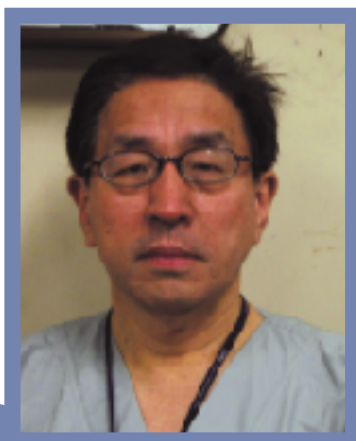


# 「新ガイドライン2005」で メイロンとカルシウム位置は変わったか？

広島市立広島市民病院麻酔集中治療科 多田 恵一



広島市立広島市民病院



## 多田 恵一

ただ けいいち

広島市立広島市民病院 麻酔科主任部長  
(集中治療部主任部長兼任)

1973年 岡山大学医学部卒業 卒後

### 職歴

岡山大学医学部附属病院麻酔科文部教官講師、  
高知県立中央病院麻酔科医師  
社会保険広島市民病院麻酔科部長  
同 集中治療部主任部長(兼任)  
同 救命救急センター部長(兼任)  
などを歴任され現在に至っております。

### 主な役職

岡山大学医学部非常勤講師 (1982年4月～現在)  
岡山大学医学部臨床教授 (2003年4月～現在)  
日本麻酔科学会理事 (2003年4月～現在)  
同 救命問題対策専門部会長 (2003年4月～現在)  
日本集中治療医学会評議員 (1996年4月～現在)  
日本心臓血管麻酔学会常任理事  
(1996年10月～現在第4回会長)  
日本麻酔薬理学会理事 (1996年4月～現在)  
を歴任されて来られています。

## CONTENTS

「新ガイドライン2005」で  
メイロンとカルシウム位置は変わったか？ 1

広島市立広島市民病院麻酔集中治療科  
多田恵一

血液ガスFAQ 7

## Topics

「諏訪先生の血液ガス博物館」リリース 8

QA(Quality Assurance)  
とは、『常に質(内容)を確認し、  
継続的な向上を目指す』という  
意味で、Radiometer™の基本  
コンセプトです。

## 「新ガイドライン2005」で メイロンとカルシウム位置は変わったか？



### Calcium：カルシウム（Ca<sup>++</sup>）

心肺蘇生の世界標準とされたガイドライン2000（G2000）も、2005年にはガイドライン2005（G2005）として改正された。有効で絶え間のない胸骨圧迫を中心にBLSの重要性が再度見直されたものとなっている。このなかでは、蘇生中に使用する薬物の蘇生率、社会復帰に及ぼす影響についてはあまり重要性は指摘されていない。事実、ガイドライン2000では、「心停止下のカルシウムの投与は心肺蘇生に有効であるとのエビデンスはない」とされ、ガイドライン2005においても新たな使用をsupportする報告は出ていない。

従来、カルシウムイオンは「筋収縮に不可欠」であり「心収縮力を高める」という細胞内における重要な役割から、心肺蘇生時にも積極的にその投与が推奨され、臨床現場ではもっともよく使用された蘇生薬の一つであった。事実、イオン化カルシウムは心筋の収縮力、各種受容体機能、心刺激インパルスの発生、各種酵素反応、血小板凝集など多くの重要な生理学的役割を担っていることが知られている。

しかし、こと心停止時のカルシウム投与の効果に関しては、後ろ向き研究、前向き研究いずれにおいても、心停止時のカルシウムの投与の利益は証明されなかった。むしろ、カルシウム投

与により誘導される血清カルシウム濃度が有害であるとの報告が多く存在する。

つまり、心停止などによる虚血に際してはカルシウム投与による高カルシウム血症は心筋や神経細胞内にカルシウムを蓄積して細胞障害をいっそう助長し、心筋傷害を増し、脳機能の回復を妨げるとの証拠がある。

したがってカルシウム製剤は、

- 1) 高カリウム血症
- 2) 低カルシウム血症（大量輸血時など）
- 3) カルシウムチャンネルブロッカーの過量投与時におけるPEA（Pulseless Electrical Activity）の際にのみ適応と考えてよい<sup>1)～2)</sup>。

カルシウムの投与が必要なときには10%塩化カルシウム溶液（100mg/ml）を8-16mg/kg（通常 5-10ml）を投与し必要により繰り返すのがよい（10%溶液はカルシウム1.36mEqすなわち27.2mg/ml含有する）。このとき、マグネシウム、カリウム、PHも正常に保つことが大切である。

血中の総カルシウム濃度はイオン化カルシウムレベルとうまく相関しないので、特に重症患者においては理想的にはイオン化カルシウムレベルを検査すべきであろう<sup>3)～4)</sup>。

心停止時は急速静注でよいが、ROSC（自己循環）のあるときはゆっくり静注する。

生命を脅かす電解質異常（Life-threatening Elerctrolyte Abnormalities）がG2005に詳述されている。電解質異常は通常循環器系の緊急事態を招来し、しかも、蘇生の効果を損なう恐れもあり、検査データーが出揃う前に治療は開始すべきである。

### 1) カルシウムイオンについて再確認

カルシウムは体内で最も豊富なミネラルであり、前述のごとく心筋の収縮力、各種受容体機能、心刺激インパルスの発生、各種酵素反応、血小板凝集など多くの重要な生理学的役割を担っていることが知られている。細胞外液中のカルシウムの半分はアルブミンと結合しており、他の半分は生物学的に活性のあるイオン化カルシウムである。カルシウム濃度は通常副甲状腺ホル

モンおよびビタミンDにより制御されている。血清カルシウムの総量は血清アルブミン濃度に相関しており、血清アルブミン1 g/dLの上昇毎に血清カルシウム値0.8mg/dL増え、血清アルブミン1 g/dLの低下毎に血清カルシウム値は0.8mg/dL減少する。

総アルブミン量は血清カルシウム値に直接相関しているがイオン化カルシウムは血清アルブミンと逆相関する。血清アルブミン値は低いほどイオン化の形で存在する総カルシウムの部分は多くなるわけである。低アルブミン血症においては、たとえ総カルシウム量は低くてもイオン化カルシウムのレベルは正常のことがある。カルシウムはカリウム、マグネシウムの細胞膜での作用に拮抗し、よって、高カリウム血症、高マグネシウム血症の治療に、カルシウムは有益である。

#### 高カルシウム血症時：

高カルシウム血症は総血清カルシウム値が10.5mEq/L以上（あるいはイオン化カルシウム値が4.8mg/dL以上）と定義される。原発性副甲状腺機能亢進症、と悪性腫瘍がその原因の90%を占める。これらのほとんどの例において、骨および腸管からのカルシウム放出が亢進しており腎臓からの排泄も上昇している。

血清値が12mgから15mg/dl以上で易疲労感、抑うつ症状、混迷をきたすが、さらに高値になると痙攣から昏睡にいたる。心筋収縮力は15mgくらいまでは亢進することが多いが、これを超えると抑制に入り、QT時間、PR、QRS間隔が延長、ついには完全房室ブロックから心停止にいたる。

高カルシウム血症の胃腸症状としては嚥下困難、便秘、潰瘍、膵炎などがある。腎への影響としては濃縮能低下、Na、K、Mg、燐の喪失、そして、骨からの放出である。

高カルシウム血症の治療は、患者に症状が現れたとき、とくに、血清内総カルシウム量が12mg/dL以上あるいはカルシウムレベルが15mg/dL以上のときである。まずは、急速な血管内容量の回復と利尿によるカルシウム排泄促進である。循環動態が安定して、腎機能も良好な場合は、0.9%生理食塩水300-500ml/時（生食利尿）を輸液不足が補え、200-300ml/時の利尿が得られるまでおこなう。一旦十分な輸液が

行われたら生理食塩水の輸液は100-200ml/時にまで減じる。利尿によるK、Mgの不足に注意する。

ときに血液透析、キレート剤（50mmol PO<sub>4</sub>を8-12時間かけて投与するか、EDTA10-50mgを4時間以上かけて投与する）を必要とする。

Furosemide（1 mg/kg iv）の所要には議論がある。心不全症状があるときには必要でもあろうが、Furosemideは逆に骨からのカルシウム放出により高カルシウム血症を来たしうるからである<sup>6)</sup>。



## 2) 低カルシウム血症<sup>5)</sup>

低カルシウム血症は総血清カルシウム値が8.5mEq/L以下（あるいはイオン化カルシウム値が4.2mg/dL以下）と定義される。Toxic Shock Syndrome、血清マグネシウム異常、甲状腺手術術後、furosemide中毒、腫瘍融解症候群（tumor lysis syndrome）が多い。低カルシウム血症は通常イオン化カルシウムが2.5mg/dl以下で症状が出るとされ、四肢・顔面の麻痺や痺れ、ついで筋肉クランプ、carpopedal spasm、Stridor、tetany、痙攣が最終像である。

低カルシウム血症の患者は反射能亢進状態となる。Chvostek、Trousseauなどの兆候が有名である。心機能からみれば、収縮力低下、心不全ということになる。ジギタリス中毒も増悪させる。

低カルシウム血症の治療は、いうまでもなくカルシウムの投与である。

前述のごとく、カルシウムの投与が必要なときには10%塩化カルシウム溶液（100mg/ml）を8-16mg/kg（通常 5-10ml）を投与し必要により繰り返すのがよい（10%溶液はカルシウム1.36mEqすなわち27.2mg/ml含有する）。

このとき、カルシウムは無論のこと、マグネシウム、カリウム、PHも4-6時間毎に計測し、カルシウム値は7-9 mg/dLに保つことが大切である。

低マグネシウム血症は放置すれば低カルシウム血症が治療抵抗性になることもあり注意を要する。したがって、低カルシウム血症があり、とくに、初期のカルシウム補給に抵抗性の場合、マグネシウムも慎重にチェックすることが望ましい。

電解質異常は蘇生後重症不整脈の原因となり大いに問題となる。カルシウムイオンも同様であり、高カルシウム血症、低カルシウム血症はそれぞれ心停止蘇生後に、その原因を考慮しつつ補正の必要がある。

### 文献

1) Stuevun HA, et al.: The effectiveness of calcium chloride in refractory electrical dissociation. Ann Emerg. Med.1985,14, 626-629

2) Stuevun HA, et al.: Use of calcium chloride in pre-hospital cardiac arrest. : Ann Emerg. Med.1983,12, 136-139

3) Ramoska EA et al: A one year evaluation of calcium channel overdose:toxicity and treatment.: Ann. Emrg.Med. 1993;22:196-200.

4) Urban P..et al: Cardiac arrest and blood ionized calcium levels. Ann. Intern. Med. 1988;109-113

5) Cardenas-Rivero N. et al: Hypocalcemia in critically ill children. J Pediatr.1989,114: 946-951

6) Barri YM. Et al: Hypercalcemia and electrolyte disturbances in malignancy. Hematol. Oncol.Clin.North Am., 1996; 10: 775-790. .

## 炭酸水素ナトリウム

### NaHCO<sub>3</sub> (Sodium Bicarbonate : 重曹)

心肺蘇生時に起こってくる組織アシドーシスは血流ゼロの状態の心肺停止時からCPR施行中の低灌流状態にわたる動的プロセスの結果である。このプロセスは心停止時間、血流低下の程度、CPR中の酸素含量に左右される。このプロセスのなかで嫌氣的代謝が亢進し、乳酸が蓄積するため代謝性アシドーシスになるとされている。乳酸アシドーシスにより血液pHが低下すると循環系は抑制され心収縮力は弱まる。そのためHCO<sub>3</sub> + Hの反応により、Hイオンを減少させ、pHを上昇させる理論は正しい。しかし、本来、適切な酸素使用下の人工呼吸による酸素含量の回復のもと、適切な心マッサージによる組織還流や心拍出量の確保がなされ、これによりROSC（自己循環再開）が達成されることが心停止時の酸塩基平衡を正常化する大原則である。G2005の科学的コンセンサスにおいては、CPRの間、炭酸水素ナトリウムの使用に基づいたLOE 1, 2または3の研究は発表されていない。1つのLOE 2の研究では、プラセボに対する重炭酸塩の利点は示されず、また炭酸水素ナトリウムの無作為な臨床使用に関する5つの後ろ向き解析にも結論はでていない(LOE 4)。1つのLOE 4研究では、より早くより頻繁に重炭酸ナトリウムを使用している救急医療サービス (E-MS) システムの方が、心拍再開率や生存退院

率が有意に高いことや長期的な神経学的予後がより良かったことを示唆していたが、動物による研究の結果はこれらと矛盾しており結論に達していない(図1)。

重炭酸ナトリウムは、三環系抗うつ薬や他の短時間ナトリウムチャンネル阻害薬による心血管毒性(低血圧、不整脈)、高カリウム血症を治療するのに効果的である。1つのLOE 5、すなわち症例報告で三環系薬の中毒で起こったVFに対して重炭酸ナトリウムの使用が成功したことを報告している。

しかし、心停止時の重曹投与が心肺蘇生率を高めるとする報告はほとんどない。動物実験において、心室細動の回復あるいは蘇生率におよぼす重曹の効果を示すエビデンスもない。

逆に心停止時の重曹投与がおよぼす多くの副作用が知られている。重曹は体血管抵抗を下げることにより冠還流圧を保つが、細胞外アルカローシスを引き起こしこれにより酸素解離曲線が左方移動し、組織での酸素利用が妨げられる。また高ナトリウム血症から浸透圧の上昇も起こるし、さらに、高炭素ガス血症の結果、心筋や脳細胞内に入ってくる二酸化炭素が逆に細胞内アシドーシスを引き起こす。中心静脈系でのアシドーシスにより、カテコラミンの作用も減弱する。

以上より、心停止に対するCPR(特に病院外の心停止)の間、あるいは心拍再開後にルーチンに重炭酸ナトリウムを投与することは推奨されない。重曹による推奨される治療対象は、致死的な高カリウム血症または高カリウム血症に関連した心停止、既存の代謝性アシドーシスあるいは三環系抗うつ薬の過剰使用に対しては重炭

酸ナトリウムを考慮してもよいということなどである。このような特殊状況下での重曹の投与量は1mEq/kgが普通である。血液ガス分析が可能な際は、できるだけHCO<sub>3</sub>、base excessを知った上で投与するのがよいだろう。重曹投与による医原性のアルカローシスを最小限にするためには、酸塩基平衡の完全是正を目指すべきではない。

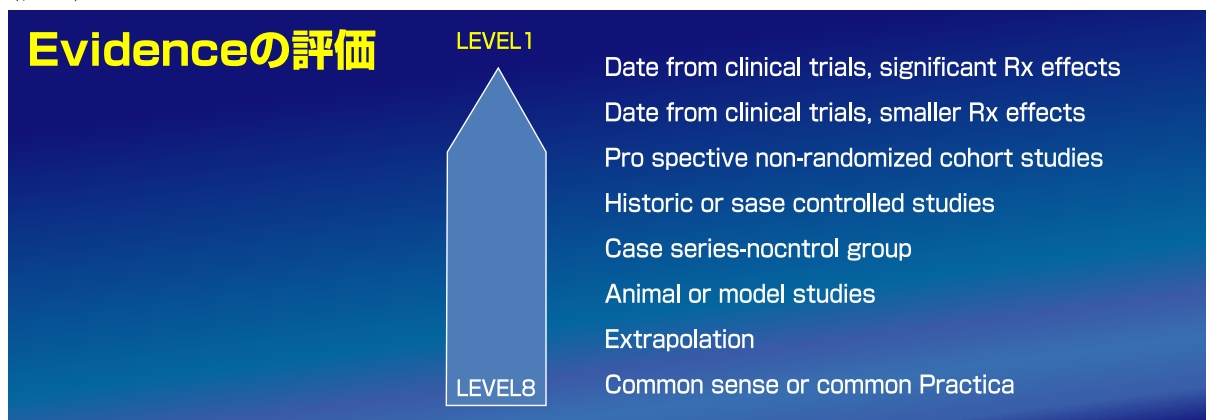
二酸化炭素を産生しない他の緩衝剤、例えば、CarbicarbやTHAM、Tribonatは、二酸化炭素産生、高浸透圧、高ナトリウム血症、高血糖、細胞内アシドーシス、心筋アシドーシス、“オーバーシュート”アシドーシスといった重曹の副作用を最小限にする能力を示す。しかし、臨床経験は極めて限られており、予後予後に関する研究は不足している。

結論として、ガイドライン2005においても、重曹は心停止時の第一選択薬ではないとされたということである1)~3)。

#### 文献

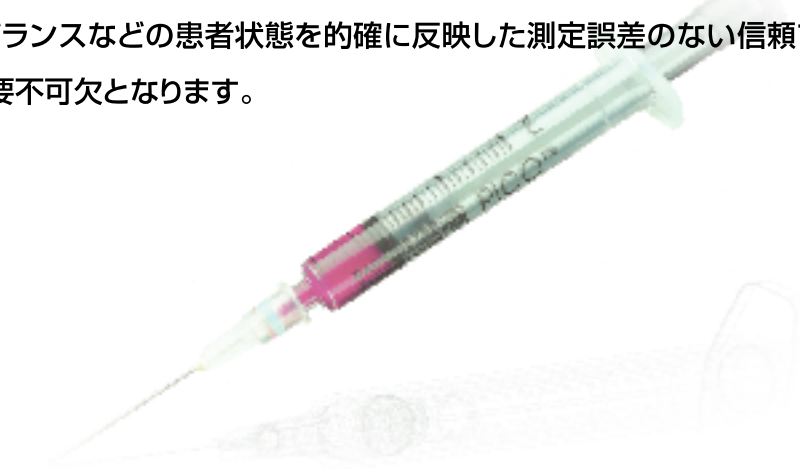
- 1) Kette F. et al: Buffer solution s may compromise cardiac resuscitation by reducing coronary perfusion pressure. JAMA. 1991;266.:2122-2126.
- 2) Graf H et al: Evidence for detrimental effect of bicarbonate therapy in hypoxic lactic acidosis Science. 1985;227:754-756.
- 3) Katz LM. Et al: Low dose Carbicarb improves cerebral outcome after asphyxial cardiac arrest in rats. Ann. Emerg. Med. 2002;39c-365.

(図1)



## 血液ガスFAQ

重症患者の評価においては、血液ガス状態の把握が重要な役割を果たします。acute-care領域において、術中術後における呼吸管理や意識不明患者の容体など酸素化状態や酸塩基、電解質、代謝バランスなどの患者状態を的確に反映した測定誤差のない信頼できる血液ガスデータが必要不可欠となります。



### Q1. 血液ガス分析装置のメンテナンスを実施することの重要性は？

A1. 平成18年4月1日より施行されております医療法施行規則により「医療機器の製造業者、輸入販売業者等が提供する情報を活用し、医療機器の保守点検を適切に実施するよう努めなければならない」とされております。メーカーの推奨するメンテナンススケジュールに従ってメンテナンスを実施し、かつ記録を残すことにより突発的な故障が軽減され、常に測定誤差のない信頼できる血液ガスデータを得ることが出来ます。

### Q2. キャリブレーションが正常なのに、何故QC (精度管理)が必要なのですか？

A2. キャリブレーションが電極の感度すなわち精度の管理を目的に行なわれるのに対し、QCは電極のみならず、サンプル経路を含めた測定機器全体の精度管理を行なうことを目的としています。値のわかっている溶液を定期的に測定する事により、トラブルを未然に防ぐ事が可能になります。また、長期間のQC記録を保存することで、装置の稼動状態が的確に把握できます。このように、電極だけでなく機器全体の精度管理のため、また測定結果の信頼性を担保するためにもQCの実施が必要です。

### Q3. 動脈血サンプル中に気泡があると、測定結果に影響が出ますか？

A3 気泡がサンプル中に混在すると測定結果に影響を及ぼします。血液ガス測定値で一番影響が出るのは血液中酸素分圧です。例えば、酸素吸入を受けていない場合、呼気中の酸素分圧はおよそ150 Torrですが、実際の患者さんでは血液中酸素分圧が150 Torrより低い、測定値は実際の値より高い値、すなわち、過大評価してしまう可能性があります。反対に、高濃度の酸素を投与されている患者さんで血液中酸素分圧が150 Torrより高い場合、測定値は実際の値よりも過小評価される可能性があります。

### Q4. 血液ガス分析に何故、専用サンプラーが必要ですか？

A4. 血液は採取後、採取直後の状態で安定して存在し続けるものではなく、常に代謝を行い変化し続けます。特に血液ガス分析の対象となっている血中物質ではガス体は常に周囲と平衡する傾向にあり、また代謝により消費・産生されて常に変動します。正確な測定結果を出すためには、この変動を最小限に抑える工夫を凝らしたサンプラーとサンプルの適切な取り扱い手順が必要となります。凝固や外気との接触を抑制することが特に肝要です。適切な抗凝固材が施されており、外気との接触を最小限に抑え、気泡を生じさせず、かつ早急に除去が可能な構造であることが必要条件となり、これらの条件を備えている専用サンプラーを用いることが正確な測定結果を出すためには必要なのです。

### Q5 動脈血サンプルは何故、混和しなければならないのでしょうか？

A5. 血液サンプルは保存すると分離します。つまり、赤血球が沈降します。サンプルは均一性を確保するため測定前に十分混和する必要があります。測定前の不十分な混和の結果ヘモグロビン濃度 (c t H B) は偏りが生じますが、実際の偏りはサンプルのどの部分が測定されるか、つまり沈降部分か血漿部分のどちらかによります。また、c t H Bから演算されるパラメーターにも偏りが生じます。この測定誤差を防止するために推奨される方法は、サンプルを手の中で上下左右によく回転して混和し目視確認で沈降している場合には数分間の混和が必要となります。

## Acute-care 支援サイト

「諏訪先生の血液ガス博物館」  
リリースのお知らせ

救急処置を支援するラジオメータ公式サイト

アキュート ケア  
**Acute Care** 支援サイト



「諏訪先生の血液ガス博物館」がリリースされました。

当社では、Acute-care支援サイトを2006年10月1日より開設させて頂いております。

本サイトは、学術資料/文献、ラーニング、製品情報、インフォメーションから構成されており、血液ガス分析及び経皮モニターに携わっておられる方々をご支援させていただくことを目的として製作されております。今回の第2段階のリリースで、「諏訪先生の血液ガス博物館」を新しく掲載させていただいております。今後は内容も順次充実させてまいります。

また、学会セミナーのご案内、トレーニングのご案内などのプログラムをお知らせをいたします。

皆様のアクセスをお待ちしております。

**URL: <http://www.acute-care.jp/>**

ラジオメーター株式会社  
〒105-0003 東京都港区西新橋3-16-11  
Tel: 03-5777-3530 FAX: 03-5777-3541

<http://www.radiometer.co.jp/>  
<http://www.radiometer.com/>

●ご意見、ご質問をお寄せください。

**RADIOMETER**   
**COPENHAGEN**

RADIOMETER™、TCM™、Red System™は、ラジオメーターメディカル社（デンマーク）の商標です。