

右心室容積計測の問題点

大阪医科大学小児科
片山 博視

青墳らの論文は、心室造影による右心室容積計測の各種解析ソフトウェアの精度と問題点を論じている。心室容積計測の問題は古くから論じられており、1960～1970年代に多くの論文が報告されてきた。

1. 心室造影による右心室容積計測の誤差要因

さまざまな診断手法がある現在でも、心機能評価の重要な指標である心室容積の計測のゴールデン・スタンダードは心臓カテーテル検査による心室造影である。しかしその計測にはいくつかの仮定と誤差要因が存在する。

1) 造影剤の影響

心血管造影に使用されている造影剤は高度のヨウ素を含有した高浸透圧液である。従来の造影剤の浸透圧は血漿浸透圧の5～8倍に達し、その注入により循環血液量は10～20%増加するといわれている。また高浸透圧液は全身血管に対しては血管拡張作用があり、体血管抵抗を低下させる。このような前負荷の増大、後負荷の軽減は拡張末期容積の増大、心拍出量の増加をもたらす。一方、心筋に対する直接作用として、造影剤は心筋収縮抑制に働く。この心筋収縮抑制は造影剤のナトリウム濃度が高いほど、強いとされている。

近年使用されている造影剤は浸透圧が従来のものより低く、その影響は軽減されているものの、依然として同様の影響は有する。

2) 拡大率の問題

管球からX線フィルムへの放射線は平行に投射されているのではなく、その画像はフィルムに拡大して投影される。管球から被写体までの距離をa、管球からフィルムまでの距離をbとすると、その拡大率はb/aとなる。そのため、被写体と同じ高さにグリッドなどを置いてキャリブレーションを行う。しかしその拡大率は画像の中心部と周辺部とでは若干異なり、周辺部では長さにして約10～15%過大評価される。

3) 心室容積計算法の問題

左心室の容積計算法にはChapmanら¹⁾が提唱したSimpson法によるものや、左心室を回転楕円体とみなして容積を求めたarea-length法²⁾などがある。Simpson法は心室を楕円形の円柱の集合とみなして、その容積の総和を求める方法である。一方、右心室の形態は左心室に比べ、より複雑で肉柱に富んでいる。したがって左心室のように回転楕円体などの単純モデルとしてとらえることは困難である。最も一般的に用いられている方法は、本論文のなかでも述べられている通り、Simpson法に基づいたGrahamらの方法³⁾であろう。その他、ピラミッド型法、プリズム型法、平行四面体法などがある。しかしいずれも2方向から(single planeによるarea-length法では1方向)の心室投影像から求められた立体像のモデルであり、多くの仮定が存在する。詳細は成書を参照されたい^{4,5)}。

これらの点は、心室容積計測の基本であり、われわれはこのような仮定や誤差要因が存在することを十分に理解したうえで、計測を行っているわけである。

しかしいくつかの解析ソフトウェアが開発されている今日、おのおののソフトウェアの違いが新たな誤差要因になる可能性があり、この点を検討したのが本論文である。そのなかで著者らは現在使用されている主要4種の解析ソフトウェア間での誤差は非常に小さいことを示した。上記に示した心室容積計算に介入する誤差要因を考慮すると、ソフトウェア間の差異は小さく、異なった解析ソフトウェアを用いたデータでも互換性を持って論じることが可能であることが示された。

先天性心疾患の治療も特定の施設が独自の治療方針に基づく治療を行っていた時代から、一定以上のレベルの施設における標準的な医療を求められる時代になってきた。しかし複数の施設での診断の統一化、治療方針の標準化に際し、その根拠となるデータの信頼度が高いことは不可欠であり、その観点からも本論文における右心室容積計測ソフトウェアの検証の意義は高い。

2. 各社が開発した新たな解析ソフトウェアの問題点

本論文中の付記の記載事項は重大な問題点を含んでいる。著者らは2社の解析ソフトウェアでSimpson法における心室の分割方法に誤りがあったとしている。本来、Simpson法では被写体の体の長軸と直行する平面(すなわち水平断面)で等分割して楕円形の円柱の集合体と仮定するのであるが、上記のソフトウェアでは左心室容積計算におけるarea-length法のように心室の長軸に直行する平面で等分割していた。したがって正面像と側面像でそれぞれ対応する分割面が同一平面ではなく、Simpson法自体が成り立たない。著者らはこの誤りをメーカーに指摘し、最新のバージョンはこの誤りが是正されている。本論文は最新バージョンでの検討であるが、著者らは付記のなかで以前のバージョンは是正後のものと比較して著しく過小評価されることを指摘している。

このような検証は本来、ソフトウェアが製品化される前に各メーカーで行われるべきことであるが、なぜこのような基本的な誤りが見過ごされ、製品化された後にも気付かれなかったのであろうか。その原因の一つには、心臓カテーテル検査の対象患者の大部分が虚血性心疾患や左心系の弁膜疾患であり、右心室の容積計測を行う機会が、小児循環器医が想像するよりも少ないことが挙げられよう。したがって解析ソフトウェアのメーカーも上記のような基本的な誤りに気付かず、また指摘されなかったのであろう。このような循環器内科医では気付きにくいpitfallに目を配り、指摘してゆくことも、小児循環器医、小児循環器外科医の重要な役割であると思われる。

【参考文献】

- 1) Chapman CB, Baker O, Reynolds J, et al: Use of biplane cinefluorography for measurement of ventricular volume. *Circulation* 1958; 18: 1105-1117
- 2) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, et al: The use of biplane angiocardiology for the measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* 1960; 60: 762-776
- 3) Graham TP Jr, Jarmakani JM, Atwood GF, et al: Right ventricular volume determinations in children. Normal values and observations with volume or pressure overload. *Circulation* 1973; 47: 144-153
- 4) 木全心一, 中澤 誠: 心機能の臨床. 第1版, 東京, 中外医学社, 1981
- 5) 小柳 仁, 門間和夫, 鈴木 紳: 新・心臓カテーテル法. 第2版, 東京, 南江堂, 1980