

心臓電気信号の新しい解析法, MCG 法の透析患者への適応

埼玉骨疾患研究センター¹⁾, くぼじまクリニック内科²⁾
プレミアハートジャパン³⁾

板橋明¹⁾²⁾ 高橋真一³⁾

●はじめに

冠動脈疾患は、保存期慢性腎不全患者や長期血液透析患者の死因として大きなウエイトを占めている。したがって、冠動脈疾患の発症をいかに予測するかは非常に重要であるが、これまでの検査方法には一長一短があった。例えば、心電図(ECG)、心エコーなどの検査は、簡便だが、満足できる予測結果が得られないことが多い。循環器科以外の医師では評価が難しい場合もある。冠動脈造影法は、精度は高いが、循環器科医の協力が不可欠なうえ、所要時間が長く、患者に対する侵襲が大きい。特に透析患者への実施は容易ではない。最近では、侵襲が比較的小さい高解像度の冠動脈CT検査が普及しつつあるが、血管壁に石灰化病変を伴いやすい透析患者では診断能に限界がある。また高解像度CT装置がない透析施設も少なくない。

こうしたなか、米国を中心に、冠動脈疾患の新しい予測法として、multi-function cardiogram(MCG)法を用いた心臓電気信号解析が普及しつつある。

● MCG 法の原理・解析の仕組み

MCG法は、心臓電気信号の新しい解析法である¹⁾。ECGは、12誘導心電図をチャートに描き、脈の不整やQRS、ST-Tなどの成分を解析するのに対し、MCG法では、2つの誘導(第II誘導、V5誘導)から得られる電気信号をデジタル化、暗号化し(図1)、インターネットを通じて米国ニューヨークにあるデータセンターに送り、

そこでフーリエ変換され、6つの数学的変換による周波数解析などが行われる(図2)。そして、40,000名以上のデータベースから得られたパターンと照合することにより、冠動脈狭窄の有無や重症度スコア(図3)が自動診断され、そのレポートが再びインターネットを介して検査施設に送られてくる(図4, 5)。

● MCG 法の対象・使用方法

対象となるのは、冠動脈疾患の発症予測を必要とする患者や健康診断受診者などである。すでに冠動脈疾患を発症した患者では、虚血状態の把握にも利用できる。

MCG解析対応機器はコンパクトなため、ベッドサイドなどにも簡単に持ち込める。四肢(手首、足首)と胸部V5(第5肋間と前腋窩線の交叉部)の計5カ所に電極リードを装着し、年齢、体格などの被検者の情報を入力後、82秒間の心電情報を3回取得して、データセンターに送信する。数分後には、結果レポートがインターネットを通じて送信される。

● MCG 法の有用性

MCG法を用いた心臓検査は、簡便で短時間に行えるほか、客観的、定量的な検査である。その上大がかりな機器が必要なく、低コストであるといったメリットがある。また、侵襲がなく、放射線、造影剤、身体的障害・運動障害、不整脈・脚ブロックなど、他の検査が禁忌となるような患者にも行える。

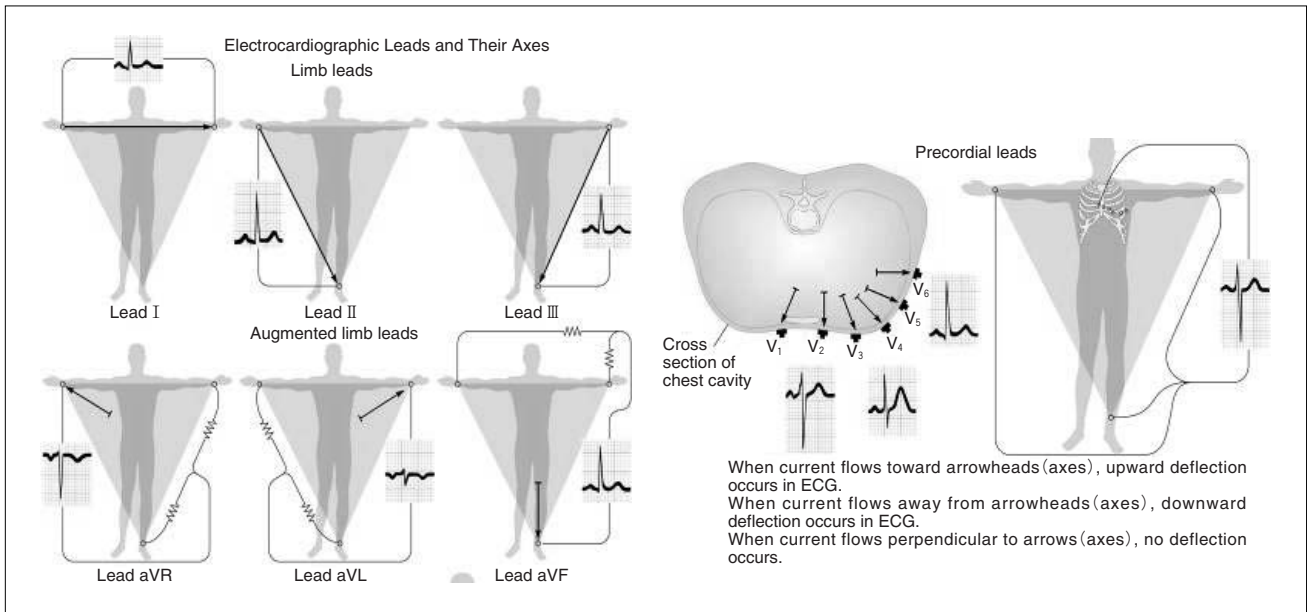


図1 通常の心電図は標準12誘導のチャートを利用するが、MCG では第 II, V5の二誘導を使用する

MCG : Multi-function cardiogram.

高い診断精度を有することは、MCG 法による心臓検査の最大の利点ともいえる。3つの二重盲検比較試験(米国・欧州・アジア4カ国)のメタアナリシスでは、冠動脈造影実施予定の患者計1,076例に MCG 解析を行った結果が解析され、冠動脈造影の結果を対照した感度は91.2%、特異度は84.6%と、非常に良好な成績が得られた。さらに、陽性的中率(PPV)は81.9%、陰性的中率(NPV)は92.6%で、高精度の冠動脈疾患予測検査となることが示された²⁾。メタアナリシスに加えられた、日本を含むアジア4カ国で行われた試験でも、感度94.8%、特異度86.6%、PPV 78.4%、NPV 97.1%という良好な成績が報告されている³⁾。

1) Auto Power Spectrum (オートパワースペクトル)	$G_{xx} = S_x(f) \times S_x(f) i$
2) Phase Angle Shift (位相角シフト関数)	$\theta_{xy} = \tan^{-1} T_{xy}(l) / T_{xy}(R)$ $= \tan^{-1} G_{xy} / G_{xx}(l) / G_{xy} / G_{xx}(R)$
3) Impulse Response (インパルス応答関数)	$P_{ih} = F^{-1} T_{xy}$
4) Cross Correlation (相互相関関数)	$V_{xy} = F^{-1} G_{xy}$
5) Coherence Function (コヒーレンス関数)	$\gamma^2 = \frac{G_{xy}^2}{(G_{xx})(G_{yy})}$
6) Transfer Function (伝達関数)	$T_{xy} = G_{xy} / G_{xx} \quad T_{xy} = A, \phi$

図2 MCG 解析特徴—数式変換・周波数解析

●症例

われわれの施設では、いち早く MCG 解析装置を入手し、冠動脈疾患患者や長期維持透析患者に試用してきた。今回はその第一報として、一部の症例を提示する。

【症例1】

糖尿病(DM)、慢性腎不全〔血液透析(HD)〕、冠動脈不全、閉塞性動脈硬化症、肝細胞癌を有する69歳男性。2007年5月に呼吸困難、HD 導入。冠動脈、大腿動脈の

MCG Test Results :					
Test ID	Testing Date	ECG Quality	Local Ischemia	Global Ischemia	Severity Score
6702849	2008-03-10	Good	None	Very severe	8.5 : very severe

Disease Severity Range :	
0=x	No disease burden
0<x≤2	Mild disease burden
2<x≤4	Moderate disease burden
4<x≤5.5	Level 1 severe (moderately severe)
5.5<x≤7.5	Level 2 severe (severe)
7.5<x≤15	Level 3 severe (very severe)
15<x	Level 4 severe (extremely severe)

図3 Typical MCG Report

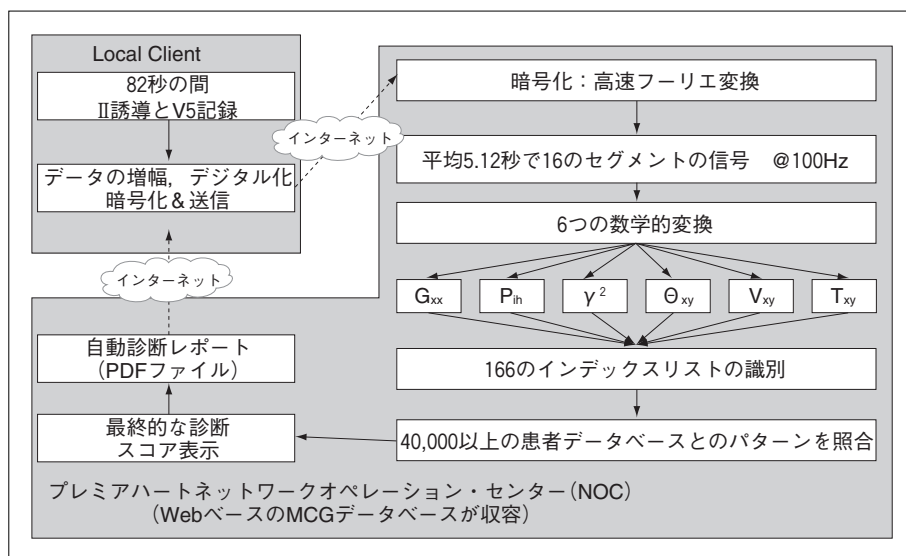


図4 MCG 解析のしくみ

各部位に狭窄を認めた。同年6月以降、薬剤溶出性ステント(DES)を用いたPCIなどの治療を繰り返してきた。2011年7月にも心窩部痛を訴えたため、右冠動脈に対してDESによるPCIを行った。その後、透析開始と同時に右足指の痛みを訴え、透析中に血圧が低下した。MCG解析を行うと、スコア9、10という非常に高い重症度の冠動脈狭窄を示唆する診断レポートが得られた。

【症例2】

DM, 慢性腎不全(HD), 高血圧を有する73歳男性。54歳時に心臓ペースメーカーを装着した。2010年にDM, 心不全, 急性肺水腫が認められ、HD導入。同年11月に、冠動脈ステント留置を行った。冠動脈疾患の症状はなく、MCG解析のスコアは0であった。

【症例3】

73歳女性のHD患者。1996年12月にHD導入、2007年

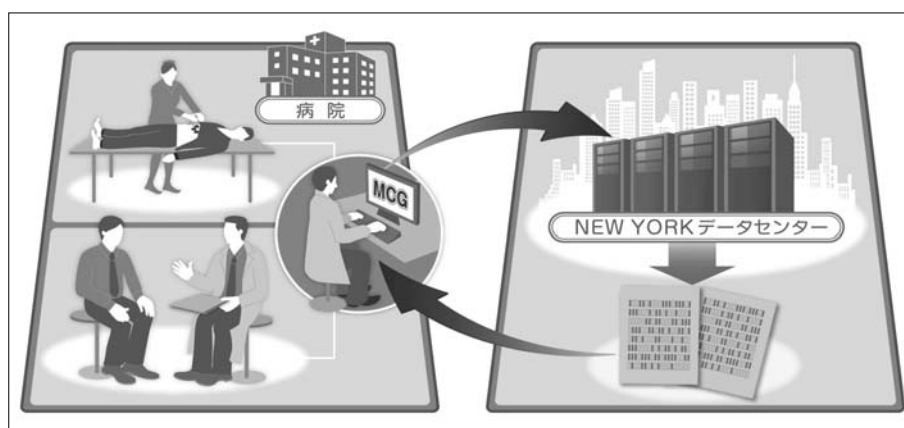


図5 MCG 解析プロセス
インターネットを使い米国のデータセンターで解析する。

に副甲状腺摘出術 (PTx) ・自家移植施行。2009年に軽度の弁膜症が認められたが、運動負荷試験は陰性。2011年1月に急性心筋梗塞を起こし、ステント留置を行った。MCG 解析ではスコア4以上が示されたことから、冠動脈病変を改めて検索していく必要があると考えられた。

●まとめ

MCG 解析は、米国ではすでに米国食品医薬品局 (FDA) の認可を受け、保険適用コードも取得しており、徐々に普及しつつある。わが国でも、循環器科などの医師に広くその意義を理解していただき、多くのデータを蓄積し、HD 患者にも利用していきたいと考えている。

●文献

- 1) Weiss MB, Narasimhadevara SM, Feng GQ, et al : Computer-enhanced frequency-domain and 12-lead electrocardiography accurately detect abnormalities consistent with obstructive and nonobstructive coronary artery disease. *Heart Dis* 4(1) : 2-12, 2002
- 2) Strobeck JE, Shen JT, Singh B, et al : Comparison of a two-lead, computerized, resting ECG signal analysis device, the MultiFunction-CardioGram or MCG (a.k.a. 3DMP), to quantitative coronary angiography for the detection of relevant coronary artery stenosis (>70%) - a meta-analysis of all published trials performed and analyzed in the US. *Int J Med Sci* 6(4) : 143-155, 2009
- 3) Hosokawa J, Shen JT, Imhoff M : Computerized 2-lead resting ECG analysis for the detection of relevant coronary artery stenosis in comparison with angiographic findings. *Congest Heart Fail* 14(5) : 251-260, 2008