九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Evaluation of cardiac dyssynchrony with longitudinal strain analysis in 4-chamber cine MR imaging

河窪, 正照

https://hdl.handle.net/2324/1500541

出版情報：九州大学, 2014, 博士（保健学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

KYUSHU UNIVERSITY

氏　　名：河窪 正照

論 文 名：Evaluation of cardiac dyssynchrony with longitudinal strain　analysis in 4-chamber cine MR imaging
（四腔断面の動画 MRI における長軸歪み解析による心臓の非同期性の評価）

区　　分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

四腔断面の動画 MRI における長軸歪み解析による心臓の非同期性の評価

心臓再同期療法（cardiac resynchronization therapy: CRT）は，心臓の機械的同期不全（mechanical dyssynchrony）を呈した心不全患者における有効な治療のひとつである．CRT の適応基準は，New York Heart Association (NYHA)クラスⅢ以上の慢性心不全を呈し，左室駆出率（left ventricular ejection fraction: LVEF) 35%以下，QRS 幅 120 ms 以上とガイドラインで定められているが，適応基準を満たす患者の約 30%に，CRT の効果がないことが報告されている．CRT の効果を予測するために，心臓超音波画像を用いた多くの mechanical dyssynchrony の指標が提案されている．その中でも，ドップラー法による心臓超音波画像を用いた歪み解析は，心筋の収縮の動態を直接的に評価し，mechanical dyssynchrony を評価することが可能である．心臓超音波画像は音響窓や撮像視野の制限を受けるのに対して，磁気共鳴画像（magnetic resonance imaging: MRI）はこれらの制限を受けない．四腔断面の動画 MRI は，10-20 秒間の呼吸停止で，左心室，右心室，左心房，右心房の 1 心周期の動きを描出することができる．したがって，心臓超音波画像における音響窓や撮像視野の制限を受けることなく，歪み解析が可能であると考えられる．本研究では，四腔断面の動画 MRI を用いて，1 心周期における長軸歪み解析により mechanical dyssynchrony を評価し，心不全患者に対する臨床的な有用性を検討した．

本研究は，九州大学医系地区部局 倫理審査委員会の承認を得た．心臓の MRI 検査が施行された 73 名の慢性心不全患者（NYHA クラスⅡ，Ⅲ，Ⅳ，男性 41 名，女性 32 名，年齢 57±15 歳）を対象に後ろ向きに患者のデータを収集した．四腔断面の動画 MRI はすべての患者で撮像された．一方，遅延造影画像（late gadolinium enhancement MRI: LGE-MRI）は 67 名で撮像され，残りの 6 名の患者は腎機能不良により造影剤が使用されなかったため，遅延造影画像は撮像されなかった．MRI システムは Achieva 3.0T TX と，32 チャンネルのフェイズドアレイコイル（Philips 社製）を使用した．動画 MRI 及び LGE-MRI は，心電図同期で 10-20 秒の呼吸停止により撮像した．四腔断面の動画 MRI は steady-state free precession を利用したシーケンスを用いた．撮像断面の設定のために得られた軸位断，冠状断，矢状断の画像

を利用して，四腔断面，短軸断面，長軸断面の動画 MRI をそれぞれ撮像した．撮像条件はすべての動画 MRI において，TR 2.9 ms，TE 1.5 ms，flip angle 45°，スライス厚 8 mm，撮像空間分解能 2.16 × 2.34 mm2 とした．LGE-MRI は，0.2 mmol/kg のガドリニウム造影剤を注入してから 10 分後に，TR 3.9 ms，TE 1.2 ms，flip angle 15°，スライス厚 4 mm，空間分解能 1.32 × 1.79 mm2 で撮像した．LGE-MRI における反転時間の null は過去の報告に倣って設定した．1 心周期を 20 コマで撮像した四腔断面の動画 MRI において，左心室と右心室の自由壁及び心室中隔の長軸方向の長さを，10 年以上の経験のある放射線科医が手動で計測した（**Fig. 1a**）．患者の臨床的な情報は計測者には与えなかった．計測した 1 心周期の長さを，拡張期で計測した長さで正規化し，左心室と右心室の自由壁及び心室中隔，それぞれの歪み曲線を得た（**Fig. 1b**）．左心室内の dyssynchrony の指標（left ventricular dyssynchrony：LVD）は左心室の自由壁と心室中隔の歪みが最小値をとるときの時間の差の絶対値として定義し，心室間の dyssynchrony の指標（interventricular dyssynchrony：IVD）は左右の心室の自由壁の歪みが最小値をとるときの時間の差の絶対値として定義した．73 名の患者を，CRT の適応を満たす群（QRS ≧ 120 ms かつ LVEF ≦ 35%，n = 13）と，適応を満たさない群（n = 60），心筋の損傷のあった群（n = 40）と心筋の損傷のなかった群（n = 27），CRT の治療効果のあった群（n = 8）と治療効果のなかった群（n = 6）にそれぞれ分け，LVD 及び IVD の平均値を 2 群間で比較した．比較にはウィルコクソンの符号付順位和検定を用い，P 値が 0.05 以下で，統計学的な有意差ありとした．

CRT の適応を満たす群の LVD の平均値は，CRT の適応を満たさない群の平均値と比べて，有意に長かった（LVD：92±65 vs. 28±40 ms，P ＜ 0.01）．IVD においては，2 群間において有意な差はなかった（IVD：59±42 vs. 34±38 ms）．CRT の効果があった群の LVD 及び IVD は，CRT の効果がなかった群と比べて有意に長かった（LVD：126±55 vs. 62±55 ms，P ＜ 0.01，IVD：96±39 vs. 52±40 ms，P ＜ 0.05）（**Fig. 2**）．LVD のカットオフ値を 65 ms とすると，CRT の治療効果を正確に予測することができた．心筋の損傷があった群の LVD と IVD は，心筋の損傷がなかった群と比べて有意に長かった（LVD：54±58 vs. 21±30 ms，P ＜ 0.01，IVD：51±39 vs. 23±34 ms，P ＜ 0.01）．

心臓の四腔断面の動画 MRI を用いた長軸歪み解析による mechanical dyssynchrony の評価の臨床的な有用性について検討を行ったところ，本研究では主に以下に示す 3 つのことが実証された；(a) LVD は心不全患者において，CRT の適応を決定し，CRT の治療効果を予測する有用な指標となる．（b）Mechanical dyssynchrony と心筋の損傷には関連がある．（c）四腔断面のシネ MRI を用いた長軸歪み解析による mechanical dyssynchrony の評価は，臨床応用が可能である．

本研究では，心臓の四腔断面の動画 MRI における長軸歪み解析によって，mechanical dyssynchrony を評価することができた．この手法は，mechanical dyssynchrony の評価を目的として，臨床応用が期待できる．

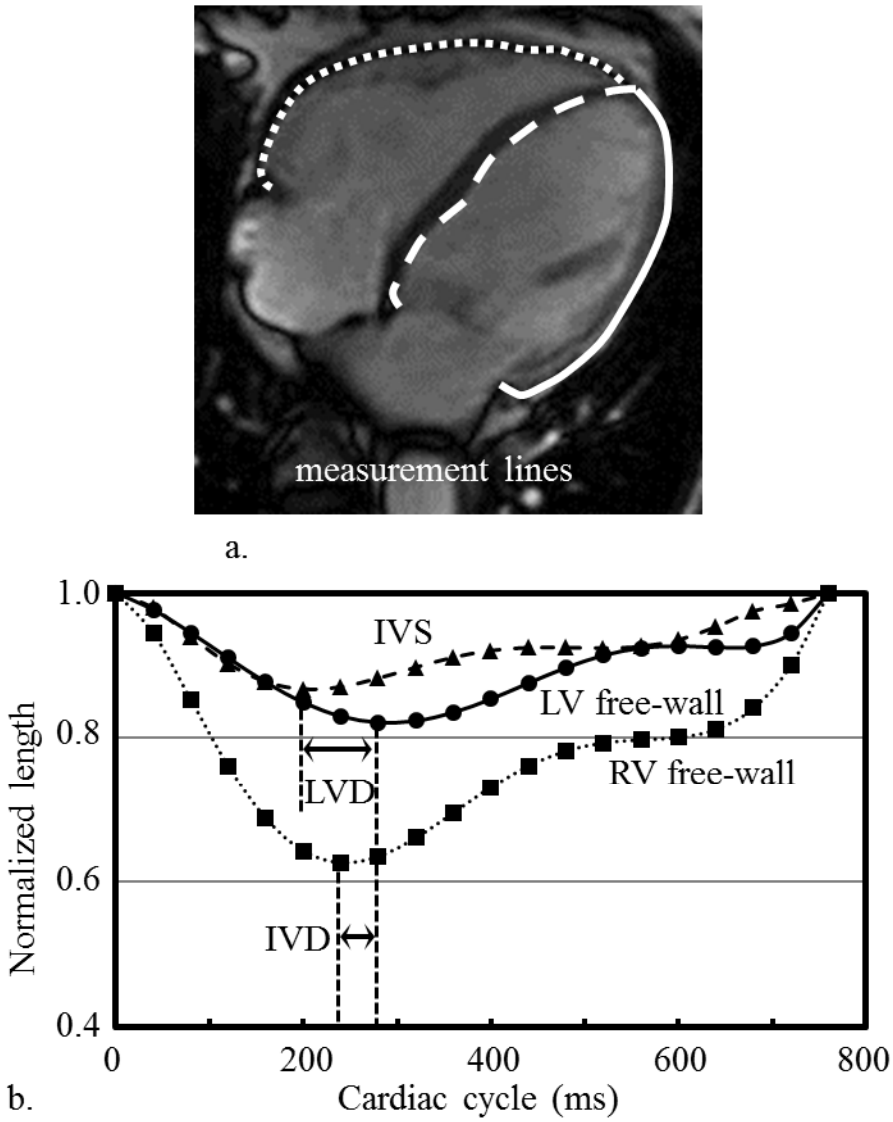

Fig. 1 Definition of LVD and IVD indices (a) The longitudinal lengths of the LV free-wall (solid line), the IVS (dashed line), and the RV free-wall (dotted line) were measured at 20 time points throughout a cardiac cycle on the 4CH cine MR imaging. (b) The longitudinal strain curves were obtained from normalized length of LV, RV free-walls and IVS on the basis of length in the timing of the onset of myocardial contraction. The index of LVD was defined as the difference between the times of the minimum LV free-wall length and IVS length. The index of IVD was defined as the difference between the times of the minimum LV and RV free-wall lengths.

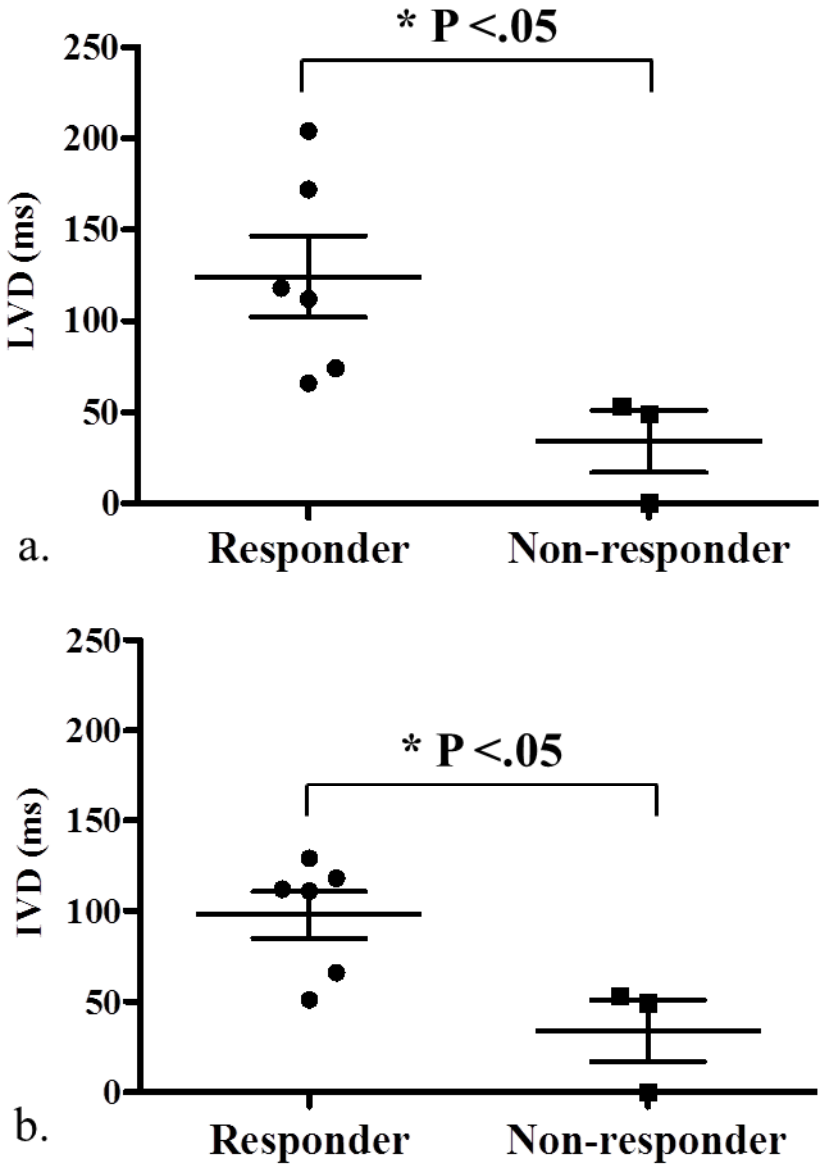

Fig. 2 Scatter plot of LVD and IVD between CRT responder and non-responder (a) There were significantly differences in the LVD between the responders and non-responders. Horizontal long line represents the mean value and the upper and lower short lines the standard error of the mean. The use of the optimal cutoff of LVD ≥65ms differentiated CRT responders from non-responders with a sensitivity and a specificity of 100%. *: *P*<.05 (b) There were significantly differences in the IVD between the responders and non-responders.