

## ドプラ心エコー法による冠微小循環の評価 (分担研究：川崎病サーベイランスとその解析に関する研究) 分担研究報告書

分担研究者

原田研介 鮎沢 衛 唐沢賢祐

能登信孝 山口英夫

【要約】我々は最近の画像分解能に優れた断層心エコー装置を用いて、心筋内冠小動脈の血流を可視化し、さらに血流の定量化から冠予備能の測定が可能かどうか検討した。冠動脈に後遺症を有しない川崎病既往児25例(年齢1~8歳、平均3.3歳)を対象とし、断層心エコー装置の5.0-7.5MHzのプロープを使用し、僧帽弁レベル左室短軸断面を描出した。この断面で得られる測定深度の浅い心外膜側心筋をtargetとし、カラードプラ法で冠小動脈血流を検索した。カラードプラ法で得られた血流情報はパルスドプラ法またはカラードプラ法のColor Velocity表示で血流速度の定量解析を行った。さらに良好な血流情報が得られた例にはATP負荷(160mcg/kg/min 6分静注)を行い、冠拡充時最大流速/安静時最大流速の比を冠予備能として計測した。左室短軸断面上、カラードプラ法により左冠動脈のSegment 6,7(1SB:1st septal branch)と右冠動脈Segment 2(RVB:RV branch)が心外膜より心筋内へ灌流する冠小動脈の血流を1SB、RVBそれぞれ25/25例(100%)、18/25例(72%)に検出できた。パルスドプラ法で冠小動脈は拡張期にピークを有し、最大血流速度20-40cm/秒の波形を1SB、RVBそれぞれ23/25例(92%)、15/25例(60%)に定量評価できた。また顕著な心拍動のためパルスドプラ法での定量が困難な5例全例で、Color Velocity表示での平均流速の測定が静止画像で可能であった。さらにATP負荷による1SBの冠予備能は12例に評価でき、その平均値は $2.8 \pm 0.4$ であった。本法により比較的良好に心筋内冠血流情報を検出でき、小児例においても十分に定量評価を行えることが判明した。非侵襲的な冠微小循環の評価は、今後冠予備能を含めた冠循環の統合的な解析に不可欠な情報を提供すると予想される。

【見出し語】川崎病、冠微小循環、ドプラ心エコー法

### 【研究目的】

川崎病による冠動脈障害の診断方法としては選択的冠動脈造影が一般的である。しかし冠小動脈以下の冠動脈血管を冠動脈造影検査で評価することは不可能である。最近、画像分解能

に優れた断層心エコー法の開発により心筋内冠小動脈、静脈の描出が可能となった。我々はこの手法を用いて冠微小循環の評価を川崎病既往児に施行し、冠小動脈血流の定量評価と非侵襲的な冠予備能測定の可能性について検討した。

## 【研究方法】

対象は冠動脈に後遺症を有しない川崎病既往児25例(年齢1~8歳, 平均3.3歳, 男17例女8例)である。断層心エコー装置(SSA-380A Toshiba)の7.5または5.0MHzの探触子を使用し、パルス繰り返し周波数6.0-6.5KHz、フィルターは400-440Hzを使用し、経胸壁より探触子に近い左室心筋内の冠小動脈血流の検出を試みた。描出断面は原則的に左室短軸断面とした。僧帽弁レベル左室短軸断面で、左前下行枝Segment 6-7と右冠動脈Segment 2の点状のカラー信号を検出し、このカラー信号を長軸方向に追うことにより、線上のカラー信号から1st septal branchおよびRV branchの冠小動脈であることを拡張期優位の血流信号の出現より確認した。この2つの測定部位におけるカラードプラモードでの冠小動脈の検出、パルスドプラモードでの定量解析を試みた。また冠小動脈血流カラー信号を静止画像の色階調で評価できるColor velocity表示を用いて平均流速の測定を行った。さらに冠拡張剤であるATP (160mcg/kg/min 6分)を末梢静脈から負荷し、血管拡充時最大流速/安静時最大流速比を冠予備能(Coronary Flow Reserve)とした。

## 【結果】

今回の川崎病既往例での検討では、カラードプラ法により左冠動脈のSegment 6,7(1SB:1st septal branch)と右冠動脈Segment 2(RVB:RV branch)が心外膜より心筋内へ灌流する冠小動脈の血流を1SB、RVBそれぞれ25/25例(100%)、18/25例(72%)に検出できた。パルスドプラ法では冠小動脈は拡張期にピークを有し、最大血流速度20-40cm/秒の波形を1SBでは23/25例(92%)と比較的高率に検出できたが、RV branchは15/25例(60%)に定量評価でき、検出困難な

例も存在した。さらに1st septal branchでATP負荷が施行できた10例の冠予備能は $2.8 \pm 0.4$ であった。パルスドプラにより冠予備能を計測した5例では、顕著な心拍動のためサンプルボリュームの固定が困難であった。この様な例では静止画像のColor velocity表示を用いて全例で容易に平均流速の測定を行うことができた。

## 【考案】

心臓は全身の臓器に血液を供給している一方、安静時にその5-10%の血液を冠循環に供給している。他の臓器と異なり、冠循環は収縮と拡張を繰り返す心筋を灌流するという特殊性がある。冠動脈はその径より直径1mmから100 $\mu$ mまでの冠血管を冠小動脈、100 $\mu$ m以下の冠血管を冠細動脈と定義されている。残念ながら、0.2mm(200 $\mu$ m)以下の冠微小血管は冠動脈造影上評価することができなかつたが、最近になり生体顕微鏡を用いた冠微小循環の血流動態の検討が始まった。これらの検討によると、冠動脈血流は左室では拡張期優位、冠静脈は逆に収縮期優位に灌流し、動静脈間に位相の逆転が認められた。また心内膜側の冠細動脈および細静脈は、収縮末期の血管径が拡張末期のそれより約20%減少した。一方、心外膜側冠細動脈径は心周期を通じてほぼ不変で、細静脈は心内膜側とは逆に収縮期が拡張期に比べ約20%増加するという血管特性を有していた。冠血管抵抗の約60%以上がこれら冠細動脈に存在することが判明し、冠微小循環の重要性が改めて強調される様になった。

我々はこれら冠微小循環の血管特性から、心外膜側冠小動脈の流側の変化から冠予備能を測定することを試みた。血管拡充時最大流速/安静時最大流速比は心外膜側冠小動脈径に変化がなければ、理論的には血流量比を表わすものと

考えられる。左冠動脈末梢の 1st septal branch での冠予備能の測定は極めて容易に施行できた。またこの方法で測定した冠予備能値は、冠動脈内ワイヤードプラ法で測定した小児例での冠予備能値と極めて近似した結果であった<sup>2)</sup>。一方、RV branchは本来が測定深度の深い部分であり、本研究の測定限界を示すものと考えられた。

以上の様に冠微小循環血流の評価は、今後冠予備能を含めた機能的な冠循環の解析に極めて重要な情報を提供すると思われる。本法により、形態診断だけではできない冠疾患の機能的な重症度評価を非侵襲的に行なうことができ、今後冠疾患の侵襲的検査の省略が益々加速すると予想される。

#### 【参考文献】

- 1) Kajiya F, Matsuoka S, et al. : Velocity profile and phasic flow pattern in the non-stenotic human left anterior descending coronary during cardiac surgery. *Cardiovasc Res*, 27 : 845, 1993.
- 2) Marcus ML, Wright C, Doty D, et al. : Measurement of coronary velocity and reactive hyperemia in the coronary circulation of humans. *Cir Res* 49 : 877-90, 1981.



## 検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



【要約】我々は最近の画像分解能に優れた断層心エコー装置を用いて、心筋内冠小動脈の血流を可視化し、さらに血流の定量化から冠予備能の測定が可能かどうか検討した。冠動脈に後遺症を有しない川崎病既往児 25 例(年齢 1~8 歳、平均 3.3 歳)を対象とし、断層心エコー装置の 5.0-7.5MHz のプローブを使用し、僧帽弁レベル左室短軸断面を描出した。この断面で得られる測定深度の浅い心外膜側心筋を target とし、カラードプラ法で冠小動脈血流を検索した。カラードプラ法で得られた血流情報はパルスドプラ法またはカラードプラ法の Color Velocity 表示で血流速度の定量解析を行った。さらに良好な血流情報が得られた例には ATP 負荷(160mcg/kg/min6 分静注)を行い、冠拡充時最大流速/安静時最大流速の比を冠予備能として計測した。左室短軸断面上、カラードプラ法により左冠動脈の Segment 6,7(1SB:1st septal branch)と右冠動脈 Segment 2(RVB:RV branch)が心外膜より心筋内へ灌流する冠小動脈の血流を 1SB、RVB それぞれ 25/25 例(100%)、18/25 例(72%)に検出できた。パルスドプラ法で冠小動脈は拡張期にピークを有し、最大血流速度 20-40cm/秒の波形を 1SB、RVB それぞれ 23/25 例(92%)、15/25 例(60%)に定量評価できた。また顕著な心拍動のためパルスドプラ法での定量が困難な 5 例全例で、Color Velocity 表示での平均流速の測定が静止画像で可能であった。さらに ATP 負荷による 1SB の冠予備能は 12 例に評価でき、その平均値は  $2.8 \pm 0.4$  であった。本法により比較的良好に心筋内冠血流情報を検出でき、小児例においても十分に定量評価を行えることが判明した。非侵襲的な冠微小循環の評価は、今後冠予備能を含めた冠循環の統合的な解析に不可欠な情報を提供すると予想される。