

1 . はじめに

近年の Multidetector-row CT (MDCT) は、時間分解能の向上と detector 数がより多列化したことによって短時間広範囲撮影が可能となり、心大血管領域の検査に広く用いられている。さらに、心電図同期撮影 (prospective ECG-gating) や心電図同期再構成法 (retrospective ECG-gating) などの心電図同期システムが発展したことによって、虚血性心疾患の診断にも MDCT が用いられるようになった。

しかしながら、高心拍や呼吸のぶれ、不整脈などによって生じる motion artifact により画質は著しく劣化し、患者状態によって診断に全く適さない画像になることもしばしば経験する。

一方、CAG は患者状態にそれほど影響されず常に安定した画質が得られるなど、冠動脈の検査に最も適した方法であり、虚血性心疾患の診断にゴールドスタンダードとして用いられている。

本稿では CAG 有意の立場から、診断価値、画

質、被曝、侵襲度、造影剤量に着目し、冠動脈検査におけるCAGとMDCTを比較し、CAGの有用性とMDCTの問題点について言及する。

2 . C A G の 目 的

CAGは、狭窄性病変の存在・部位・狭窄度・病変長や冠動脈径、側副血行、冠動脈奇形、冠動脈攣縮など、冠動脈の解剖の詳細を得るための最も優れた検査方法である。これらの情報を正確に把握した上で虚血性心疾患の診断および治療が行える。

具体的には、CAGにて閉塞や高度狭窄などの病変部が認められた場合には、PCIあるいはCABGが適応となる。例えば、著しい偏心性病変や潰瘍性病変にはDCAが適応され、石灰化病変にはRotablatorが適応される。また、狭窄病変に対するPOBAやSTENT挿入時には最適なDevice Sizeを選択できる。このように、CAGでは最適なDeviceの種類とSizeを決定することができる。さらに、多枝病変や左冠動脈主幹部病変、慢性完全閉塞病変にはCABGが適応に

なるなど、CAGは治療方針を決定することが可能である。そして、PCIなどの治療を行ったら、治療直後や遠隔時期の治療効果の判定を行うことも可能である。

ゆえに、CAGは虚血性心疾患の診断、治療方針の決定、観血的治療に対する解剖学的適性の診断、各種治療の効果判定に用いられる¹⁾。

3 . 診断価値

CAGでは、病変部が存在すれば速やかにPCIへの移行が可能である。このように、診断と治療が平行して行えるので、MDCTと比べるとCAGでは患者負担の軽減、被曝の低減、医療費の削減が可能である。つまり、冠動脈の評価をCT・MRI・超音波検査などの複数モダリティ、複数回の検査を行わずにCAGで1回のみ検査にすれば、時間的負担や精神的負担の軽減、被曝の低減、さらに医療費の削減につながる。特に昨今の診療報酬改定では、医療機関の機能分担と連携を促進し医療技術を適正に評価するとの観点から診療報酬の引き下げが行われた。これは、この

ま ま 医 療 費 の 高 騰 が 続 く と 、 健 保 組 合 が 破 綻 し 国 家 財 政 負 担 が 増 加 す る か ら で あ る 。 そ の た め 、 各 医 療 機 関 で は 医 療 費 の 高 騰 を 防 ぐ た め 様 々 な 努 力 を し て い く 必 要 が あ り 、 画 像 診 断 部 門 に お い て も 検 査 方 法 や 検 査 回 数 は 必 要 最 低 限 に 抑 え 、 最 も 有 効 な 検 査 を 選 択 し て い く 必 要 が あ る 。 ま た 、 出 来 高 払 い と 包 括 払 い の 最 善 の 組 み 合 わ せ を 実 施 す る た め の 検 討 も 行 わ れ て お り 、 こ れ が 普 及 す る と 検 査 し て も 全 て の 検 査 料 金 を 徴 収 す る こ と が で き な く な り 、 検 査 し た 分 だ け 利 益 を 損 ね て し ま う こ と も あ り 得 る 。 そ う し た こ と か ら 、 1 つ の 疾 病 に 対 し て 検 査 は で き る だ け 少 な く 最 も 有 効 な 検 査 を 選 択 す る こ と が 必 要 と な り 、 将 来 的 な 冠 動 脈 病 変 の 診 断 に は C A G の み で 済 ま せ る 必 要 性 も 生 じ て く る 。

M D C T の 冠 動 脈 描 出 能 に 関 し て は 、 現 在 の と こ ろ 全 て の 冠 動 脈 (A H A 分 類 : s e g 1 ~ s e g 1 5) の 描 出 、 評 価 は 困 難 で あ る 。 左 冠 動 脈 主 幹 部 (s e g 5) や 左 前 下 行 枝 の 近 位 部 (s e g 6) 、 中 部 (s e g 7) の 描 出 は 比 較 的 容 易 と さ れ て い る が 、 回 旋 枝 や 右 冠 動 脈 は 房 室 間 溝 を 走 行 す る た め 心

拍動の影響を受けやすく、特に回旋枝は周囲脂肪組織が少なく静脈洞が近傍を走行しているため、左前下行枝に比べると描出能は低下し狭窄病変に対する正診率も劣っている²⁾。

また、冠動脈攣縮や慢性完全閉塞病変、STENT留置後の冠動脈など、MDCTでは評価困難な症例が多く存在する。図1は慢性完全閉塞病変で、右冠動脈からの側副血行路で左前下行枝が逆行性に造影されている症例である。CAGは動画で観察するのでこれらの評価は容易である。一方、MDCTでは静止画で観察するのが基本であり、この症例に対しては側副血行路が描出されず、左前下行枝近位部に高度狭窄が存在し順行性に造影されていると誤った解釈がされる可能性もある。STENTが留置されている冠動脈(図2)では、STENT自体を捕らえるだけで肝心な冠動脈内腔の評価は困難である。STENT内を観察するためのアルゴリズムも存在するが、その信頼度は現在のところ高くはない。

さらに、MDCTの sensitivity および specificity は、患者状態やCT装置の性能に大

きく依存し、sensitivity は 72 ~ 95 %、specificity は 41 ~ 82 % との報告もあり、特に specificity の低さが問題である^{3), 4)}。

したがって、MDCT にて冠動脈検査を施行する際は、これらの描出能を把握し適応の可否を決定することが必要であると考ええる。

4. MDCT の画質

MDCT における冠動脈の画質の良否には、患者因子（心拍数、呼吸、不整脈、冠動脈高度石灰化など）および装置因子（時間分解能、detector 数、画像再構成法など）が関与している。

4.1. 患者因子

患者因子の中で特に重要なのは心拍数および呼吸であり、高心拍や撮影時の心拍変動、呼吸のぶれは画質を劣化させる要因になる。心拍数が高い場合には、1 心周期（R-R 間隔）が短くなり Data 収集中に次の R 波が混入し、本来必要とする拡張期のみの Data が抽出できなく

なるため `motion artifact` が生じ画質を著しく劣化させる (図 3)。特に、心拍数が高くなるほどこの現象が顕著に現れ、心拍数 `66 bpm` 以上の場合は画質が劣化したとの報告もある⁵⁾。また、`detector - 4列`の `MDCT`では、撮影時には `40 ~ 60`秒の長時間の息止めが必要となり、息止めができない患者の検査は呼吸ぶれにより画質は劣化し、息止めが可能な患者においても、`40`秒の息止めで心拍数が平常時より `10`心拍以上変化する⁶⁾ので、心拍変動によって画質が劣化する。

不整脈がある場合も高心拍時と同様に、本来は拡張期のみの `Data`を抽出したいにもかかわらず、`R`波を異常認識するなどで、収集される `Data`は拡張期と収縮期が混在したものとなり画質が劣化する。

冠動脈に高度石灰化が存在する場合には、造影剤を注入しても石灰化によって冠動脈の内腔が描出されず、冠動脈内腔の評価は不可能である。

このように、`MDCT`は種々の問題点が存在するが、`CAG`ではこれらの影響を受けることなく

良好な画像を得ることが可能である。

4 - 2 . 装置因子

冠動脈の拡張末期の静止時間は、右冠動脈で平均 120 msec、左冠動脈で平均 161 msec といわれている⁷⁾。現在の MDCT の時間分解能は、0.5 sec scan/rot の half 再構成法では 300 msec となるため、理論的には画像のぶれが生じることになる。ただし、retrospective ECG-gating 法の segment 再構成 (multi-sector recon、bi-phase scan など) によって 100 msec 以下の時間分解能を得ることができる。これは、1 画像の作成に複数の心拍を用い 1 心拍で使用する時間分解能を短くする方法で、2 相に分割すれば 150 msec、3 相に分割すれば 100 msec となり、分割数を多くすればするほど時間分解能は向上する。しかし、分割数が多いほど心位相や呼吸ずれの影響を受けやすく、画質劣化が起こりやすいことも事実である (図 4)。このように、MDCT では時間分解能や画像再構成法によって画質が大きく影響される。

一方、CAGは1画像あたり4～7msecで収集されるので、心拍動による画像ぶれはほとんど見られず安定した画像が得られる。

5. 被曝

CAGの被曝線量は、透視時間3～5min、25F/Sで9方向の撮影（右冠動脈3方向、左冠動脈6方向）、I.I.sizeを7inchとすると、当院の循環器X線装置に付属している面積線量計から換算した表面線量は153.6～280.3mGy/cm²となる。

一方、MDCTの被曝線量は、撮影条件を120kV、400mA、0.5sec、0.5mm thickness、800sliceでpitchを小さく設定すると、CTDI_wは92mGy、CTDI_wに撮影範囲を乗じたDLPは最大2944mGy・cmとの報告⁷⁾もある。これは、PCIの平均的な被曝線量より多い数値である。また、冠動脈の石灰化の評価は単純CTで行われ、冠動脈内腔の評価は造影CTで行われる。したがって、単純と造影の2回の撮影が必要となるので被曝線量が多くなることは容易に推測できる。

ただし、各メーカーとも被曝低減のための機構

を有しており、例えば GE 社製の MDCT においては、X 線照射中にダイナミックにコリメータを制御させる「アクティブフォーカルトラッキング機構」や、Scout View より得られた被検者の X 線透過率、楕円率情報をもとに各 Axial 断面に必要な X 線量を自動可変させる「auto mA」機構などによって被曝低減を図っている⁸⁾。

今後、MDCT による冠動脈の検査は被曝線量と画質の兼ね合いについて検討していく必要があると考える。

6 . 侵襲度・造影剤量

検査の侵襲度は CAG が圧倒的に高い。ただし、CAG の approach 方法も Trans-radial approach が高頻度に行われるようになり、femoral approach と比して安静時間が短く、日帰り検査にも対応できるため侵襲性は低くなってきた。また、MDCT で normal coronary と判断できなかった場合 (specificity が低い) や狭窄病変が認められた場合には CAG が必要になり、検査回数や診断日数を考慮するならば MDCT を施行

したことによって患者負担（精神的負担、経済的負担、時間的負担）が増加することもある。

造影剤量については、CAGのルーチン撮影は平均使用量60～80mlであるのに対し、MDCTでは平均使用量100～150mlであるため、腎臓負担など造影剤に対する身体的影響はMDCTが大きい。

7. まとめ

本稿では、CAGの立場からMDCTの問題点を述べてきた。現在のところ、MDCTで冠動脈の検査を施行するには種々の問題点が存在するため、CAGに置き換わりゴールドスタンダードとして用いることは困難である。しかしながら、近年のMDCTの進歩はめざましく、将来的には時間分解能や画像再構成法、アルゴリズムの向上によって画質劣化の問題点はクリアされ、虚血性心疾患におけるMDCTの需要は高まると思われる。ただし、MDCTでの冠動脈評価が不可能な症例も存在するので、今後はCAGとMDCTの使い分けを明確にし、適応の可否を決定する

などの標準化を図っていくことが必要と考える。

- 1) 慢性虚血性心疾患の診断と病態把握のための検査法の選択基準に関するガイドライン、*Japanese Circulation Journal*: 64(5): 1316-1323, (2000)
- 2) 高橋修司、似鳥俊明、蜂屋順一、他: *Multidetector-row CT*による冠動脈描出能、画像診断: 21(12): 1318-1321, (2001)
- 3) A.F.kopp: *New Developments in Cardiac Imaging*, *J Clin Basic Cardiol*, 2001
- 4) 小林泰之、田中修、杉浦充、他: マルチスライスCTによる心臓疾患の評価、映像情報 *Medical*: 34(1): 88-95, (2002)
- 5) 河輪陽子: *Retrospective ECG-Gating*を用いたヘリカルCTによる冠動脈疾患の評価、日画像医誌: 19: 240-249, (2000)
- 6) 栗林幸夫、陣崎雅弘、佐藤浩三、他: マルチスライスCTによる心臓血管の3次元画像診断 - 基礎と臨床応用、映像情報 *Medical*:

34 (1) : 82 - 87 , (2002)

7) 穉山雄次 : 国際研究集会 (R S N A) 派遣報告書、日放技学誌 : 58 (1) : 49 - 50 , (2002)

8) 工藤正幸 : G E 社製 M D C T L i g h t S p e e d の最新技術解説、日放技学誌 : 56 (12) : 1401 - 1405 , (2000)