

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (医 学) 氏名 村井 大輔

学 位 論 文 題 名

Studies on the relationships of left ventricular strain and strain rate to wall stress
(左室壁応力と心筋ストレインおよびストレインレートとの関係に関する研究)

【背景と目的】

二次元スペックルトラッキングエコー (STE) 法による心筋ストレインは心筋の収縮率を評価することが可能であり、ピークストレインは心筋の最大短縮率を表す。また、ストレインレートは心筋の伸縮速度であり、収縮期ピークストレインレートは収縮期の最大短縮速度を表す。これらの STE 法による定量指標は、種々の心疾患の心筋短縮能評価に用いられている。一方で、ストレインやストレインレートは後負荷である左室壁応力に依存するが、壁応力の影響が考慮されることは稀である。壁応力とこれらの STE 指標との関係は明らかでなく、ストレインとストレインレートの後負荷依存性の差も明らかでない。我々は、若年健常者における壁応力とストレインとの関係、壁応力とストレインレートとの関係を、長軸方向と円周方向で検討した。さらに、ストレインとストレインレートの後負荷依存性を比較した。

【対象と方法】

健常成人ボランティア 41 名を対象とした。安静時とハンドグリップ運動負荷中に、経胸壁心エコー検査を行った。ハンドグリップ負荷は最大握力の 50% の強度の負荷量を用い 4 分間繰り返させた。血圧と心拍数を 1 分毎に計測し、心エコー検査を安静時と負荷開始 2 分後に記録した。血圧、左室収縮末期径、収縮末期平均壁厚から、子午線方向すなわち長軸方向壁応力 (MWS)、層別の円周方向壁応力 (CWS) を算出した。STE 指標は、長軸方向ピークグローバルストレイン (LS) と長軸方向収縮期ピークグローバルストレインレート (LSR)、層別の円周方向ピークグローバルストレイン (CS) と円周方向収縮期ピークグローバルストレインレート (CSR) を計測した。

【結果】

安静時の MWS と LS の間には有意な負の線形相関を認めた。外層を除き内層と中層の CS は CWS と有意に相関した。MWS と LSR、CWS と CSR の間には有意な相関を認めなかった。負荷中の結果も同様であった。比較的幅広い範囲での壁応力と STE 指標の関係を検討するために、負荷により左室収縮性が変化していないことを確認した上で、安静時と負荷中の全ポイントを用いて回帰分析を行った。その結果、長軸方向、円周方向ともに、全ポイントでの壁応力とストレイン、および壁応力とストレインレートとの間に有意な負の線形相関を認めた。また個々の対象で、壁応力とストレイン、壁応力とストレインレートの散布図上で安静時と負荷中の 2 点間の傾きを

求めたところ、傾きの値はほぼ一定であり、さらに個々の対象から得られた傾きの平均と全ポイントでの回帰直線の傾きはほぼ一致した。

ハンドグリップ負荷による 18mmHg の収縮期血圧の上昇に伴い、壁応力は有意に上昇し、ストレインやストレインレートは有意に低下した。負荷によるストレインとストレインレートの変化率の絶対値を比較したところ、LS の変化率の絶対値は LSR に比し有意に大きかった ($p < 0.05$)。内層と中層の CS と CSR の変化率の絶対値に有意差は認めなかった (内層: $p = 0.13$ 、中層: $p = 0.055$)。外層では、CS の変化率は CSR に比し小さかった ($p < 0.05$)。壁応力 - ストレイン関係の相関係数と、壁応力 - ストレインレート関係の相関係数を比較したところ、LS は LSR より MWS と良好に相関した (LS: $r = -0.53$, $p < 0.01$ vs. LSR: $r = -0.28$, $p < 0.05$; $p < 0.05$)。内層の CS も CSR より CWS と良好に相関した (内層 CS: $r = -0.72$, $p < 0.01$ vs. 内層 CSR: $r = 0.47$, $p < 0.01$; $p < 0.05$)。中層 (中層 CS: $r = -0.57$, $p < 0.01$ vs. 中層 CSR: $r = -0.46$, $p < 0.01$; $p = 0.36$)、外層 (外層 CS: $r = -0.33$, $p < 0.01$ vs. 外層 CSR: $r = -0.20$, $p < 0.01$; $p = 0.74$) では、有意ではなかったが CS のほうが CSR より相関係数の絶対値は大きい傾向であった。一方、ストレインとストレインレートの計測の再現性はほぼ同程度であった。

【考察】

若年健常者において、長軸方向、円周方向ともに、左室壁応力と心筋ストレイン、壁応力とストレインレートとの間に、有意な負の線形相関関係が成り立つことを示すことができた。また、負荷により引き起こされた STE 指標の変化率は、個々の対象でほとんど差がなく、若年健常者では STE 指標の後負荷依存性に大きな差がないことが示唆された。安静の状態からハンドグリップ負荷のような低強度の運動負荷で得られるわずかな血圧上昇までを生理的状态とすると、生理的反応による壁応力の変動範囲や心筋ストレインやストレインレートの変動範囲は、相当に大きく、STE 法を用いて左室短縮機能を評価する際に、壁応力の影響は無視できないと考えられた。最後に、ストレインはストレインレートより良好に壁応力と相関し、一方で、ストレインとストレインレートの計測の再現性はほぼ同程度であった。このことから、ストレインの後負荷依存性はストレインレートより大きいと考えられた。

【結論】

若年健常者において、左室壁応力と心筋ストレインやストレインレートとの間には、有意な負の線形相関関係がみられた。STE 法によるストレインは、わずかな血圧上昇に伴い大きく変動するため、心筋短縮能の評価にあたっては壁応力を考慮して STE 指標を用いるべきであると考えられる。