

経胸壁エコーによる冠動脈血流計測

大阪医科大学小児科

片山 博視

中畑らは、側副血行の発達したBland White Garland (BWG) 症候群の年長児の1例に対し、経胸壁エコーで冠血流の観察、冠血流予備能の測定を行った。

この論文に関して、「1. 経胸壁エコーによる冠動脈血流計測の現状と問題点」、「2. BWG症候群における冠動脈血流」について文献的考察を中心にコメントしたい。

1. 経胸壁エコーによる冠動脈血流計測の現状と問題点

冠動脈血流の計測は心筋虚血に関する非常に重要な情報をもたらす、特に内科領域では多くの施設で実際の臨床の現場で行われている。しかし現状では観血的検査が必要であり、より侵襲度の低い検査での計測が試みられてきた。

経胸壁エコーによる冠動脈血流の計測の試みは以前よりなされており、成人においては1987年にFusejima¹⁾が報告している。彼らは左室長軸断面からの展開で前室間溝を描出して左冠動脈前下行枝中央部の血流を測定した。その後も同様の報告は散見されるが、近年の超音波診断装置の進歩、特に低速血流におけるS/N比の改善などに伴って成人領域では冠血流の検出、測定が実用化するレベルにまで達しつつある。Hozumiら²⁾はFusejimaと同様のアプローチで前下行枝の中央部～末梢部の血流をとらえ、その冠血流予備能をドブラフローワイヤーでの計測値と比較し、良好な相関を認めたと報告している。

小児でも青墳ら³⁾、寺井ら⁴⁾が1991年に報告して以来、幾つかの報告⁵⁻¹⁰⁾がなされている。前下行枝の冠血流所見として、『冠動脈血流は年長児より新生児、年少児例でより検出しやすい』^{3, 4)}、『心機能低下例で拡張期血流の立ち上がりの加速が低下している』⁵⁾、『左室負荷症例の左冠動脈血流量は正常児より増加しており左室心筋重量と比例する』^{6, 7)}、『新生児の大動脈弁狭窄症の前下行枝で収縮期に逆流性の血流を認めた。これは左室容圧負荷に伴う収縮期の心筋内圧上昇による心筋内冠血管の圧迫を反映したものと考えられる』⁸⁾などの報告が見受けられる。一方、右冠動脈血流所見の報告としては、『拡張期最大流速は年齢とともに低下する』⁹⁾、『右室肥大症例で冠動脈血流の検出率が上がる』⁶⁾等の報告がある。またNotoら¹⁰⁾は川崎病罹患児の前下行枝のfirst septal branchの冠動脈血流を計測し、ATP負荷により冠血流予備能の測定を行っている。

しかしこの方法は以下のような問題点、限界がある。

- 1) 収縮期血流の検出が困難である。
- 2) 回旋枝、右冠動脈の血流の検出が困難である。

小児は成人より冠動脈の描出が容易である反面、対象血管の心拍動に伴う位置変動が大きい。このことは全心周期を通しての血流の検出を困難にしている。成人での報告では収縮期血流も比較的明瞭にとらえられているのに対し、小児における収縮期血流の検出率は低い。この血管の位置変動の影響を軽減するためには、対象血管の走行と血管の位置変動の方向が一致するような部位にサンプルポイントを設定しなければならない。また右冠動脈では左冠動脈前下行枝に比べ血流に対する超音波ビームの入射角が大きくなり、冠血流の検出が困難である。小児における報告の多く^{3, 6-9)}は大動脈起始部短軸断面からのアプローチで行われているが、寺井ら^{4, 5)}はFusejimaのアプローチは小児では血管の位置変動が大きいとしており、左室長軸断面から探触子を回転させた断面から左冠動脈前下行枝近位部の血流を計測している。中畑論文でも独自のアプローチを用い、右冠動脈血流の検出率を高める工夫がされている。

2. BWG症候群における冠動脈血流

BWG症候群では胎児期には肺動脈圧も酸素飽和度も大動脈とほとんど変わりなく、左冠動脈血流は肺動脈より供給され虚血症状は生じない。出生後、肺動脈の酸素飽和度が低下し、さらに生理的肺高血圧が消失するにつれ、肺動脈から左冠動脈への灌流が低下し、左冠動脈領域の虚血が顕在化し重篤な心不全症状が出現する。一方、一部の側副血行の発達したBWG症候群では心筋虚血の症状は軽く長期生存例も認められるが、coronary steal現象も加わり、

遠隔期の運動時の虚血，突然死が問題となってくる¹¹⁾。本症候群の冠血流動態には，側副血行の発達程度，肺動脈圧などの要因に加え，左冠動脈領域の虚血に伴う局所心筋内圧の変化も影響を与えられ，非常に複雑であり，冠動脈血流の計測，分析は重要である。

通常の冠動脈では上述のように経胸壁エコーによる右冠動脈や収縮期の血流の検出は非常に困難であるが，側副血行の発達した年長児や成人のBWG症候群や冠動脈瘤では冠動脈の拡張が著明となり血流の検出が容易となる。Takeshitaら¹²⁾は右冠動脈で収縮期優位の，油田ら¹³⁾は術前の心室中隔内の冠動脈で拡張期優位の2峰性の血流を測定している。さらに彼らは術後の残存短絡を冠血流パターンで推測できると報告している。いずれも成人例の報告で，中畑論文と同様，冠動脈血流は加速しており，発達した側副血行を介したシャントの存在がうかがわれる。中畑論文ではdipyridamole負荷，運動負荷のいずれにおいても冠血流予備能が低下しており，酸素需要に見合った血流の増加が見られなかったと報告している。中畑論文での右冠動脈の冠血流予備能は右後下行動脈で測定されており，右冠動脈灌流領域全体の予備能を反映しているものではない。しかし前述のように右冠動脈血流の検出は非常に困難であり，本方法の限界をも示している。このような問題点はあるもののBWG症候群における冠血流予備能の非侵襲的測定は，このような遠隔期の虚血，突然死の問題の解明に大きく寄与し得る可能性があり，その意義は高いと考えられる。

今後の展望

レボピストをはじめとするコントラスト剤はドプラ信号を増強させ冠血流の検出により容易にする。さらにharmonic modeはドプラ信号のS/N比を改善し，より明瞭な血流情報の検出が可能となる。近年の目覚ましい超音波診断装置の進歩とともに，これらの新手法は経胸壁エコーの冠動脈血流計測，および冠血流予備能の測定は実用化のレベルに近づくであろう¹⁴⁾。

【参考文献】

- 1) Fusejima K: Noninvasive measurement of coronary artery blood flow using combined two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10: 1024-1031
- 2) Hozumi T, Yoshida K, Akasaka T, Asami Y, Ogata Y, Takagi T, Kaji S, Kawamoto T, Ueda Y, Morioka S: Noninvasive assessment of coronary flow velocity and coronary flow velocity reserve in the anterior descending coronary artery by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 1251-1259
- 3) 青墳裕之，丹羽公一郎：小児における経胸壁パルスドプラエコーによる冠動脈血流検出について。日児誌 1991；95：97-104
- 4) 寺井 勝，小穴慎二，松永 保，佐藤純一，新美仁男：ドプラ心エコー法を用いた左冠動脈血流の検出方法の研究 - 新生児症例について - 。日小循環誌 1991；6：492-496
- 5) 寺井 勝，岡嶋良知，川副泰隆，新美仁男：経胸壁カラードプラ法による左冠動脈前下行枝血流検出に関する研究。日児誌 1992；96：287-292
- 6) Jureidini SB, Marino CJ, Waterman B, Rao S, Balfour IC, Chen S, Nouri S: Transthoracic Doppler echocardiography of normally originating coronary arteries in children. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 409-420
- 7) Harada K, Tamura M, Yasuoka K: Coronary blood flow assessed by transthoracic echocardiography. *Pediatr Cardiol* 2001; 22: 189-193
- 8) Oskarsson G, Pesonen E: Coronary flow abnormalities in neonates with aortic stenosis. *J Pediatr* 2000; 137: 875-877
- 9) Harada K, Orino T, Hironaka C, Takahashi Y, Takada G: Coronary blood flow velocity in normal infants and young adults assessed by transthoracic echocardiography. *Am J Cardiol* 1999; 83: 1583-1585
- 10) Noto N, Karasawa K, Ayusawa M, Misawa M, Sumitomo N, Okada T, Harada K: Measurement of coronary flow reserve in children by transthoracic Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1997; 80: 1638-1639
- 11) Matherne GP: Congenital anomalies of the coronary vessels and the aortic root, in Allen HD, et al (eds): *Moss and Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents: including the fetus and young adult*. (6th edition) Philadelphia, Lippincott William & Wilkins, 2001, pp675-689
- 12) Takeshita S, Yamaguchi T, Kuwako K, Isshiki T: Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery: Direct assessment of anomalous and collateral coronary flow by pulsed Doppler echocardiography. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1992; 27: 220-222
- 13) 湯田 聡，中谷 敏，幸山佳津美，浅岡伸光，塚田孝法，田中教雄，増田喜一，山岸正和，宮武邦夫：Bland-White-Garland 症候群の心筋内冠血流：パルス・ドプラー法による根治術前後の変化の検討。J Cardiol 1997；30：273-280
- 14) Caiati C, Montaldo C, Zedda N, Bina A, Illiceto S: New noninvasive method for coronary flow reserve assessment: Contrast-enhanced transthoracic second harmonic echo Doppler. *Circulation* 1999; 99: 771-778