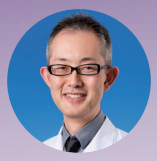
Boston Scientific
Advancing science for life™

CVIT2019 第28回日本心血管インターベンション治療学会 コーヒーブレイクセミナー8
日時：2019年9月20日（金）

あなたは正しく計れていますか？ FFR/Resting Index測定の注意点



東京医科大学八王子医療センター 副院長／循環器内科科長／教授
田中 信大 先生
本邦における虚血評価・研究の第一人者。日本循環器学会循環器専門医、日本心血管インターベンション治療学会理事／専門医／指導医などを務める。

虚血評価指標としてのFFR/Resting Indexの臨床的意義

冠動脈造影所見が非侵襲的負荷検査の結果や自覚症状の臨床所見と相反する結果を示す場合、冠動脈の機能的狭窄度すなわち心筋虚血の程度を正確に評価することが重要となる。主要な評価指標として、冠血流予備量比（FFR）があり、その測定値に基づいて経皮的冠動脈インターベンション（PCI）の適応判断が行われる。FFRのほかにも、近年では安静時指標（Resting Index）も使用が増えつつある。Resting IndexであるiFR※は、虚血の判定に関してFFRとの一致率が高く、PCI適応判断指標としての有用性をFFRと比較した試験で、主要イベントの発現リスクが非劣性であった[1]。国内のガイドライン[2]は、2018年にiFRを冠動脈病変の血行動態の評価指標としてFFRと並んでクラスI†とした（エビデンスレベルA‡）。現在、PCIの適応閾値としてFFR 0.80、Resting Index 0.89が用いられている[1,3]。いずれの指標も、圧センサを搭載したガイドワイヤ（PGW）をガイディングカテーテル（GC）に通し、対象病変のできる限り遠位側（far distal）まで進めて測定される血管内圧より算出される（図1）。FFR/Resting Index値の正確な測定には測定機器の適切な設定・使用が重要であり、また、対象病変の位置や特徴によって注意点がある。

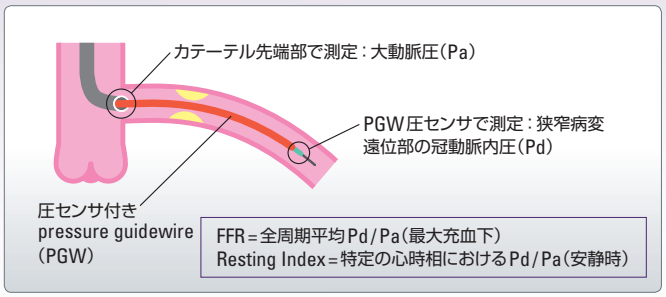


図1 Resting Index、FFRによる機能的狭窄の評価：カテーテルとPGWの圧センサにより、PaおよびPdが測定される

FFR/Resting Indexの測定に影響する要因

正確にFFR/Resting Indexを測定するための注意点を表1に示す。FFRの測定には、アデノシン三リン酸（ATP：末梢または冠動脈内投与）、パパベリン塩酸塩あるいはニコランジル（冠動脈内投与）といった最大充血誘発薬を投与して最大充血を惹起する必要がある。そのための薬剤選択や投与ルートに関して気をつけなければならない。①ATPの末梢投与では最大充血に至ったのち（通常は投与約90秒後）が適切なFFR測定タイミングである。②カフェインがATPの効果を減少させるため、患者の事前カフェイン摂取制限は必須とする。さらに③最大充血誘発薬の冠動脈内投与時に側孔付きカテーテルを使用した場合、薬液が大動脈に漏れ出て十分量投与されないことがある。

加えて、体血圧が過度に低下したり、PGWのセンサよりも末梢に病変が存在する場合、またGCが血管壁に当たって血流を阻害するウェッジ、セミウェッジを起こしたりすると、FFRが偽高値になる可能性がある。

一方で、安静時血流下で測るResting Indexは、冠動脈血流が増加すると圧較差が過大評価され、偽低値につながる。例えば、造影剤や生理食塩水（以下、生食）の冠動脈内投与は一時的な虚血を引き起こし、それを補正するための内因性アデノシンの放出を促すため、冠動脈血流が一時的に増加してしまう。その影響を避けるには、生食投与後数分以上待つ必要がある。そのほか、Resting Index値に影響が及ぶ可能性があるケースとして、冠動脈硬化病変に対するバルーン拡張直後や他枝でのFFR測定後に加え、安静時血流を増加させる病態がある場合（表1）にも注意する必要がある。

FFRは最大充血を確実に惹起すれば測定値の再現性が高く、一方Resting IndexはFFRに比べ簡便かつ短時間に測定ができ、tandem病変の場合も高精度に各病変の狭窄評価が可能であるという利点がある。

FFR	安静時指標（Resting Index）
■ 確実な最大充血のための薬剤投与 •ATPの末梢静脈投与の効果発現は時間を要する •ATP、パパベリン塩酸塩、ニコランジルの冠注時、側孔付きカテーテル使用で薬液漏れ •カフェインの影響でATPの効果が減少 ■ 病変の位置（測定部位より末梢にある場合） ■ 体血圧の過度の変動 ■ 微小血管病変・心筋疾患の存在 ■ GCによるウェッジ、セミウェッジで血流阻害	■ 冠動脈内に投与した造影剤や生理食塩水による虚血の影響：測定は投与から2～3分待ってから‡ ‡ 生食などの投与により、内因性アデノシンの上昇に伴う血流増加が起こる ■ PCI（バルーン拡張）直後、または他枝でのFFR測定の直後に測る場合 ■ EqualizationのPa、Pd波形amplitude不一致 ■ 安静時血流の増加を伴う病態（容量負荷、左室肥大、透析患者）

表1 冠血流予備量比（FFR）と安静時指標（Resting Index）の正しい測定のための注意点

正確な虚血評価のためのEqualizationのポイント

Resting Indexは最大充血を必要としないため、一見手軽に思えるが、正常～異常のレンジが狭い分、測定結果のズレが大きな意味を持つ。特にEqualizationの不良には注意が必要である。Equalizationの不良はEqualize時のPa圧とPd圧のamplitudeの違いによって引き起こされるが(図2)、大別して以下のようにPd側要因とPa側要因の2つが挙げられる。

■ Pd圧波形：amplitude調整不良
■ Pa圧波形：バブル混入、造影剤の残留、チューブ不良、圧トランスデューサ不良

まずPd圧波形の調整であるが、これは個々のシステム、個々のカテ室ごとに行う必要がある。これは通常、製品の据付時にメーカー担当者が行っている。

次に、Pa圧波形の調整であるが、これは日々の日常臨床で確認すべき重要な内容である。Pa波形はウォータープレッシャーで計測しているため、いろいろな原因で圧波形のゆがみが生じることが分かっており、目視で観察されるPa圧波形異常のパターン(表2)から判別可能である。

波形が共振する場合はチューブの硬さやエアの混入が関係している可能性がある。耐圧チューブはコストが高いため、日々の診断検査時にソフトタイプのチューブが使われている際などには注意が必要である。波形のオーバーシュートは昔からよく聞かれる現象であるが、圧のejectionが強く早い人に起こりやすいといえる。チューブの長さなどが関係していることも知られているので注意が必要である。また、造影剤を投与していないにもかかわらず、圧波形になまりを生じている場合は、Paのシステム内に気泡が混入している可能性が否定できないため、エア抜きをしっかりやることが必要である。

加えて、オートインジェクタの交換しないトランスデューサの部分には使用可能回数上限があり、これが劣化していたがゆえ正しい圧波形がとれなかった、という事例も発生している。したがってあまりにも正常な波形が得られないと思われる場合は、Pa側システムの点検・メンテナンスを行うことが望ましい。

FFR/Resting Index測定の最中には、GCが血管壁に当たっていないか、GCやPaシステム内に凝血が生じていないか確認をする必要がある。これらささいなことで、Pa波形にノイズが生じて正しい測定ができないことも日常臨床では起こりえるためである。

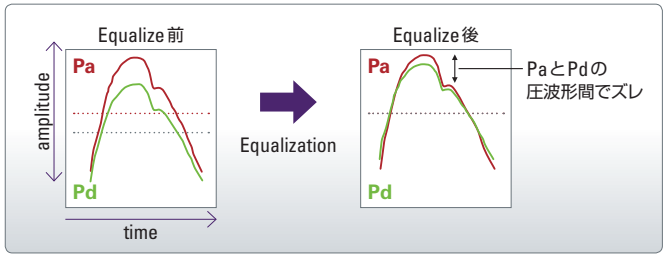


図2 Equalize不良の原因

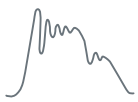
現象	共振	オーバーシュート	なまり
波形の形状			
原因と対策	圧ラインへの気泡混入や柔らかい圧チューブに起因する。圧ラインをフラッシュしてエア抜きを行う。もしくは硬いチューブに交換する。	圧のejectionが強い人に起こりやすく、長いチューブで起こりやすい。適切な長さと硬さの圧チューブに変更する。	•造影剤の残留 •GCの血管壁への接触 •気泡の混入 が主な原因となる。特にインジェクタシステムを使用している場合は10秒程度の念入りな生食によるフラッシュが必要である。

表2 Pa異常波形とその対策

測定部位に関する注意点：Far Distalが原則であるが無理はしない

PGWは測定血管の末梢まで挿入することが原則であるが、末梢に屈曲がある場合は、PGWの挿入位置に関して注意が必要である。正確にFFR/Resting Indexを測定する観点からは、なるべく遠位側までPGWを進めないと狭窄直後の血液乱流の影響やびまん性病変の存在により虚血を過小評価する可能性がある。そのため測定の基本は、病変から遠位側へ、狭窄部の血管径の少なくとも3倍の距離までセンサを進める必要があるとされている。しかし、屈曲血管の末梢までPGWを進めたときのリスクとして、屈曲部にアコーディオンのように血管が折り重なり狭窄されることがある。このアコーディオン現象が起こると偽の狭窄により、FFR/Resting Index値は不正確となる。したがって病変手前に高度屈曲がある場合は、測定の限界ととらえる。

また末梢の細い血管にPGWを無理に進めると、PGWの破損リスクが増すので注意が必要である。

冠動脈狭窄に対するPCI適応の判断に対しては、ステント関連合併症、心血管イベント双方のリスクを適切に見極めることが求められる。そのため虚血評価の指標として、FFR/Resting Index値を正確に測定することは極めて重要である。

参考文献
1) Davies JE, et al. N Engl J Med 2017; 376:1824-1834
2) 日本循環器学会、他. 2019年3月29日発行・5月15日更新. 安定冠動脈疾患の血行再建ガイドライン(2018 年改訂版)
3) Sen S, et al. J Am Coll Cardiol 2012; 59: 1392-1402

注釈
※ iFR：Philips社の特許・商標
† クラスI：手技・治療が有効・有用であるという多くのエビデンスがあるか、またはそのような見解が広く一致している.
‡ エビデンスレベルA：複数のランダム化試験、またはメタ解析の結果による.

Boston Scientific
Advancing science for life™

販売名：コメットプレッシャーガイドワイヤ
医療機器承認番号：22800BZX00225000

販売名：i-Lab インストールシステム
医療機器認証番号：219ABBZX00239000

販売名：i-Lab カートシステム
医療機器認証番号：219ABBZX00238000

製品の詳細に関しては添付文書等でご確認いただくか、弊社営業担当へご確認ください。

© 2019 Boston Scientific Corporation or its affiliates. All rights reserved.
All trademarks are the property of their respective owners.

ボストン・サイエンティフィック ジャパン株式会社
本社 東京都中野区中野4-10-2 中野セントラルパークサウス
www.bostonscientific.jp

2019・13287-A・ODP／PSST20191126-1142