

■ 心筋 SPECT ソフトウェア紹介 No1. Dyssynchrony を読む

左室 Dyssynchrony を読む : QGS

木曾啓祐

国立循環器病研究センター 放射線部

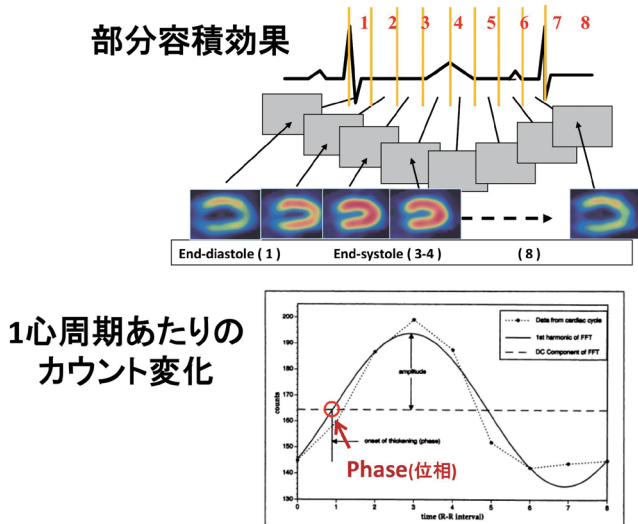
米国の Germano らが心電図同期心筋血流 SPECT の心機能解析ソフトウェア「QGS: Quantitative Gated SPECT」を 1995 年に発表して以来、心筋血流 SPECT による心機能解析は飛躍的に進歩した¹⁾。2007 年には心筋局所の収縮時相を同定し、左室収縮協調不全 (Left ventricular dyssynchrony) を評価できる「位相解析」も搭載され、CRT の適応決定や治療効果判定に対する有用性も報告されている。

今回は、その QGS に搭載されている位相解析法について解説する。

a) 心電図同期心筋血流 SPECT における位相解析の原理:

心筋壁の収縮に伴い、壁厚が増大するとカウントが上昇するという「部分容積効果」(図 1 上)を利用し、一心周期あたりのピクセル毎のカウント変化をフーリエ解析し、収縮の時相 (= 位相) を同定する。収縮の時相としては「収縮開始時

図 1 位相解析法の原理



上段: 部分容積効果 (= 収縮に伴い壁厚が増大するとカウントが上昇する) のシエマ。

下段: ピクセルごとの一心周期あたりのカウント変化を示す。フーリエ近似された曲線が DC component (点線) と交わる点を収縮開始時間 (= 位相) と定義されている。(文献 2 より引用)

間 (onset of mechanical contraction)」を見ている定義される²⁾。(図 1 下)

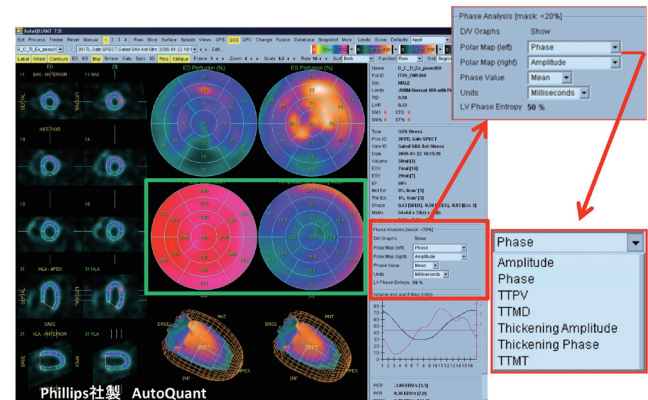
b) 心臓再同期療法 (Cardiac Resynchronization Therapy: CRT) の適応決定:

CRT は慢性重症心不全症例に対する治療法として確立されているが、約 30% の無効例の存在が問題視されている。CRT の治療適応には左室内の dyssynchrony (収縮協調不全) の存在が治療効果予測に有用であることが示され³⁾、これまでは心臓超音波検査の組織ドップラー法が唯一の評価法として用いられてきた。心臓核医学においては、この位相解析による dyssynchrony 評価に有用性が期待されるようになった。

c) 解析ソフトウェア:

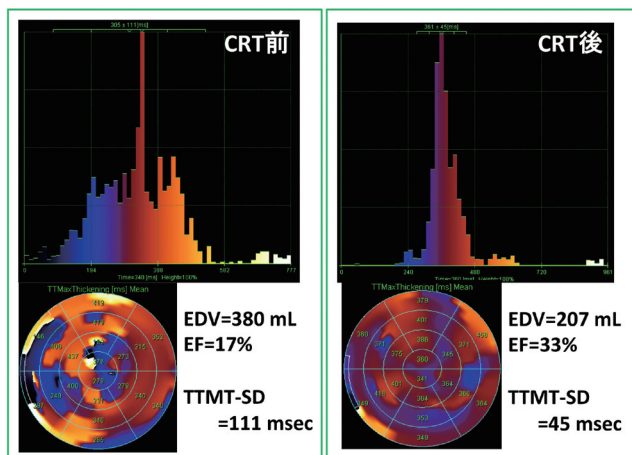
この位相解析は 2005 年に心機能解析ソフトの一つである「Emory Cardiac Toolbox (ECT)」に初めて搭載され、各種指標の欧米人正常値も併せて報告された⁴⁾。また、「Band Width: ヒストグラム上の 95% が含まれる位相幅帯」と「Phase SD: 標準偏差」が組織ドップラー法と非常に相関が高く CRT の有効性予測に有用であることが判明し、この 2 指標については ROC 解析によ

図 2 位相解析画面 (Phillips 社製 AutoQuant)



右欄中断に位相解析操作ウィンドウがあり、解析・表示したい指標や単位を選択できる。その結果が極座標表示中段に表示される (緑枠内)。

図3 CRT 有効例の TTMT



CRT前(左図)ではTTMTヒストグラム上、収縮時相が一心周期あたり広範に分布し、TTMT-SDも111msecと高値を示していることから、収縮時相がばらついていることが示唆される。極座標表示では側壁は中隔と比較して収縮時相が著明に遅れており、LV dyssynchronyが存在することが伺える。一方、CRT後(右図)ではCRT前と比較して心機能は著明に改善し、TTMTヒストグラムにおける収縮時相分布の狭小化とTTMT-SDの著明な減少(45msec)を認め、収縮時相が均一化していることが伺える。極座標表示上も全体的に収縮時相が均一化していることが示されている。

るCRT効果予測のcut off値 (bandwidth=135°、phase SD=43°)も報告された⁵⁾。

d) QGSによる位相解析法：

ECTに遅れて2007年にQGSにも搭載され、ECT同様に組織ドップラー法との比較やCRT効果予測のcut off値が報告された⁶⁾。しかし、そのcut off値 (bandwidth=72.5°、phase SD=19.6°)はECTのそれと大きく乖離しており、その理由は機能解析ソフトウェアにより心筋抽出アルゴリズムが異なることに起因すると考察されている。このように同じdyssynchrony評価でも解析ソフトウェアにより正常値やcut off値が異なることに注意を要する。Phillips社AutoQuantの位相解析画面を図3に示す。

e) 新たな評価指標：

QGSにおいては従来のBand WidthやPhase SD等に加えて新たな評価指標が提唱されている。

(ア) Amplitude：心筋壁運動における振幅

(イ) TTPV (Time to Peak Velocity)：最大収縮速度までの時間

(ウ) TTMD (Time to Max Displacement)：最大変位までの時間

(エ) Thickening Amplitude：心筋壁厚変化における振幅

(オ) Thickening Phase：心筋壁厚変化における位相

(カ) TTMT (Time to Max Thickening)：最大壁厚に至るまでの時間

上記指標に関しての臨床的な有用性についての議論はまだ進んでいないが、我々の検討では上記指標の中で「TTMT」がCRT治療効果予測に有用であることが示唆されている。図3にCRT有効例のTTMTを提示する。治療前後で収縮時相のが均一化に伴い心機能の改善が得られたことが伺える。

〈参考文献〉

- 1) Germano G, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion spect. J Nucl Med. 1995;36:2138-2147
- 2) Cooke CD, et al. Determining the accuracy of calculating systolic wall thickening using a fast fourier transform approximation: A simulation study based on canine and patient data. J Nucl Med. 1994;35:1185-1192
- 3) Bax JJ, et al. Left ventricular dyssynchrony predicts response and prognosis after cardiac resynchronization therapy. J Am Coll Cardiol. 2004;44:1834-1840
- 4) Chen J, et al. Onset of left ventricular mechanical contraction as determined by phase analysis of ecg-gated myocardial perfusion spect imaging: Development of a diagnostic tool for assessment of cardiac mechanical dyssynchrony. J Nucl Cardiol. 2005;12:687-695
- 5) Henneman MM, et al. Can lv dyssynchrony as assessed with phase analysis on gated myocardial perfusion spect predict response to crt? J Nucl Med. 2007;48:1104-1111
- 6) Boogers MM, et al. Quantitative gated spect-derived phase analysis on gated myocardial perfusion spect detects left ventricular dyssynchrony and predicts response to cardiac resynchronization therapy. J Nucl Med. 2009;50:718-725