

1. CTの技術革新が広げる循環器画像診断の可能性

1) FFR_{CT} アップデート

高木 英誠

Department of Radiology, St. Paul's Hospital and the University of British Columbia/
東北大学病院放射線診断科

2018年にハートフロー社の“FFR_{CT} (fractional flow reserve derived from coronary CT angiography)”の保険償還が決まり、冠動脈診療での活躍が期待されている。しかし、FFR_{CT}を臨床で使用する上で、冠動脈CT撮影法やFFR_{CT}の評価法が標準化されておらず、結果に基づいた治療に関するエビデンスも十分ではない。本稿では、臨床でFFR_{CT}を役立てるために、現在得られるエビデンスをまとめ、さらに、FFR_{CT}に不足したエビデンスと今後のFFR_{CT}の可能性について考察する。

侵襲的FFRの概要

侵襲的FFRは、冠動脈狭窄の遠位部に圧センサ付きワイヤを留置し、アデノシンなどの薬剤負荷で心筋の最大充血を得た状態で計測する。狭窄末梢での冠動脈内圧を大動脈内圧で除したものがFFRであり、正常時（狭窄がない場合）は1となり、狭窄がある場合には低下し、狭窄の末梢において、正常時と比べてどの程度血流が低下しているかを示す。FFRの臨床における主な役割は、血行再建のガイドである。FAME 2スタディでは、安定狭心症と診断された患者に対して、FFRが0.8以下の場合には、薬物療法に加え血行再建を行った群が、薬物療法のみを行った群よりも複合心血管イベントの発生が少なかったことが示されており¹⁾、FFRガイドの血行再建が支持される根拠の一つとなっている。最近では、実臨床の大規模登録データでもFFRガイドの血行再建を

支持する研究結果がいくつか報告されている。

FFR_{CT}の算出原理と
画像取得条件および画像が
FFR_{CT}に与える影響

FFR_{CT}は、カテーテルを用いた冠動脈造影中に計測される侵襲的FFRを、冠動脈CT画像を基にシミュレーションで得られるようにしたものである。冠動脈CT上の冠動脈内腔容量を含む冠動脈3Dモデルと左室心筋量が、冠血流量や血管抵抗の推定に用いられ、さらに、冠動脈3Dモデルに数値流体解析を応用してFFR_{CT}の値を算出する²⁾。FFR_{CT}は、基本的にCT画像の解剖情報に基づいたシミュレーションであるため、値の算出には解析可能な画質が必要であり、高度なアーチファクトが存在する場合には解析不能になる。ADVANCEレジストリと臨床例の解析によると、解析不能の理由としてモーションアーチファクトが最も多く、撮影時心拍数が高いほど、解析不能の発生率が高くなることが報告されている³⁾。

FFR_{CT}の算出は、冠動脈CT撮影時に硝酸薬が投与されることが前提になっている。硝酸薬投与とCT撮影との間隔が30分以下の場合と、30分以上後に行った場合を比較した研究では、30分以下の群で特異度が高かったことが報告されている(75.3% vs. 53.8%)⁴⁾。硝酸薬の投与量に関しては、0.4mgと0.8mgを投与した2回のCTを比較した

研究では、0.8mgの方が冠動脈容積が大きく算出された⁵⁾。この研究では、冠動脈末梢でのFFR_{CT}の値の平均に差は認められなかったが、この点に関してはさらなる研究が必要と結論づけられている。ST上昇型心筋梗塞発症後の患者におけるFFR_{CT}の診断精度研究では、安定狭心症患者で行った研究と比べて診断精度が低かった(感度83%、特異度66%)。これは、冠動脈容積が安定狭心症患者に比べて小さかったことが、診断精度を低下させた原因として考察されている⁶⁾。これらの研究の規模はいずれも大きくなく、研究数自体も少ないが、冠動脈CT自体の画質や診断精度は硝酸薬を使用した方が向上し⁷⁾、Society of Cardiovascular Computed Tomographyのガイドラインでも、禁忌に相当しないかぎり検査前の硝酸薬投与が推奨されていることから⁸⁾、総じてFFR_{CT}の使用を考慮するのであれば、禁忌の場合を除き、硝酸薬は投与すべきという考えが標準的と思われる。

薬剤負荷による末梢血管抵抗の低下のシミュレーションは、アデノシン140mg/kg/minを投与した場合を仮定しており、さらに、冠動脈に狭窄がある場合と狭窄がない場合とで、最大充血時の末梢血管抵抗が同等であると仮定されている²⁾。患者に微小血管障害が存在する場合でも、存在しない場合と同等に末梢血管抵抗が低下すると仮定しているため、実際に微小血管障害がある患者において、FFR_{CT}がどういった挙動を示し、診断精度にどの程度影響す