

## 体外循環下開心術に伴う Ca 調節系の変動について

梶川 昌二   森本 雅巳   井之川孝一  
杠 英樹   大橋 昌彦   野原 秀公  
羽生田 正行   飯田 太

### Changes of Serum Calcium, Parathyroid Hormone and Calcitonin During and After Open Heart Surgery

Shoji KAJIKAWA, Masami MORIMOTO, Kohichi INOKAWA  
Hideki YUZURIHA, Masahiko OHHASHI, Hidemasa NOBARA  
Masayuki HANIUDA and Futoshi IIDA  
*Department of Surgery, Shinshu University School of Medicine*

Serum calcium plays a major role in muscle contraction and blood coagulation. The need for control of serum calcium during and after open heart surgery is obvious. We measured total calcium, phosphate, parathyroid hormone (PTH) and calcitonin (CT) during and after open heart surgery in 17 patients in order to elucidate the calcium metabolism.

Result obtained were as follows :

- (1) Serum total calcium decreased during cardiopulmonary bypass, but returned to normal range after perfusion.
- (2) Serum phosphate increased during perfusion, seemingly due to hemolysis. But after perfusion it decreased.
- (3) PTH was unchanged during perfusion and tended to increase after perfusion.
- (4) CT was unchanged during perfusion and evidently increased after perfusion. The latter change seemed to result from other factors than serum calcium. *Shinshu Med. J.*, 33 : 300-304, 1985

(Received for publication March 28, 1984)

---

**Key words :** calcium, parathyroid hormone, calcitonin, extracorporeal circulation  
カルシウム, 副甲状腺ホルモン, カルチトニン, 体外循環

---

#### 緒 言

血清 Ca は心筋収縮, 血液凝固などに関与する重要な因子であり, 開心術後管理において, 血清 Ca の調節は重要な課題である。血清 Ca は副甲状腺ホルモン (以下 PTH と略す), カルチトニン (以下 CT と略す)

および 1, 25-dihydroxy vitamin D<sub>3</sub> などにより調節されていると考えられている。今回, 教室における体外循環下開心術症例について, これらの Ca 調節系, 主として PTH および CT の体外循環下開心術中および術後の変動を追求し, また人工肺別にこれらの変動を比較した成績を報告する。

対象および方法

対象は信州大学第2外科で手術を施行した17例で、先天性心疾患8例、後天性心疾患9例である。年齢は3～65歳、平均37歳、男性11例、女性6例である。

体外循環法は全例ローラーポンプで行い、人工肺は気泡型10例、膜型7例を使用した。人工心肺回路充填液にはヘパリン加新鮮血、10%マルトース液、乳酸化リンゲル液を使用し、これに20%マニトール液3～5 ml/kg を加え、稀釈率25%とした。平均体外循環時間は123分であった。体外循環終了後、2%塩化カルシウム液20～40mlを投与した。

測定項目および方法は①血清総Ca濃度(OCPC法)、②血清P濃度(Fiske-Subbarow法)、③血中PTH濃度(Radioimmunoassay法)④血中CT濃度(Radioimmunoassay法)である。採血は動脈より行い、採血時期は①体外循環前、②体外循環開始30分後、③体外循環開始60分後、④体外循環終了15分後、⑤体外循環終了60分後、⑥ICU入室直後、⑦術後1日、⑧術後3日、⑨術後5日の各時点とした。

成績

A 血清総Ca濃度

図1に示すように、血清総Ca濃度(前値 $4.33 \pm 0.32 \text{ mEq/l}$ , mean±SD 以下同様)は体外循環中有意に低下し( $p < 0.01$ )、体外循環終了後は前値に比し高値を示したが( $p < 0.05$ )、術後1日でほぼ前値に復した。

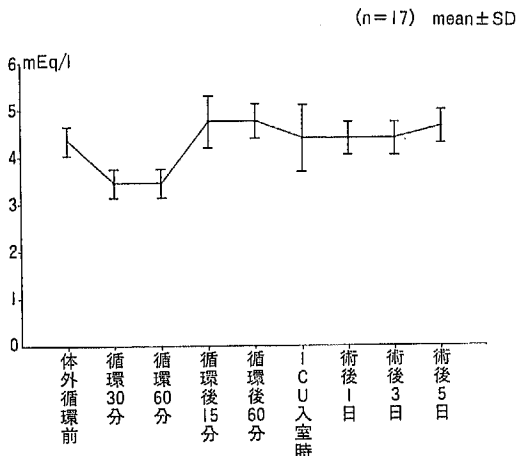


図1 血清Caの変動

(n=17) mean±SD

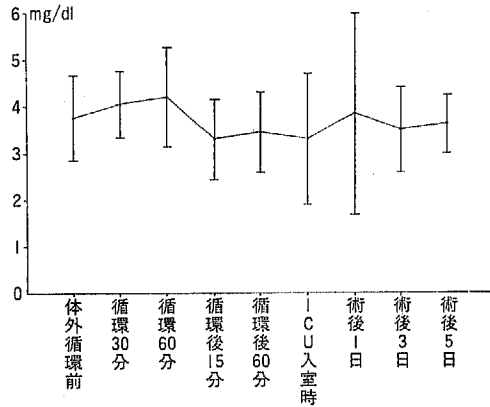


図2 血清Pの変動

(n=17) mean±SD

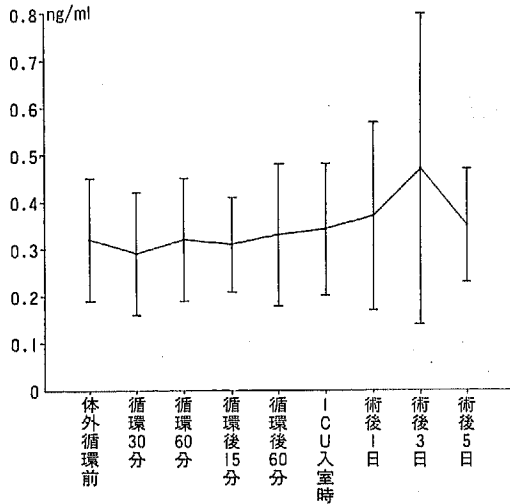


図3 血中PTHの変動

B 血清P濃度

図2に示すように、血清P濃度(前値 $3.74 \pm 0.89 \text{ mg/dl}$ )は体外循環中軽度上昇したが、体外循環終了後は前値に比し低値を示し、術後1日でほぼ前値に復した。しかし有意差はなかった。

C 血中PTH濃度

図3に示すように、血中PTH濃度(前値 $0.32 \pm 0.13 \text{ ng/ml}$ )は体外循環中はほぼ不変であり、体外循環終了後は高値を示す傾向が認められた。しかし、血清Ca濃度との間に相関は認められなかった。

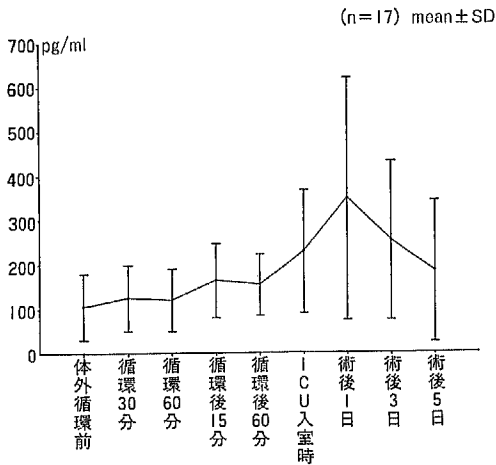


図4 血中CTの変動

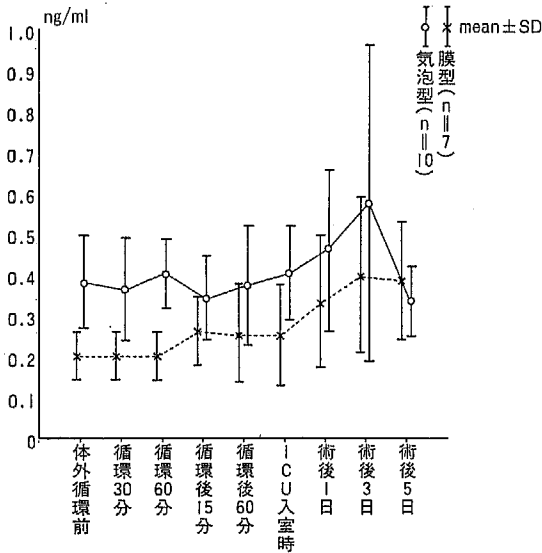


図5 人工肺別にみた血中PTHの変動

#### D 血中CT濃度

図4に示すように、血中CT濃度(前値 $105 \pm 78 \text{ pg/ml}$ )も体外循環中はPTHと同様不変であったが、体外循環終了後は高値を示し、術後1日には $350 \pm 277 \text{ pg/ml}$ と有意に上昇した。 $(p < 0.01)$  術後5日目には正常範囲内に復した。

#### E 人工肺別にみた血中PTH濃度の変動

図5に示すように、血中PTH濃度はやや気泡型において高値を示したが、その変動には有意差は認められなかった。

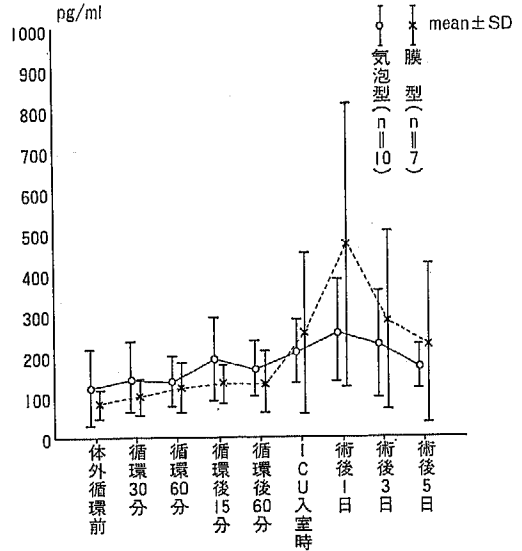


図6 人工肺別にみた血中CTの変動

#### F 人工肺別にみた血中CT濃度の変動

図6に示すように、血中CT濃度は、体外循環中は両者の変動には差は認められなかったが、体外循環終了後には膜型を使用した症例において高値を示した。

#### 考 察

血清Caは心筋収縮、血液凝固に関与する重要な因子であるが、開心術時には血液稀釈、大量の輸血等の影響を受け大きく変化することが予想される。

本研究では血清Caは体外循環中21%の減少が認められたが、これはほぼ稀釈率に一致し、血液の稀釈による影響と考えられた。しかし、体外循環終了後は塩化カルシウムの投与によると考えられる高値を示したが、術後1日にはほぼ前値に復し、以後は正常範囲内に保たれていた。

血清Pは体外循環中軽度上昇が認められたが、これは体外循環による溶血の影響で赤血球内の大量の有機Pが放出されたためと考えられる。術後は前値に比し低値を示したが、血清Pの低下は本邦においても半谷と長村<sup>1)</sup>、吉岡<sup>2)</sup>により報告されており、その原因として赤血球内での有機P合成過程での無機Pの赤血球内への取り込み等が推測されているが明らかでなく、今後の検討が必要と考えられる。

血中PTHは体外循環中はほとんど不変であった。血中PTHの分泌調節は主として血中のイオン化Caによりおこなわれているとされているが、今回の研究

においてはイオン化 Ca を測定していないため、両者の関係は明らかではない。イオン化 Ca は血中総 Ca の 40~50% を占めるとされており<sup>3)4)</sup>、またイオン化率は血清蛋白濃度、PH 等の影響を強くうける<sup>4)6)</sup>。体外循環中にみられる低蛋白血症などのため、総 Ca 濃度の低下ほどにはイオン化 Ca が減少していないことも考えられる。吉岡<sup>2)</sup>、Das ら<sup>7)</sup>は体外循環中の総 Ca の低下に比し、イオン化 Ca の低下は少ないと報告している。そのため血中 PTH が体外循環中には大きな変動を示さなかったのかもしれない。われわれの症例ではヘパリン加新鮮血を使用したか、ACD 加血を使用した症例では体外循環中、クエン酸がイオン化 Ca と結合するため、イオン化 Ca 濃度が低下し、その negative feedback として PTH が上昇したとの報告も認められる<sup>1)8)</sup>。術後 PTH は上昇したが、これは血清 Ca が術後高値を示すにもかかわらず、ACD 加血の使用などに伴いイオン化 Ca は低値を示している可能性があり、それによる PTH の上昇とも推測される。

血中 CT は体外循環終了後上昇するが、血清 Ca はほぼ正常範囲内に保たれており、血清 Ca がその上昇の原因とは考えにくい。一般に CT の分泌を促す因子としてはイオン化 Ca の他に、ガストリン、グルカゴン等の消化管ホルモンが知られている<sup>9)10)</sup>。寺本ら<sup>11)</sup>は体外循環後血中ガストリン、グルカゴンが増加することを報告しており、半谷ら<sup>12)</sup>はそれら消化管ホルモンの増加が CT 分泌を刺激するのではないかと推測し

ている。しかし、薬理的にはガストリンの負荷により血中 CT は上昇するが、摂取などによるガストリンの上昇に対しては CT は上昇しないとの報告もあり<sup>13)</sup>、体外循環後の CT 上昇の原因は明らかでない。血中 CT 上昇による影響についても今後の検討が必要であろう。

人工肺別にはこれらの変動には差異は認められなかったが、ポンプ別（無拍動流および拍動流）のこれらの変動も今後検討したい。

## 結 論

体外循環下開心術症例に、血清 Ca, P, PTH および CT の変動を追求し次の結果が得られた。

- 1) 体外循環中、血清 Ca は低下したが、体外循環後はほぼ正常範囲内に復した。
- 2) 血清 P は体外循環中、溶血に起因すると考えられる高値を示したが、体外循環終了直後より低下した。
- 3) 血中 PTH は体外循環中不変であり、体外循環終了後より高値を示す傾向が認められたが、血清 Ca 値との間に相関は認められなかった。
- 4) 血中 CT は体外循環中不変であり、体外循環終了後より高値を示した。これは血清 Ca より他の因子が考えられる。
- 5) 人工肺の種類別にはこれらの変動に差異は認められなかった。

本研究の要旨は第20回日本外科代謝栄養学会（於58年7月東京）において発表した。

## 文 献

- 1) 半谷静雄, 長村好章: 体外循環による血清 P および赤血球内エネルギー代謝の変動について. 胸部外科, 32: 424-499, 1980
- 2) 吉岡研二: 体外循環開心術における電解質代謝の研究—とくに総 Ca, イオン化 Ca の変動—. 日胸外会誌, 25: 1421-1431, 1977
- 3) Arnold, D.E., Stansell, M. J. and Malvin, H.H.: Measurement of serum ionic calcium using a specific ion electrode. J Clin Pathol, 49: 627-634, 1968
- 4) Moore, E.W.: Ionized calcium in normal serum, ultraltrates, and whole blood determined by ion-exchange electrodes. J Clin Invest, 49: 318-334, 1970
- 5) Kaplan, E.L., Hill, B.J., Locke, S. and Peskin, G.W.: Acid base balance and parathyroid function: Metabolic alkalosis and hyperparathyroidism. Surgery, 70: 198-204, 1971
- 6) Loken, H.F., Havel, R.J., Gordan, G.S. and Whittington, S.L.: Ultracentrifugal analysis of protein bound and free calcium in human serum. J Chem, 235: 3654-3658, 1960
- 7) Das, J.B., Eraclis, A.J., Adams, J.G. and Gross, R.E.: Changes in serum ionic calcium during cardiopulmonary bypass with hemodilution. J Thorac Cardiovasc Surg, 62: 449-453, 1971
- 8) Moffit, E.A., Tarham, S., Goldsmith, R.S., Ptuth, J.R. and Mcgoon, D.C.: Patterns of total and ionized calcium and other electrolytes in plasma during and after cardiac surgery. J

Thorac Cardiovasc Surg, 65 : 751-757, 1973

- 9) Care, A.D., Bruce, J.B., Boelkins, J., Kenny, A.D., Conaway, H. and Anast, C.S. : Role of pancreozymin cholecystinin and structurally related compounds as calcitonin secretagogues. *Endocrinology*, 89 : 262-271, 1971
- 10) Cooper, C.W., Schwesinger, W.H., Mahgoub, A.M. and Ontjes, D.A. : Thyrocalcitonin. Stimulation of secretion by pentagastrin. *Science*, 172 : 1238-1240, 1971
- 11) 寺本勲男, 福慶逸郎, 岡村永義, 倉橋秀寿, 服部良信, 伊佐治秀孝, 蔡 垂昇, 倉橋真人 : 体外循環下開心術後の消化管ホルモンの変動に関する研究—とくにガストリン分泌を中心に—. *日胸外会誌*, 28 : 1229-1235, 1980
- 12) 半谷静雄, 西山清敬, 石原 昭 : 体外循環開心術における Ca 調節系, とくに副甲状腺ホルモン, カルチトニンの変動に関する研究. *臨床胸部外科*, 2 : 381-389, 1982
- 13) Owyang, C., Heath III H., Sizemore, G.W. and Go, V.L.W. : Comparison of the effects of pentagastrin and meal-stimulated gastrin on plasma calcitonin in normal man. *Am J Dig Dis*, 23 : 1084-1088, 1978

(59. 3. 28 受稿)