小孔を開けることが大切である。ブロックの充填に関しては、最初から椎体前壁に近い位置までブロックを留置せずに、椎体前方1/3ぐらいのところで少しバラける程度に詰めた後、数個のブロックの塊を、後から充填していくブロックによって少しずつ前方まで押し込んでいくようにして徐々に密に充填していくようにする。椎体前壁に近いところで強くブロックを打ち込むと、骨粗しょう症や骨折して脆くなった椎体前壁からブロックが椎体外へとび出し、それ以上のブロックの充填ができなくなってしまうことになる。インサータによって椎体内に誘導したブロックをインパクトを介してハンマーで打ち込むようにして充填していくが、あまり強い力で打ち込み過ぎないように、筆者らは軽いナイロンハンマーを用いている。十分密にブロックが充填されてくると、ハンマーで打ち込んでいくときの音が低く、重い感じに変わってくるので、この音の変化を充填の程度の目安にしている。

手術の適応は、受傷後数日～1ヶ月以内までの急性期の圧迫骨折で、神経脱臼症状を伴わず、疼痛のためにADLが非常に制限されていて、かつ全身麻酔が可能な症例を主な対象としている。インサータの外径が5.5mmあるので、CTから計測した椎弓根の最狭部径が7mm以上あることを必要条件としている。椎弓根が細くて手術適応外となった症例も少なからず経験したため、さらに細いツール、ブロックを開発中である。

椎体形成のもう1つの大きな目的としてalignmentの矯正があるが、本法では術後椎体の圧潰のために脊柱の後弯変形を来した症例がみられた。しかし、疼痛の再発は無く、特に高齢者に対しては除痛による早期離床を最大の目的とし、今のところは急性期に併せてinstrumentationなどによるalignmentの矯正を行うことは考えていない。

結 論

HA blockを使用した経皮的椎体形成術につき手術手技を中心に報告した。低侵襲で良好な除痛による早期離床が可能なため、長期臥床による弊害を被りやすい高齢者に対しても非常に有効な手術方法である。

骨セメントを用いる従来の方法に比べると、椎体の矯

正損失率が高い傾向にある一方、重篤な合併症が少なく、隣接椎体への影響も見られなかった。

文 献

1. Bernhard J, Heini PF, Villiger PM: Asymptomatic diffuse pulmonary embolism caused by acrylic cement; an unusual complication of percutaneous vertebroplasty. *Ann Rheum Dis* 62(1): 85-86, 2003
2. Chapman C, Syrjala KL: Measurement of pain. in Bonica JJ(ed): *The management of pain*. Philadelphia, Lea & Febiger, 1990, pp580-594
3. Chen HL, Wong CS, Ho ST: A lethal pulmonary embolism during percutaneous vertebroplasty. *Anesth Analg* 95(4): 1060-1062, 2002
4. 出沢 明：10cc注射器による椎間孔鏡と後方内視鏡による腰椎神経根除圧術．骨・関節・靱帯 11: 1201-1208, 1998
5. Evans AJ, Lensen ME, Kip KE: Vertebral compression fractures; pain reduction and improvement in functional mobility after percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty retrospective report of 245 cases. *Radiology* 226(2): 366-372, 2003
6. Jang JS, Lee SH, Jung SK: Pulmonary embolism of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty; a report of three cases. *Spine* 1; 27(19): E416-418, 2002
7. Lee BJ, Lee SR, Yoo TY: Paraplegia as a complication of percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate; a case report. *Spine* 1; 27(19): E419-422, 2002
8. 松崎浩巳：Hydroxyapatite(HA block)を用いた椎体骨折に対する新しいtranspedicular Kyphoplasty. 骨・関節・靱帯 15(3): 247-253, 2002
9. Nakano M, Hirano N, Matsuura K: Percutaneous transpedicular vertebroplasty with calcium phosphate cement in the treatment of osteoporotic vertebral compression and burst fractures. *J Neurosurg* 97(3): 287-293, 2002
10. 西岡和哉, 今井治通：Hydroxyapatite block (HA block)を用いた椎体圧迫骨折に対する経皮的椎体形成術．脳神経外科速報13: 757-762, 2003
11. Perez-Higueras A, Alvarez L, Rossi RE: Percutaneous vertebroplasty; long-term clinical and radiological outcome. *Neuroradiology* 44(11): 950-954, 2002
12. Tokunaga K, Sugiu K, Nakashima H: Percutaneous vertebroplasty-indications and procedural techniques. *No Shinkeigeka* 31(1): 7-14, 2003
13. Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV: Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *Radiology* 226(1): 119-124, 2003
14. Yeom JS, Kim WJ, Choy WS: Leakage of cement in percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. *J Bone Joint Surg Br* 85(1): 83-89, 2003

Reviewer's comment : 伊藤 康信 (総合南東北病院 脳神経外科)

著者らは、ADLが強く制限された有痛性の椎体圧迫骨折例に対して、hydroxyapatite (HA) blockを用い、独自の工夫を加えた椎体形成術を実施し、その手術経験を詳細に記述した貴重な報告と考えます。本文内には記載されていませんが、対象は、椎体間に不安定性がなく、脊髄圧迫を有する脊柱管内への突出などみられない例であろうと思われます。現在、椎体形成術では流動性の骨セメントの使用頻度が高いと推定されますが、骨セメントの骨外流出が一番大きな問題で、大静脈へ流出して肺静脈を経由して肺塞栓を起こせば、生命にかかわる重篤な合併症となりうるのは周知の事実で、死亡例が少なからずあることが報じられています。著者が述べているように固形のHA blockの使用は安全対策として有用と思われます。また、新鮮な破裂骨折例で、椎体後方の皮質骨に骨折線が及んでいる場合、骨セメントが脊柱管内に漏出する危険がありますが、このような例でもHA blockは使用可能と思われます。骨粗鬆症による椎体圧迫骨折が益々増加する中で、本法は脊髄外科医が取り組むべき治療手段と考えられます。

Reviewer's comment : 今栄 信治 (和歌山県立医科大学 脳神経外科)

従来法の骨セメントに比べて、明らかに合併症が少ない点では有用であろう。ただし、著者らも大きく言及しているように、椎弓根の大きさや、対象患者に制限があるのは大きなマイナスである。さらに手術手技に全身麻酔が必要となると、超高齢者が主体の本疾患では、果たして骨セメントに優るといえるであろうか？著者らに、今後も症例を重ねて、さらなる工夫にてこれらの問題を打破した報告をお願いしたい。