

■ 特集 -2 虚血の評価と治療

FFR を用いた心筋虚血の評価

Fractional Flow Reserve (FFR) for the assessment of myocardial ischemia

田中信大

Nobuhiro Tanaka

東京医科大学 循環器内科

Department of Cardiology, Tokyo Medical University

1. FFR の概念

FFR とは圧センサー付きガイドワイヤー (pressure guidewire) を用いて冠動脈狭窄の遠位部圧を計測し、最大充血状態 (抵抗血管を最大拡張した状態) での病変部圧較差から重症度評価を行うものである。狭窄のない正常冠動脈では心筋外血管に抵抗、すなわち圧較差は存在しないため、その心筋灌流圧は (Pa-Pv) となり (Pa: 大動脈圧、Pv: 中心静脈圧)、細小動脈血管抵抗を R とすると、正常最大心筋灌流量 $Q_{N, \max} = (Pa-Pv)/R$ で表わされる。狭窄が存在すると狭窄遠位部圧 (Pd) は低下し、その際の心筋灌流圧は (Pd-Pv) となるため、狭窄存在下の最大心筋灌流量 $Q_{S, \max} = (Pd-Pv)/R$ となる。FFR は次のように定義される。

$$FFR = \text{狭窄存在下の最大心筋灌流量} / \text{正常最大心筋灌流量} = Q_{S, \max} / Q_{N, \max}$$

抵抗血管を最大拡張の状態とするとその抵抗値 R は最小となり、また一定となる。Pa、Pd に対し Pv が十分低いと仮定すると、

$$FFR = Q_{S, \max} / Q_{N, \max} = (Pd-Pv) / (Pa-Pv) \approx Pd / Pa$$

正常血管である場合の FFR = 1.0 であり、FFR が 0.75 に低下しているということは、その血管が正常であった場合に得られる最大血流量の 75% の血液を供給するということを意味する。

2. FFR と非侵襲的負荷試験の関係

非侵襲的な負荷試験 (負荷心筋シンチグラム、負荷心エコー図、運動負荷心電図) における虚血所見と FFR 値の関係を検討した結果、FFR 0.75 が虚血出現の閾値として報告された¹⁾。FFR 0.75 未満であるということは、非侵襲的負荷試験によって虚血が誘発される狭窄であることを示し、すなわち PCI の適応となりうる病変であることを意味する。

DEFER study において、FFR を用いて PCI の適応を決定することの妥当性が検討された²⁾。FFR \geq 0.75 でステント治療を回避した症例の予後は良好で、心臓

死や心筋梗塞の発生率は年間 1% に満たず、ステント治療を行ってもそれ以上改善することはなかった。このステントを回避した中等度狭窄を有する症例群の予後は、心筋シンチグラムが陰性であった予後良好と考えられる群のイベント発生率³⁾と同程度であり、“FFR \geq 0.75” は“心筋シンチグラム陰性”と予後予測に関する意義は同等と考えられた。

FAME study では、多枝病変患者における FFR ガイドの PCI 手技の有用性について検討された⁴⁾。血管造影所見のみで適応を決定し PCI を施行した群に比して、全病変の FFR 評価を行い、FFR 0.80 未満の病変についてのみ PCI を施行した群の方が、心イベント数のみでなく医療費も抑制すると報告された。また解剖学的な重症度指標である SYNTAX score を、FFR 値を勘案して有意な病変に対してスコア化する Functional SYNTAX score は、より治療後のイベント発生を予測することに有用であった⁵⁾。非侵襲的負荷試験と比べ、個々の病変枝ごとの虚血の有無を判定できる FFR は、実臨床における PCI の治療戦略を立てる上で、非常に有用な情報を与えてくれる指標といえる。

3. FFR 値の意義

FFR 値は、単に虚血の有無を判定するだけでなく、その値自体が虚血の強さを反映することが報告されている。FFR 値は、運動負荷心電図の ST 低下の程度と相関し⁶⁾、また負荷心筋シンチグラムの reversibility score と相関する⁷⁾。不安定狭心症、特に新規発症の狭心症では、FFR 値が特に低値を呈することが知られており、側副血行路の発達も加味した心筋虚血の強さを表していると考えられている⁸⁾。

その一方で、その狭窄により虚血にさらされる灌流領域の広さ自体の情報は表わさない。灌流領域の広さに応じて、同程度の解剖学的重症度であっても虚血の強さが異なることは、FFR を計測することにより評

価可能である。しかしその虚血心筋が、全心筋量に対してどの程度の割合を占めるかは、FFR 値からは知ることができない。その意味で、負荷心筋シンチグラムにより、虚血領域の広さ自体を評価することは、FFR と役割を補完し合い、重要な意味を持つ。

それぞれの検査の持つ特徴を理解し、症例ごとの使い分けをすることが、個々の検査法を活かすうえで非常に重要と考えられる。

〈参考文献〉

- 1) Pijls NHJ, et al.: Measurement of fractional flow reserve to assess the functional severity of coronary artery stenoses. *N Engl J Med* 1996; 334: 1703-1708.
- 2) Pijls NHJ, et al.: Percutaneous coronary intervention of functional nonsignificant stenosis: 5 year follow up of the DEFER study. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 2105-2111.
- 3) Shaw LJ, et al.: Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 2004; 11: 171-185.
- 4) Tonino PAL, et al.: Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 2009; 360: 213-224.
- 5) Nam CW, et al.: Functional SYNTAX score for risk assessment in multivessel coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 1211-1218.
- 6) De Bruyne B, et al.: Relation Between Myocardial Fractional Flow Reserve Calculated From Coronary Pressure Measurements and Exercise-Induced Myocardial Ischemia. *Circulation* 1995; 92: 39-46.
- 7) Yanagisawa H, et al.: Correlation between Thallium-201 myocardial perfusion defects and the functional severity of coronary artery stenosis as assessed by pressure-derived myocardial fractional flow reserve. *Circ J* 2002; 66: 1105-1109.
- 8) 田中信大 (編) . FFR プラクティカルガイド : 冠内圧測定によるインターベンションの実際 . 中山書店, 2007 年