

原 著

大腿骨頭置換術中に見られる迷走神経様反射

永井一成* 茂木浩子**

要 旨

股関節全置換術など大腿骨頭置換術中の循環系の抑制は、多くの場合は骨セメント使用時に見られ、その原因として骨セメントの溶媒あるいは肺の塞栓症であろうと考えられている。われわれは、過去4年半の間に、大腿骨骨髄搔爬138例中に一過性の急激な血圧低下と徐脈を起こした11症例を経験したのでレトロスペクティブに調査検討を行

った。循環抑制の原因としては骨セメント及びその溶媒や、微小肺塞栓は考え難く、坐骨神経を介した副交感神経様反射が強く疑われた。

はじめに

股関節全置換術など大腿骨頭置換を伴う手術における骨セメントによる循環系の抑制についての報告は数多く見られる¹⁾⁻³⁾が、神経反射によると思われる一過性の急激な血圧の低下と高度の徐脈

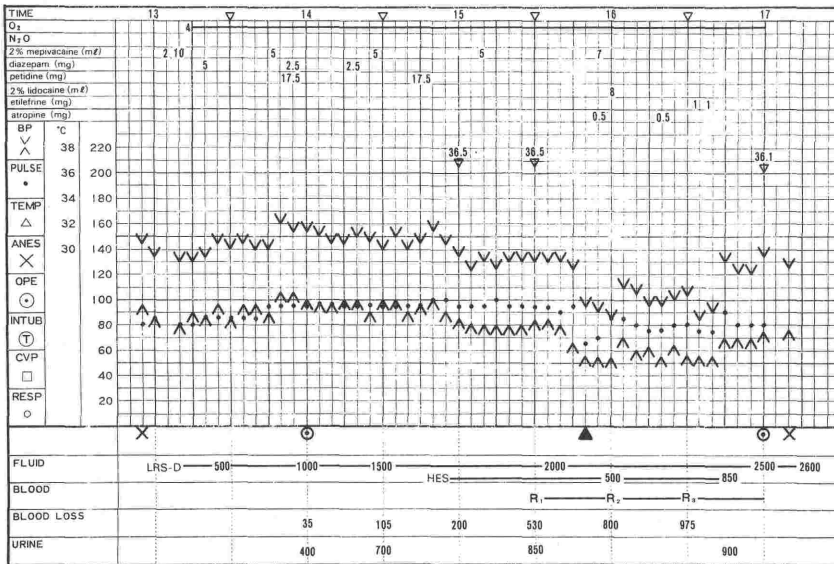


Fig. 1-A Case 10 (49M): A sharp decrease in the blood pressure and bradycardia were seen at the time of impaction of a reamer (Δ). Recovery of blood pressure was poor compared with that of the pulse rate.

*国立相模原病院麻酔科

**北里大学医学部外科

についての報告は殆どない。過去4年半の骨頭置換術及び股関節全置換術の138例の麻酔中に神経反射様の急激な徐脈と血圧低下を認めたので、若

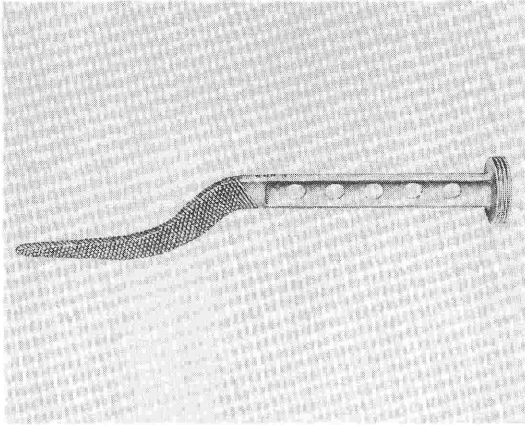


Fig. 2 Femoral medulla reamer. The tip of the reamer resembles a pyramid-shaped file. Its head is hammered to drive it into the femoral medulla.

Before reaming



During reaming



5 min. after reaming



Fig. 3 Changes in EKG: Case 10: The pulse rate as impaction of the reamer was 93 beats per minutes, but immediately after reaming, it fell sharply to 68 beats/min. No changes were seen in the EKG wave form.

干の文献的考察を加え報告する。

1. 方 法

昭和60年1月1日より平成2年6月30日の4年半に当手術室で施行された大腿骨置換術症例における術中の循環動態変化について麻酔チャートと心電図記録からレトロスペクティブに検討した。

過去4年半に大腿骨頭置換術を受けた症例は138件あり、内訳を Table 1 に示す。麻酔法は全て硬膜外麻酔で、L2~L4 椎間で穿刺し、2%メピバカインを初回投与量として 10~14 ml 用い、40~60分毎に 6~8 ml を、あるいは60~90分毎に0.5%ブピバカイン 6~8 ml を追加投与した。術中は自発呼吸にて管理した。なお統計的検定には t-test を用いた。

2. 結 果

術中の循環動態の変動の大きかった代表的な2例を提示する。

〈症例10: Fig. 1-A〉

49歳男性。変形性股関節症のため股関節全置換術が施行された。骨頭置換術に対する麻酔は、腰部硬膜外麻酔で行われた。2%メピバカイン追加投与40分後、大腿骨骨髓搔爬の目的で角錐状のリーマー (Fig. 2) が大腿骨骨髓に打ち込まれたと同時に、血圧、脈拍数共に 125/65 mmHg, 93/分からそれぞれ 95/65 mmHg, 68/分へと減少を示した。アトロピンの投与のみでは循環系の回復は悪く、エチレフリンの投与によって正常値に復した。本症例の心電図変化を Fig. 3 に示す。リーマーの打ち込み直後に心拍数が減少し、その後回復しているのが判る。心電図波形にはなんら変化は起きなかった。

〈症例11: Fig. 1-B〉

46歳男性。大腿骨頸部骨折のため骨頭置換術が施行された。術前合併症としては軽度の高血圧が見られたが、服薬によりコントロールされていた。0.5%ブピバカイン投与1時間35分後、リーマー打ち込みと同時に打ち込み前の血圧 80/50 mmHg, 脈拍数80/分からそれぞれ 60/40 mmHg, 60/分へと急激に減少した。エチレフリン 4 mg, アトロピン 0.5 mg の投与により、血圧、脈拍数共に回復した。その後のセメント注入によっては循環系の変化は起こらなかった。

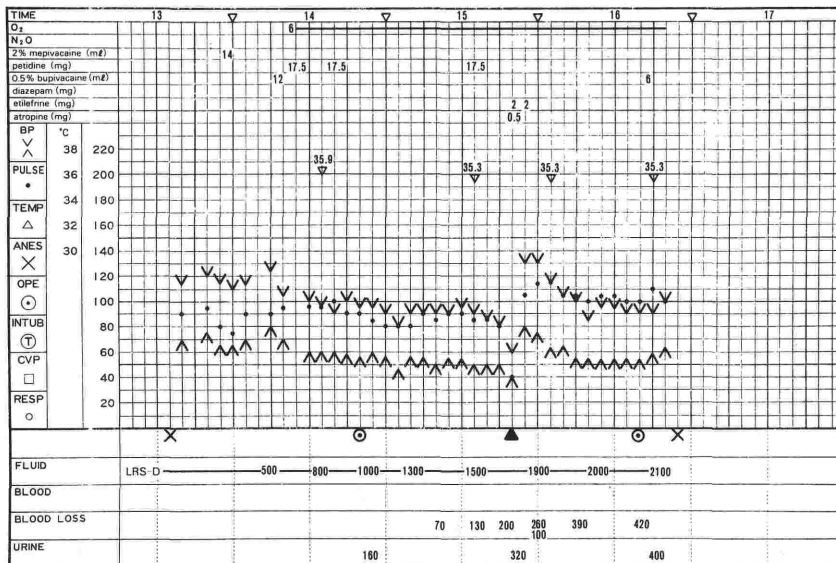


Fig. 1-B Case 11 (46M): This case showed a steep fall in the blood pressure, together with bradycardia when a reamer was impacted (Δ). Both the blood pressure and the pulse rate returned to normal after 4 mg of ethleprine was administered. (Δ): Impaction of tapered reamer into medullary cavity of femur

Table 1 Disease distribution of 138 patients undergoing femoral head replacement

	Male/Female	Age (Years)
RA	2/ 75	57.2
OA	4/ 18	61.8
NFH	7/ 10	59.4
FFN	4/ 18	65.6
Total	17/121	58.6

RA : rheumatoid arthritis
 OA : osteoarthritis
 NFH : necrosis of femoral head
 FFN : fracture of femoral neck

このような循環動態変動を示したものは全体で11例見られた。全て大腿骨骨髓低の搔爬の目的で大腿骨骨髓内へのリーマー打ち込み時に一致して突然の急激な血圧低下，心拍数減少が起こった。11症例の疾患の内訳を Table 1 に示すが，疾患に偏りはないと考えられる。平均年齢をみると骨頭置換術を受けた138例のうち，大腿骨骨髓リーマー打ち込み時に急激な徐脈と血圧の低下を認めた徐脈/血圧低下群では55.1歳であり，正常群58.6歳 (n=127) と有意差はない。男女比は，それぞれ 15:112 (M/F) と 2:9 (M/F) で，これ

も差異は認められない。徐脈/血圧低下群の術前合併症は，高血圧症が3例見られた他には循環抑制をきたし易いと考えられる合併症は無かった。また術前に伝導障害を疑わせる心電図異常を呈した症例も無かった。

徐脈/血圧低下群では全て，リーマー打ち込み直後に循環系の変動を見ている。それらの症例での硬膜外麻酔による無痛領域は，初回量注入の5分後で T10~S2 であった。また，局所麻酔薬の追加投与の時間と循環変動発現との関連を見てみると，投与後10分台が1例，20分台が3例，30分台が3例，40分台が2例，50分台が1例，90分以上が1例となっており，平均32.3分後であった。

リーマー打ち込み前後での血圧及び脈拍数の変化は，収縮期血圧は平均 30 mmHg，拡張期血圧は平均 16 mmHg 低下，脈拍数は平均25.3/分減少した (Table 2)。なおこのリーマー打ち込みと同時に疼痛を訴えた症例が2例あった。また術後合併症として神経麻痺を生じたものは1例も無かった。

3. 考 察

大腿骨頭置換術中の循環系の抑制については，古くより報告がある。その原因として骨セメント

Table 2 Eleven cases of suspected parasympathetic nerve reflex

No	Age	Sex	Disease	Pre-reaming		Reaming		Interval: LA to PNR
				BP	HR	BP	HR	
1	45	F	FFN	120/70	95	90/60	70	35 min.
2	46	F	OA	100/75	85	80/50	50	35 min.
3	58	F	RA	130/80	95	95/65	60	35 min.
4	66	F	FFN	115/70	65	80/55	44	40 min.
5	54	F	RA	95/65	71	75/45	65	25 min.
6	65	F	RA	120/65	90	80/45	65	55 min.
7	42	F	RA	120/85	100	85/55	75	20 min.
8	62	F	RA	90/55	70	75/50	55	10 min.
9	49	F	OA	135/85	93	90/60	83	20 min.
10	49	M	OA	125/65	93	95/55	68	40 min.
11	46	M	FFN	80/50	80	60/40	40	40 min.

RA : rheumatoid arthritis

OA : osteoarthritis

FFN : fracture of femoral neck

LA : last dose of anesthetic

PNR : suspected parasympathetic nerve reflex

自身の作用によると考えられるもの、骨髄内圧上昇による肺塞栓症あるいは神経反射が考えられている。骨セメントの臨床使用の報告は、1951年の Jansen, Kiaer に始まる。Peszowski¹⁾ の股関節全置換術を受けた37例の検討によると、25例の症例においてセメント注入1～5分後に約7分間持続する血圧の低下を認めた。この血圧の低下は、高齢者ほど顕著であった。麻酔法としては、37例中35例が NLA 麻酔であったが、血圧低下を起した症例は全て NLA 麻酔であったと報告している。Powell ら²⁾ は、股関節全置換術中の心停止症例について報告し、骨セメントがその原因であるとしている。Peebles ら³⁾ は、骨セメントの循環系に対する影響について検討した結果、血圧の低下と脈拍数および心拍出量の増加を認め、骨セメントによる血圧の低下は、モノマーによる末梢血管の拡張によるものであると結論している。

これら循環系の変化は骨セメントの溶媒である methyl-metacrylate が循環抑制の原因であるという報告の他には近年の研究によると、空気あるいは脂肪による塞栓症が関与することが判明してきている⁴⁾⁻⁹⁾。Pelling ら⁴⁾ は骨髄内腔に挿入するセメント自身ではなく、人工骨頭を大腿骨へ打ち

込むその操作に起因すると考えた。循環系の変化としては、中心静脈圧の上昇と血圧の低下、それに伴う圧受容体反射による脈拍数の増加であったとした。Byrick ら⁵⁾ は膝関節置換術において、骨セメント使用後の血圧と呼気炭酸ガス濃度および PaO_2/FiO_2 の低下を示しているが、脈拍数に変化は認めていない。この呼気炭酸ガス分圧と血圧の低下は骨髄微小栓塞を示唆している。Modig ら⁶⁾ は臼蓋に人工関節を挿入した場合に軽度の血圧低下を示した症例では肺動脈中に脂肪滴をみとめた。骨頭挿入後の循環動態の変化と肺動脈血中の脂肪滴の量、あるいは血中のモノマーの濃度とも関連はなかった。肺動脈血中の血小板数とフィブリンの量と PaO_2 の低下とは有意な関連があったが、循環動態との間にはなんら関連がなかった。さらにセメント注入時の空気塞栓については経食道エコー図で検索した報告⁷⁾ がある。Engesaeter ら⁸⁾ は、骨頭挿入に伴う骨髄内圧変化と、 PaO_2 、血小板数、血圧変動の関連について検討した。その結果、除圧用の孔を大腿骨遠位部に設けない場合には骨頭挿入時の骨髄内圧は、およそ 390 mmHg に達し、 PaO_2 の低下、血小板数の減少がみられたとしている。しかし、骨頭挿入後10分間

の血圧は有意差がないとし、組織トロンボプラスチンが骨髄より静脈に流入する可能性を示唆した。また、Kallos ら⁹⁾も骨髄微小塞栓と骨髄内圧が関連あると報告している。

その他の機序としては、神経血管反射とする報告もある。大腿骨の組織学的所見によれば、骨皮質の中にはハバース管の極そばに有随、無随の神経線維が走っている¹⁰⁾。また、大腿骨骨髄の中では、血管周囲に多数の神経線維が見受けられる¹¹⁾。これは、人工骨頭の打ち込みという機械的な操作が、神経反射を誘発する可能性があることを示唆している。有山ら¹²⁾は誘発馬尾電位を用いて坐骨神経モニタリングを行いながら、股関節手術を行った結果、股関節脱臼時、骨頭切除後大腿牽引時、人工関節整復などの操作直後に誘発馬尾電位の振幅低下を認め坐骨神経障害の起こることを示唆している。Rudigier ら¹³⁾は、骨髄内圧の上昇によって神経反射を起こし、一過性の血圧の低下を招くと考えた。また、川口¹⁴⁾は家兎の実験により、人工骨頭挿入時に一過性の血圧低下を認め、この原因として神経反射も考えている。川口は、坐骨・大腿神経切断後の骨髄内搔爬による血圧変動を調べた結果、血圧低下の原因の全てが神経性反射であると疑わしいが、骨髄内圧の上昇とそれに付随する肺塞栓とともに循環抑制に寄与すると報告している。

急激な徐脈と血圧低下を起こした今回の11症例は、いずれも大腿骨骨髄内へのリーマー打ち込み時であり、この反応は数分以内に回復をみている。通常、骨セメント注入に伴う血圧低下では脈拍数の増加を示すが、今回の症例では全て、血圧低下と同時に急激な徐脈が起こっている。しかし、心電図上では電気軸の変化などの急激な右心負荷の所見も得られていない。よってこの変化は、骨セメント溶媒による末梢血管拡張、または骨髄内圧上昇に引続き起こる空気、あるいは骨髄の脂肪塞栓によるとは考え難い。徐脈と血圧低下が同時に認められたこの循環系の反応は副交感神経を介した反射、あるいは麻酔方法に由来すると推測される。

硬膜外腔への局所麻酔薬の追加投与からの時間は一定していないが、局所麻酔薬の投与後数十分経過してからリーマー打ち込み時に循環系に高度の変化を示すものが多く、その変化は数分以内に

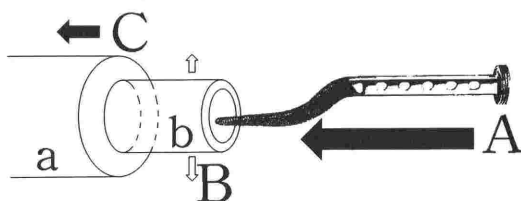


Fig. 4 The whole of the thigh, a, is driven in direction C by force A, with which the reamer is hammered into the femur. When the pyramid-shaped section is driven into the femur, b, the femoral periosteum is stretched in the B axis.

回復していることより、硬膜外麻酔による循環抑制とは考え難い。また、血圧低下と徐脈に加えて疼痛を訴える症例があることは、硬膜外麻酔による麻酔レベルに問題があると推測される。

大腿骨の神経支配は、L4 から S1 であり、副交感神経枝を含む S2 から S4 の神経は入り込んでいないとされている。したがって、このままでは副交感神経反射は起こらないと考えられるが、角錐状のリーマーの大腿骨への強い打ち込みが血圧低下を惹起する機序として以下の2点が推測される (Fig. 4)。

1. 大腿骨が急激に強く引き下げられ、坐骨神経が伸展する。あるいは牽引により大腿直筋に分布する坐骨神経の分枝を刺激した。
2. リーマーの形状が角錐状であるため、大腿骨膜が円周方向に伸び、その伸展刺激が仙髄へ投射され、仙骨神経反射が発生する。

幸いにも今回の11症例は、基礎に重症な心疾患を合併しておらず、いずれも一過性の反応であった。しかしながら、心疾患を持つ症例では、このような反射の発生には十分に留意することが必要と思われる。対策としては、硬膜外麻酔をS領域まで十分に効かせることが必要であると考えられた。

まとめ

過去4年半に大腿骨頭置換術の手術中、大腿骨骨髄搔爬中に一過性の急激な血圧低下と徐脈を起こした11症例を経験した。その原因としては、坐

骨神経を介した副交感神経様反射が疑われた。これを防ぐには硬膜外麻酔をS領域まで効かせる必要があると考えられた。

文 献

- 1) Peszkowski, J.: Intraoperative complications connected with the use of bone cement. *Anaesth Resus Inten Therap* 2(1):71-76, 1974.
- 2) Powell, J. N., McGrath, P. J., Lahri, S. K., Hill, P.: Cardiac arrest associated with bone cement. *Brit Med J* 8:326, 1970.
- 3) Peebles, D., Ellis, R. H., Stride, S. D., Simpson, B. R.: Cardiovascular effects of methylmetacrylate cement. *Brit Med J* 5:349-351, 1972.
- 4) Pelling, D., Butterworth, K. R.: Cardiovascular effects of acrylic bone cements in rabbits and cats *Brit Med. J* 2:638-641, 1973.
- 5) Byrick, R., Forbes, D., Waddel, J. P.: A monitored cardiovascular collapse during cemented total knee replacement. *Anesthesiology* 65:213-216, 1986.
- 6) Modig, J., Busch, C., Oleruid, S., Saldeen, T., Waernbaum G.: Arterial hypotension and hypoxaemia during total hip replacement: The importance of thrombolytic products, fat embolism and acrylic monomers. *Acta Anaesth Scand* 19: 28-43, 1975.
- 7) Vernaut, G., Mulier, J. P., Heinrich, H., Mulier, J. C., Mulier M., Aken, H. V.: Influence of surgical technique on the occurrence of peroperatively thrombo-embolism during total hip replacement. Abstract of 9th World Congress of Anaesthesiologists AO761, 1988.
- 8) Engesaeter, L. B., Laugestad, T. S., Husebo, S., Langeland, N.: Effects of distal venting hole in the femur during total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 103:328-331, 1984.
- 9) Kallos, T., Eins, J. E., Gollan, F., Davis, J. H.: Intramedullary pressure and pulmonary embolism of femoral medullary contents in dogs during insertion of bone cement and prosthesis. *J Bone Joint Surg* 56(A):1363-1367, 1974.
- 10) Cooper, R. R.: Nerves in cortical bone. *Science* 160:327-328, 1968.
- 11) Reimann, I., Christensen, B.: A histological demonstration of nerves in subchondral bone *Acta Orthop. Scand* 48:345-352, 1977.
- 12) 有山弘之, 安藤御史, 後藤英司, 熱田祐司, 今井充: 股関節手術における坐骨神経モニタリングについて—馬尾誘発電位を指標として—. *臨床外科* 24 (7): 833-836, 1989.
- 13) Rudigier, J. and Grunert, A.: Tierexperimentale Untersuchungen zur Pathogenese intraoperativer Kreislauf- und Atmungsreaktionen bei der Implantation sogenannter Knochenzemente in die Markhohle eines Rohrenknochens. *Arch Ortho Trauma Surg* 91:85-95, 1978.
- 14) 川口 篤: 骨セメント使用時における血圧低下の原因についての実験的研究. *中部整災誌* 27 (3): 1033-1042, 1984.

Suspected parasympathetic nerve reflex during femoral head replacement surgery

Kazushige Nagai* and Hiroko Mogi**

*Department of Anesthesiology, Sagamihara National Hospital

**Department of Surgery, Kitasato University Hospital

Sudden cardiovascular changes in 138 patients who underwent femoral head replacement surgery were studied retrospectively. All operations were performed under epidural analgesia with the patients awake and breathing room air. All patients received multiple doses of 2% mepivacaine via a lumbar epidural catheter just prior to surgery. The medullary cavity of the femur was opened and widened with tapered reamers. In 11 patients, marked hypotension

and bradycardia occurred just after impaction of the femoral medulla reamer into the medullary cavity. This cardiovascular change may have resulted from a parasympathetic reflex to expansion of the femoral periosteum or to traction of the sciatic nerve. In conclusion, we recommended complete anesthesia of the sacral nerves when epidural anesthesia is given during femoral head replacement.

Key words: femoral head replacement, cardiovascular collapse, parasympathetic nerve reflex