
SPECT-CT の心筋への臨床応用

金沢大学附属病院核医学診療科

萱野大樹

要 旨

当院で経験した X 線 CT を用いた心筋血流 SPECT の減弱補正について、実際の症例を提示し、臨床的有用性について検討した。

CT を用いた減弱補正は、下壁側の血流評価に有用な可能性が示唆された。しかし、心尖部から前壁側での過補正に注意が必要である。現状では、心筋血流の評価には従来の減弱補正なしの画像を主体として、CT 減弱補正画像は下壁の評価に補完的に用いるのがよいと考えられる。

SPECT/CT が徐々に普及するようになり、SPECT と CT や MRI との融合画像による臨床での有用性が確立してきている。特に腫瘍核医学の分野では PET/CT と同様に SPECT/CT を用いることによって、元来核医学画像が不得手としていた解剖学的位置の同定に融合画像は非常に寄与している。心臓の分野においても、心臓 CT 画像と心筋 SPECT 画像との融合による形態情報と機能情報の同時評価や、CT を使用した心筋 SPECT 画像の減弱補正などに利用されつつある。

今回、当院で経験した X 線 CT を用いた心筋血流 SPECT の減弱補正について、実際の症例を提示し、文献的考察を加えた。

方 法

同一症例において、従来の心筋血流 SPECT 画像 (Non correction:NC) と CT 減弱補正画像 (CT attenuation correction : CT-AC) とを比較検討した。なお、撮像・処理条件は図 1 (NC)、図 2, 3 (CT-AC) の通りである。

図1 撮像・処理条件 (NC)

- 使用装置: 機器 Symbia T6、コリメータ LMEGP
- データ収集条件
 - 収集方法: SPECT 6° 30秒/step、beat rejectionあり
 - エネルギーウィンドウ幅: 140keV, 20%
 - マトリックスサイズ: SPECT 64×64
 - 収集拡大率: SPECT 1.45
 - Gated SPECT RR分割数: 16
- 画像再構成法: FBP
- 前処理フィルター:
 - Order 8, Cut off周波数0.68cycle/pixel(1 pixel=6.6mm)
- 再構成フィルター: ramp

図2 撮像・処理条件 (CT-AC)

- 使用装置: 機器 Symbia T6、コリメータ LMEGP
- データ収集条件
 - 収集方法: SPECT 6° 30秒/step、beat rejectionあり
 - エネルギーウィンドウ幅: 140keV, 20%
 - サブウィンドウ: 7%
 - マトリックスサイズ: SPECT 64×64
 - 収集拡大率: SPECT 1.45
 - Gated SPECT RR分割数: 16
- 画像再構成法: 分解能補正付き3D-OSEM

図3 X線 CT 撮像条件

- 電圧: 130kV
- mA値: 30mA
- 時間: 0.6sec/cycle
- スライス厚: 5mm
- その他: 安静呼吸下または呼吸息止め

結 果

症例1 (図4)

60歳代, 男性。急性大動脈解離 Stanford A型に対して Bentall+ 上行大動脈置換術を施行, 約3週間後に心筋血流 SPECT 施行。

NC画像では負荷時・安静時共に下壁で集積がやや低下している。CT-AC画像では下壁の低下が改善し全体的に均一な集積となっている。NC画像では吸収の影響を受けて下壁が低下していたものが, CT-ACによって改善したものと考えられる。QGS解析でも心機能は良好に保たれており, 心筋血流では虚血や局所血流低下など明らかな異常がない症例と考えられた。

症例2 (図5)

70歳代, 男性。腹部大動脈瘤の術前心機能精査目的に心筋血流 SPECT 施行。

NC画像では負荷時・安静時共に下壁を含め全体で均一な集積となっている。CT-AC画像では, 心尖部から前壁中隔にかけて集積低下が出現している。NC画像

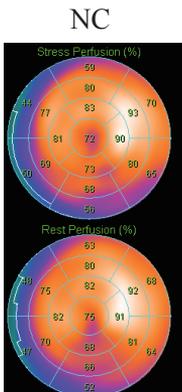


図 4 症例 1

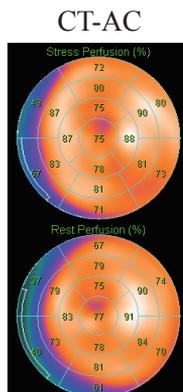


図 5 症例 2

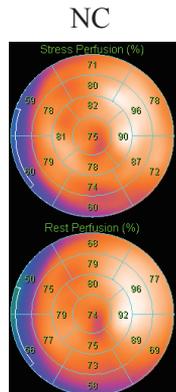


図 6 症例 3

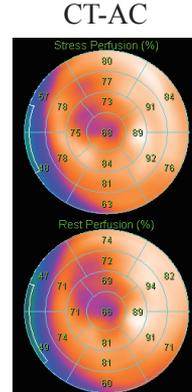
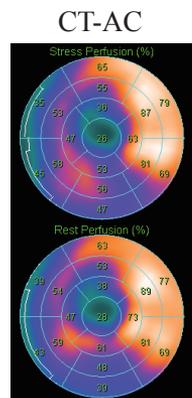
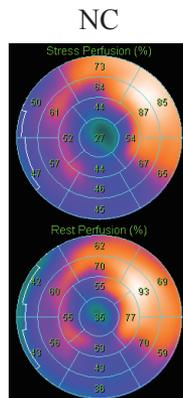
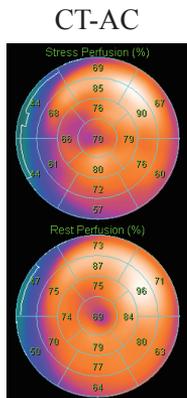
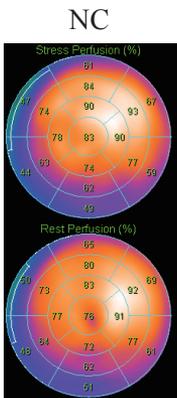


図 7 症例 4



で下壁の集積が保たれている場合、CT-AC では下壁はより均一な集積になるものの、この症例のように心尖部から前壁中隔にかけて過補正による低下が出現することが多いようである。

症例 3 (図 6)

40 歳代、男性。1 年前に 5 分程持続する胸痛を認めるも、その後は症状なし。無症状であったが冠動脈 CT 施行したところ #1 に狭窄が疑われたため、冠動脈造影を施行。#1 に 100% 狭窄を認め、#13 から RCA 領域への側副路形成を認めた。虚血の程度（特に RCA 領域）を調べるために心筋血流 SPECT 施行。

NC 画像では下壁でやや血流低下傾向にあるものの、明らかな虚血は認めなかった。CT-AC 画像では、下壁の低下が改善しており、下壁の viability が良好であることが確認できた。下壁の血流は保たれており、明らかな虚血も認めないことより、

積極的治療を行わずに薬剤治療によって対処することとなった。この症例のように、下壁の血流状態や viability の評価を行う際には CT-AC も併用して判断することが望ましいと考えられる。

症例 4 (図 7)

50 歳代，男性。左総腸骨動脈瘤の術前心機能精査目的に心筋血流 SPECT 施行。

NC 画像では，心尖部に固定性の血流欠損を認め梗塞と考えられる。下側壁にもわずかに fill-in を認める高度低下があり残存虚血が疑われる。また，心尖寄りの前壁中隔にもわずかに fill-in が疑われる。AC 画像では NC 画像に比べて下側壁の fill-in が明瞭となっており残存虚血の存在が明確になっている。心尖部～心尖寄りの前壁中隔にかけては，NC よりもやや広範囲での固定性の血流欠損を認め，明らかな fill-in は認めない。心筋血流からは RCA 領域の虚血 (CT-AC でより明確) は明らかであるが，LAD 領域に関しては NC と CT-AC で所見に解離が生じている。冠動脈造影では #2 と #6 に 99% の狭窄と #13 に 50% の狭窄を認め，LAD 領域にも虚血が存在することが示唆された。その後，OPCAB 施行 (3 枝) 後に動脈瘤の手術を行った。

心尖部から前壁にかけては，CT-AC では過補正に注意しなければならず，NC 画像で判断するのが望ましいと考えられる。この症例は，CT-AC の利点 (下壁の評価) と欠点 (心尖部～前壁の評価) が同時に現れた症例と考えられる。

考 察

当院では，現在合計 16 例 (負荷 12 例，安静のみ 4 例) で NC 画像と CT-AC 画像とを比較したが，そのうちの 4 例を提示した。

症例 1 のように，正常心筋血流分布でしばしば見られる下壁の減弱による集積低下に対して CT-AC は最も有効と思われる。すなわち，下壁の特異度の改善に寄与できると考えられる。Utsunomiya らの報告でも，RCA 領域のアーチファクトによる低下が減少し，RCA 領域の特異度が改善することによって全体的な診断精度の改善に貢献していると述べている¹⁾。

また今回の検討からは，症例 3 や症例 4 で示されたように下壁側の残存虚血の評価には CT-AC 画像も参考にするのが望ましいと考えられる。下壁側の viability の評価に関しても，CT-AC が有用な印象ではあるが，まだ症例数が限られているため今回は viability に関しての検討はしておらず，今後のさらなる検討が必要である。

CT-AC の問題点としては，心尖部から前壁側での過補正が挙げられる。Fricke らはファントム実験によって，CT と SPECT の位置がずれることによって前壁中

隔から心尖部でカウントが低下すると報告している。ファントム上のことではあるが、1pixel (7mm) 位置がずれると心尖部から前壁中隔の低下がかなり顕著になることが示されている。また、臨床症例においても検討しており、約20%でCT-ACによって心尖部または前壁に低下が出現したと報告している²⁾。現在当院で経験した16例においても、視覚的評価のみではあるが、20~25%の症例で心尖部から前壁に過補正が出現している。

まとめ

CT-ACを用いることによって、主に下壁側の特異度を改善できるが、前壁や心尖部での過補正に注意が必要である。また、下壁側の虚血の程度やviabilityの評価にもCT-ACをNC画像と併用して用いることによって、より厳密な評価ができる可能性が示唆される。

現状では、心筋血流の評価には従来のNC像を主体として、CT-ACは下壁の評価に補完的に用いるのがよいと考えられる。

参考文献

- 1) Utsunomiya, D., et al., *Initial experience with X-ray CT based attenuation correction in myocardial perfusion SPECT imaging using a combined SPECT/CT system*. Ann Nucl Med, **19**(6) : 485-9, 2005.
- 2) Fricke, H., et al., *A method to remove artifacts in attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT Introduced by misalignment between emission scan and CT-derived attenuation maps*. J Nucl Med, **45**(10) : 1619-25, 2004.