力学的根拠に基づいた心機能の画像診断

Diagnostic Imaging for Estimation of Cardiac Function Based on Mechanical Evidence

○正 稲葉忠司 (三重大工) 川崎信吾 (松下記念病院) 松島 秀 (愛知県がんセンター)
正 小畑秀明 (岡山理大) 紀ノ定保臣 (岐阜大医)

Tadashi INABA*, Shingo KAWASAKI, Shigeru MATSUSHIMA, Hideaki OBATA and Yasutomi KINOSADA

*Department of Mechanical Engineering, Mie University, Kurimamachiya 1577, Tsu 514-8507, Japan

Key Words: Magnetic Resonance Tagging Technique, Myocardial Wall Motion, Circumferential Strain, Cardiac Contractility

1. 結 言

心臓は血液循環器系における主要ポンプの役割を果たしており、その生理的役割と運動機能が密接に結び付いた臓器である。それゆえ、心筋壁の収縮運動を力学的観点から評価することは、心機能を解明する上での重要な課題の一つであるとともに、心筋壁運動を記述する力学量は、心疾患の重症度あるいはその治療効果を定量的に把握するための診断指標になり得ると考えられる。このような背景から本研究では、非侵襲的な心筋壁運動計測手法である MRI (磁気共鳴映像装置) の tagging 法を用いて、ヒト心臓左心室の収縮運動を力学的に評価することを試みてきた^{[1][2]}。その中から本報では、この手法を肥大型心筋症、高血圧性心肥大および拡張型心筋症の心疾患患者に適用することにより、各種疾患心における心収縮性を力学的観点から解明することを試みる。

2. 方 法

2・1 撮像対象および撮像方法 本研究では、健康者 10 人 (年齢 21~56 歳)、肥大型心筋症 8 人 (年齢 21~62 歳)、高血圧性心肥大 7 人 (年齢 39~69 歳) および拡張型心筋症 2 人 (年齢 57, 78 歳) を対象に撮像を行った。撮像装置には米国 GE 社製 MRI 装置 SIGNA advantage (静磁場強度=1.5T) を使用し、tagging 法を用いて左心室赤道面での短軸断面像を心電図同期下で多時相連続撮像した。多時相の tag 付加画像は、心電図ゲートの R 波の検出から 20ms 後の画像を 1 枚めとして、その後 25ms 間隔で連続的に撮像される。そのため、1 枚めの画像の心時相はほぼ拡張末期に対応する。

2・2 解析方法 本研究では、心筋壁内に付加された tag の交点を心時相を通じて連続的に追跡することにより、心収縮期における心筋壁のひずみを算出した。具体的には、隣接する 3 つの tag 交点により構成される三角形領域を一つの解析領域とし、左心室内腔中心を原点とする極座標系における半径方向ひずみ成分 E_{rr} 、せん断ひずみ成分 $E_{r\theta}$ および円周方向ひずみ成分 $E_{\theta\theta}$ を算出した^[1]。

3. 結果および考察

既報^[1]で示したように、健康者では、短軸断面内において心筋は半径方向に伸張し、円周方向に支配的に収縮する。したがって、心筋の収縮特性を評価する上で、円周方向ひずみは極めて重要な力学量であると考えられる。Fig. 1 に、健康者 (normal)、肥大型心筋症 (HCM)、高血圧性心肥大 (HHD) および拡張型心筋症 (DCM) の収縮末期における円周方向ひずみの分布を示す。同図から、円周方向ひずみの大きさは、高血圧性心肥大では健康者と同程度であるのに対し、肥大型心筋症では局所的 (本症例では前壁部) に減少していることがわかった。このことから、同じ心筋壁肥大を伴う疾患でも、心筋症による肥大大心と高血圧による肥大大心とは心収縮性がまったく異なり、肥大型心筋症は心収縮性の低下を伴う疾患であると考えられる。また、拡張型心筋症では、円周方向ひずみ値が局所的 (本症例では中隔部) に正值を示すこと、すなわち、本来この時相において収縮すべき心筋が伸張していることがわかった。このことから、拡張型心筋症は、重度の心収縮性低下を伴う疾患であると考えられる。

文 献

- [1] 稲葉・ほか, 生体医工学, **40-1** (2002), 20-27.
- [2] 稲葉・ほか, 機論, **71-711, A** (2005), 1595-1601.

Fig. 1 Typical examples of distribution of circumferential strain at end systole