

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 23 日現在

機関番号：32653

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462148

研究課題名(和文) 三次元位相コントラストシネMRIを用いた血流動態解析による弁置換術後評価法の開発

研究課題名(英文) Assessment of the hemodynamics analysis after AVR by 3-dimensional phase contrast cine MRI

研究代表者

中野 清治 (NAKANO, KIYOHARU)

東京女子医科大学・医学部・教授

研究者番号：10138919

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：三次元位相コントラストシネ法で得られる大動脈弁前後の血流速経時的三次元画像を基に、高精度血流動態解析ソフトの制作と改良を行った。また、MRI撮影条件の最適化を確立。さらに、大動脈弁置換術後症例を模擬したMRI対応型ファントムの開発、改良も進めた。

東京女子医科大学倫理委員会からの承認も取得。約70名の大動脈弁置換術後の症例から本研究への参加承諾を得て、MRI検査を実施。MRI検査から得られたデータに対して、高精度血流動態解析ソフトを用いた解析を開始。心臓超音波検査から得られるデータと比較することで、同ソフトの臨床評価ならびに有用性を検討。そのうえで、今後の臨床応用への発展の可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：In vivo measurement of the EOA after AVR is difficult by echocardiography, because of the artificial noise by the prosthesis. We assessed the hemodynamics analysis after AVR by 3-dimensional phase contrast cine MRI. An examination of MRI was carried out by the patents after AVR.

研究分野：心臓血管外科学

キーワード：血流動態解析 定量的流体解析 三次元位相コントラストシネ法 MRI 大動脈弁

1. 研究開始当初の背景

人口の高齢化に伴い、大動脈弁狭窄症(以下、AS)は増加し、2014年にはASに対する大動脈弁置換術(以下、AVR)症例は現在の二倍になるといわれている。高齢者のASは狭小大動脈弁輪の場合が多く、AVRを行ってもかなりの圧較差が残存する場合も少なくない。これは人工弁のサイズが小さいためと一般に考えられているが、実は弁のサイズだけの問題でなく、人工弁周囲で生ずる乱流によるエネルギー損失に依存する。乱流の発生には、解剖学的要素、弁の切除方法、人工弁の形状、人工弁の逢着方法という一連の手技が関与し、個体差が大きい。現在人工弁の評価は、超音波検査やカテーテル検査による圧較差や弁口面積の計測が一般的に行われている。しかし、これらの計測は、前提となる流体力学的仮説にだけ基づいており、必ずしも本質を捉えていないことが、問題点として挙げられる。まして、人工弁によるAVRが行われた場合、術後経過観察における評価法として、超音波検査やカテーテル検査はどれも不十分であり、確立されたものではない。一方、最近ではMRIによるこれらの計測も行われつつあり、超音波検査より客観性や再現性が高く、カテーテル検査と異なり非侵襲的な点で有用である。したがって、MRIによる正確な評価法の確立が強く望まれている。MRI画像診断においても最近の技術的進歩は目覚しく、“拍動する臓器”であり、診断に耐えうる撮像が最も困難な心臓に対しても、欧米を中心にMRIは必要不可欠な画像診断検査となりつつある。特に最近スタンフォード大学で開発されたMRIの三次元位相コントラストシネ法は、ベクトルとしてX, Y, Z成分の血流速情報を持つ経時的三次元(四次元)画像データを得ることができる。このデータを流体解析の汎用ソフトで処理すると、二次元ベクトル図、三次元流線図、三次元流跡線などの描画が可能である。我々は、

本法の有用性および将来性に着目し、MRIを用いて本研究を行うこととした。これまで、本法の心臓領域への応用は、その複雑な立体構造と心拍動や呼吸の影響のために、高い時間・空間分解能を要し非常に困難であった。したがって、我々の知る限り、弁圧較差の評価に対する臨床応用の報告は皆無である。本法を発展させることにより、人工弁前後の血流を経時的に可視化し、乱流の状態を定量評価すれば、人工弁置換術後症例における術後経過の標準的評価法になりうると考えられる。そして、これまでに超音波検査法や心臓カテーテルが抱えていた多くの限界を超えることができる。これにより、極めて多数存在する本症患者に福音がもたらされることが予想される。

2. 研究の目的

(1)人工弁における圧較差は、弁周囲で生じる乱流によるエネルギーの損失が本質であり、定量的に解析する必要がある。これまでの磁気共鳴画像(以下、MRI)対応型血流計測用心臓動態ファントムの開発経験と流体解析ソフトの開発経験を駆使すれば、臨床応用が可能となる。

(2)本研究の目的は、個々の症例において、大動脈弁置換術後に生ずる乱流の状態を、定量的ならびに可視的に評価することにより、より質の高い手術法を確立することである。また、人工弁置換術後の乱流の発生と圧格差を推定するシミュレーションシステムの開発も同時に行う。

(3)大動脈弁輪部での乱流動態を三次元的に解析し、可視化できることは画期的であり、外科手技の向上における貢献度は多大である。また、患者の術後QOL向上に寄与することは必定である

3. 研究の方法

弁輪部狭窄およびAVR後症例の血流動態評価における、臨床的重要性を明確にし、解

決すべき問題点を本研究参加者全員で検討する。その問題点を解決すべく、三次元位相コントラストシネ法にて得られる、数人の健康ボランティアにおける大動脈弁前後の血流速経時的三次元画像データを基に、高精度血流動態解析ソフトの制作と MRI 撮像条件の最適化を行う。さらに AVR 例を模擬した MRI 対応型ファントム（人工弁の着脱も可能）の開発を同時に行い、ファントム実験を通じて、随時同ソフトの性能評価や改良を進めていき、乱流に起因する真のエネルギー損失の定量的評価法も確立していく。また、同ソフトの臨床評価も並行して行い、有用性を検討する。その後、AVR 後症例の臨床データを採取し、手術手技に対する解析を行う。

4. 研究成果

三次元位相コントラストシネ法で得られる大動脈弁前後の血流速経時的三次元画像を基に、高精度血流動態解析ソフトの制作と改良を行った。また、MRI 撮影条件の最適化を確立した。さらに、大動脈弁置換術後症例を模擬した MRI 対応型ファントムの開発、改良も進めた。

東京女子医科大学倫理委員会からの承認も取得。これまでに大動脈弁置換術を実施した患者へ十分なインフォームド・コンセントを行い、本研究および MRI 検査への参加協力を依頼した。MRI 検査自体は非侵襲的であるが、研究参加者に対して不利益が生じないような対策を十分に講じた。約 70 名の大動脈弁置換術後の症例から、本研究への参加承諾を得られ、MRI 検査を実施することが出来た。これらの MRI 検査で得られたデータに対して、高精度血流動態解析ソフトを用いた解析を開始。心臓超音波検査から得られるデータと比較することで、同ソフトの臨床評価ならびに有用性を検討している。そのうえで、今後の臨床応用への発展の可能性を示す。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

中野 清治 (Kiyoharu Nakano)
東京女子医科大学・医学部・教授
研究者番号：10138919

(2)研究分担者

小寺 孝治郎 (Kojiro Kodera)
東京女子医科大学・医学部・准教授
研究者番号：20234792

佐藤 敦彦 (Atsuhiko Sato)
東京女子医科大学・医学部・助教
研究者番号：30622683

町田 治彦 (Haruhiko Machida)
東京女子医科大学・医学部・講師
研究者番号：70439834

浅野 竜太 (Ryota Asano)
東京女子医科大学・医学部・助教
研究者番号：80445684

(3)連携研究者

()

研究者番号：