

カテーテル検査を省いた心房中隔欠損症手術施行における 胸部造影CT検査の役割について

池田 弘之¹⁾, 青墳 裕之¹⁾, 中島 弘道¹⁾, 澤田まどか¹⁾
石橋 信之²⁾, 渡辺 学²⁾, 青木 満²⁾, 藤原 直²⁾

千葉県こども病院循環器科¹⁾, 心臓血管外科²⁾

Key words :

造影CT検査, 心臓カテーテル検査, 心房
中隔欠損症, 部分肺静脈還流異常, 左上大
静脈遺残

Computed Tomographic Evaluation for the Complete Repair of Atrial Septal Defects without Catheterization

Hiroyuki Ikeda,¹⁾ Hiroyuki Aotsuka,¹⁾ Hiromichi Nakajima,¹⁾ Madoka Sawada,¹⁾
Nobuyuki Ishibashi,²⁾ Manabu Watanabe,²⁾ Mitsuru Aoki,²⁾ and Tadashi Fujiwara²⁾

Divisions of ¹⁾Cardiology and ²⁾Cardiovascular Surgery, Chiba Children's Hospital, Chiba, Japan

Background: We recently have tried to close atrial septal defects without catheterization. Instead of catheterization, helical computed tomographic evaluation was done to assess pulmonary veins, pulmonary arteries, and systemic veins. This study was performed to determine the diagnostic accuracy of the helical computed tomography (helical CT).

Methods: Between January 2001 and January 2003, 19 patients with atrial septal defect were evaluated with helical CT. The median age at CT was 4.8 years (range, 0.8 to 13.9 years). The results were compared with surgical (17 patients) or catheterization (6 patients) findings.

Results: Right upper pulmonary venous (PV) connection to the superior vena cava was diagnosed in three patients on CT and confirmed at surgery in two patients. One patient was a false-positive case. Scimitar syndrome, aberrant right subclavian artery, right pulmonary artery stenosis, and Morgagni hernia were observed on CT and confirmed in one patient each. The rates of accuracy of localization of the pulmonary venous connection on CT were 95% (right upper PV) and 100% (right lower PV, left upper PV, left lower PV). The diagnoses of left aortic arch, presence of innominate vein, and absence of persistent left superior vena cava were correct in all patients.

Conclusions: Computed tomography is a valuable tool for the diagnosis of large vessel anomalies and is helpful in undertaking surgical repair of atrial septal defect without catheterization.

要 旨

背景と目的：当院では近年、原則としてカテーテル検査を行わずに心房中隔欠損症(ASD)の手術を行っている。その際、造影ヘリカルCT検査を併用し、肺静脈、上大静脈など血管系病変合併の有無を観察している。血管系病変合併の診断における、造影ヘリカルCT検査の有用性、精度などについて検討した。

対象と方法：2001年1月～2003年1月の期間にASDの患者で造影ヘリカルCT検査を行い、手術またはカテーテル検査で確定診断が得られた19例。造影CTによる診断と手術(17例)あるいはカテーテル検査所見(6例)を比較した。

結 果：造影CT上、右上肺静脈が上大静脈に入る部分肺静脈還流異常症と診断した例が3例あり、2例は手術診断により確定診断に至った。1例は偽陽性例であった。Scimitar症候群、右鎖骨下動脈起始異常、右肺動脈狭窄、Morgagni孔ヘルニア各1例を正しく診断。左大動脈弓の診断、無名静脈の存在、左上大静脈遺残のないことの確認については全例可能であった。

結 語：カテーテル検査を行わずにASDの根治手術を行う際、胸部造影CT検査を併用することにより血管病変の除外および発見が可能であり、心臓カテーテル検査を省略する際の診断精度向上の一助となると思われた。

平成15年9月9日受付

別刷請求先：〒266-0007 千葉市緑区辺田町 579-1

平成16年2月2日受理

千葉県こども病院循環器科 池田 弘之

背景と目的

当院では近年、原則としてカテーテル検査を行わずに心房中隔欠損症(ASD)の手術を行っている。その際、胸部造影CT検査を併用し肺静脈、上大静脈、大動脈系などの血管系病変合併の有無、およびその他の胸部臓器異常の有無を観察するようにしている。手術適応の有無についての基準は、心臓カテーテル検査における肺体血流比が1.5以上とされる¹⁾。しかし、心臓カテーテル検査を行わなくとも、身体所見・心電図・胸部X線・心臓超音波検査から右心室の容量負荷所見をみることで、典型例では容易に肺体血流比1.5以上を推定可能である。当院では、心臓超音波検査における右心室の容量負荷所見を定量化することによって肺体血流比1.5以上を推定している²⁾。したがって、典型例では、血管病変について心臓カテーテル検査を行った場合と同等の術前診断精度があれば、心臓カテーテル検査を行うことで付加される情報は少ない。血管系病変合併の診断における、造影CT検査の有用性、精度などについて検討した。

対 象

2001年1月～2003年1月の期間に単独のASDに対し胸部造影ヘリカルCT検査を行い、手術または心臓カテーテル検査で確定診断が得られた19例。男性11例、女性8例、CT検査時年齢は平均5.1歳、(中央値4.8歳：最小0.8歳～最大13.9歳)。全例、CT検査前に、身体所見、心電図、胸部X線、心臓超音波検査を行っていた。心臓カテーテル検査を行い未手術2例、心臓カテーテル検査後に手術を行った例が4例、心臓カテーテル検査を行わずに手術した例13例であった。心臓カテーテル検査を行った目的は、欠損孔が比較的小さく肺体血流比を求めることによる手術適応の決定1例、部分肺静脈還流異常の確定診断4例、右肺動脈狭窄の確定診断1例であった。心臓カテーテル検査の結果、1例は、手術適応がなく経過観察となった。13例は、心臓カテーテル検査を行わず心房欠損孔直接閉鎖術を行った。1例が手術待機中である。

方 法

胸部造影CT検査は原則として、覚醒・自発呼吸下で行った。安静保持が困難な1～2歳の児についてはトリクロホスナトリウム1ml/kgを投与し鎮静した。

装置は東芝社製TSX-012A(ヘリカルCT)を用いた。

造影剤は、体重10kg以下の児はイオパミドール(ヨード含有量150mg/ml)を4ml/kg、体重10kg以上の児はイオ

パミドール(ヨード含有量300mg/ml)を2ml/kgを30秒間かけて左上肢あるいは右上肢末梢より点滴静注した。撮像のタイミングは体重20kgまでの児は造影剤投与開始20秒後より撮像開始、20～30kgの児は25秒後より撮像開始、30kg以上の児は30秒後より撮像開始とした。無名静脈から下肺静脈までの範囲を約25スライス(スライス厚2～5mm、寝台速度2～5mm)で撮像。撮像したスライス厚の半分の厚さ(1～2.5mm)で再構成を行い、1～2.5mm間隔の50枚の断層像を得た。

CT検査の判読は小児循環器専門医3人によって行った。各1症例に対し、3人の判読者(CT判読前に心エコーによりASDが疑われていることのみ知っている)が別々に判読し、結果を検討した。

造影CTにおける部分肺静脈還流異常(右上肺静脈が上大静脈に入るもの)の診断は、断層像で、右後方より前方に向かって走行する右上肺静脈と上大静脈の境界がないことによって行った。

右肺静脈還流異常がないことの確認は、カテーテル検査では肺動脈造影の肺静脈相での還流部位の同定、上大静脈における酸素飽和度上昇のないこと、上大静脈から直接カテーテルが肺静脈に挿入されないことなどによって行い、手術では上大静脈、下大静脈、右上肺静脈の心外よりの観察、左房内側からの上下右肺静脈口の観察によって行った。

左肺静脈還流異常がないことの確認は、カテーテル検査では肺動脈造影の肺静脈相による還流部位の観察により行い(特に左下肺静脈の冠静脈洞への還流異常、左上肺静脈の無名静脈への還流などに注意した)、また直接左房経由で左上下肺静脈にカテーテルを挿入することにより確認した。手術では、左房内側からの観察により左肺静脈の大きな開口部を2カ所確認した場合還流異常はないと診断した。

結 果

1. 造影CTによる診断の精度(Table 1)

造影CTによる診断として部分肺静脈還流異常4例(右上肺静脈が上大静脈に入るもの3例、Scimitar症候群(右肺静脈が下大静脈へ還流)1例、右鎖骨下動脈起始異常1例、右肺動脈狭窄1例、Morgagni孔ヘルニア1例)を診断した。

造影CT上、右上肺静脈が上大静脈に入る部分肺静脈還流異常と診断された3例のうち2例は心臓カテーテル検査により診断を確定し手術を行い、術中所見にて確認した(Fig. 1A, B)。術中所見で2例とも右上肺静脈は1本で上大静脈に入っており、左房に入る右上肺静脈は認められなかった。残りの1例については、心臓

カテーテル検査および術中所見より，部分肺静脈還流異常はないと診断した(偽陽性例，Fig. 2A～D)。

肺静脈の部位別に同定精度をみると(Fig. 3, Table 2)，右上肺静脈の還流部位について，造影CTは19例中18例(95%)で正確に診断し得た。還流部位を間違った1例は，前述のように，造影CTでは右上肺静脈が上大静脈に入ると診断したが，カテーテルおよび手術所見では左房に入る血管のみであった。右下肺静脈，左上肺静脈，左下肺静脈については19例中19例全例で，正常に左房へ還流していることを診断し得た。

また，造影CTは無名静脈が存在し，左上大静脈遺残

Table 1 Accuracy of diagnosis on computed tomography (CT)

Diagnosis on CT	No. of pts	Accuracy
PAPVC rt upper PV to RSVC	2/3	67%
rt lower PV to IVC (ASD(-))	1/1	100%
Aberrant right subclavian artery	1/1	100%
Rt PA stenosis	1/1	100%
Morgani hernia	1/1	100%
Innominate vein(+) and LSVC(-)	19/19	100%
Left aortic arch	19/19	100%

PAPVC: partial anomalous pulmonary venous connection, PV: pulmonary vein, RSVC: right superior vena cava, IVC: inferior vena cava, ASD: atrial septal defect, PA: pulmonary artery, LSVC: left superior vena cava

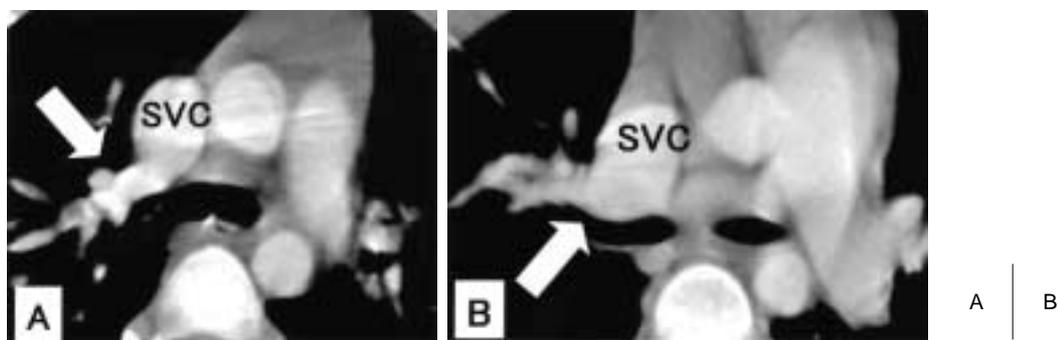


Fig. 1 Right upper pulmonary venous connection to superior vena cava on computed tomographic diagnosis.

A, B Confirmed at surgery.
SVC: superior vena cava

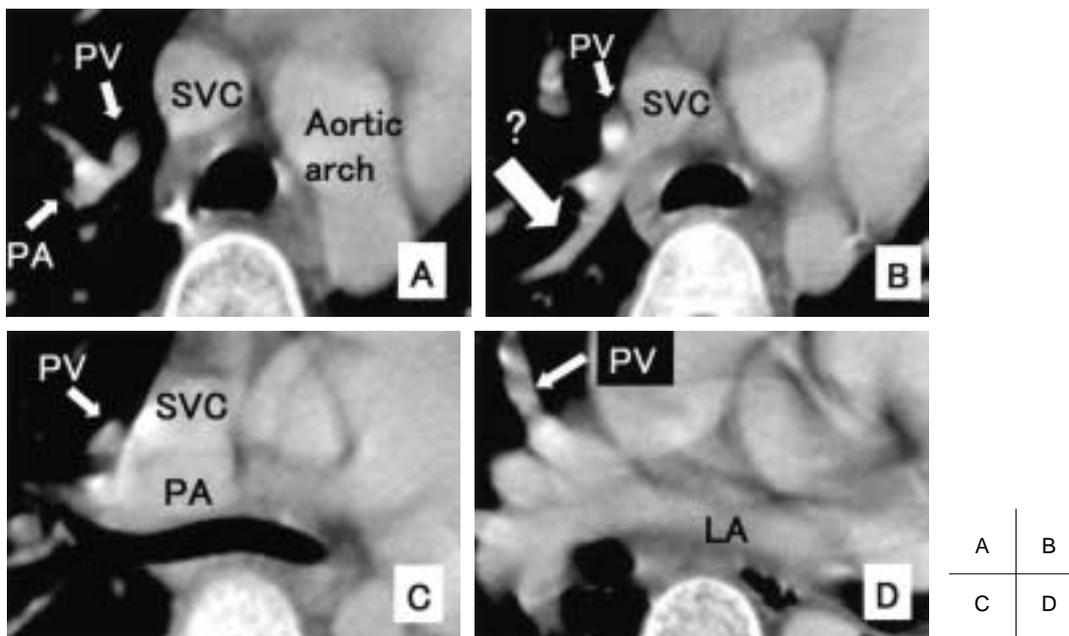


Fig. 2 A-D Right upper pulmonary venous connection to superior vena cava was diagnosed on computed tomography, but was false positive.

SVC: superior vena cava, PA: pulmonary artery, PV: pulmonary vein, LA: left atrium

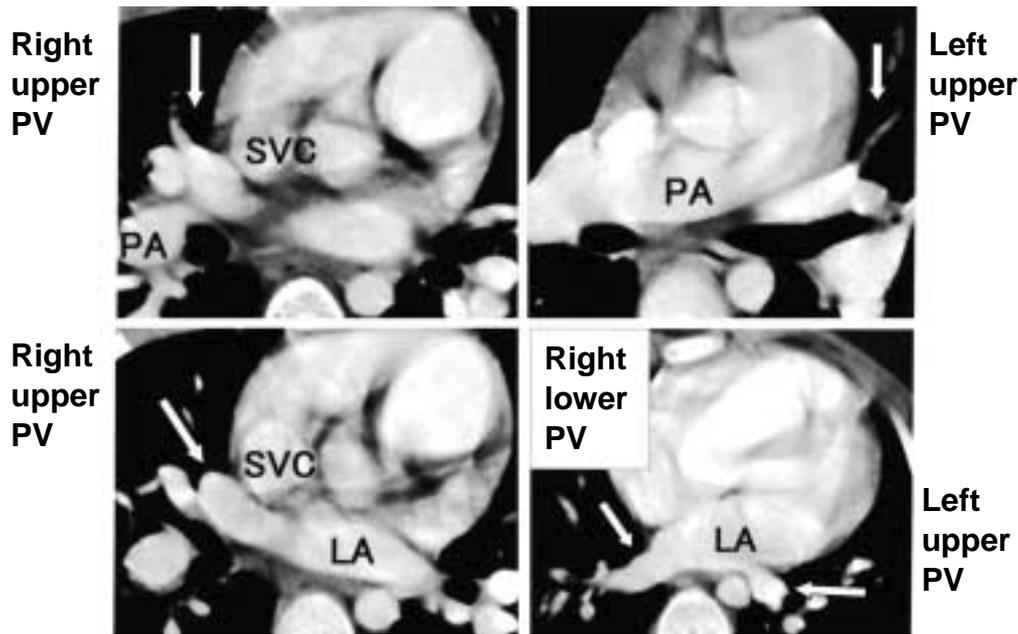


Fig. 3 Identification of pulmonary venous connection.
PV: pulmonary vein, PA: pulmonary artery, SVC: superior vena cava, LA: left atrium

が存在しないことを19例中19例(100%)で診断し得た。さらに、左大動脈弓を19例中19例(100%)で正確に診断し得た(Fig. 4A, Table 1)。

Scimitar症候群1例、右鎖骨下動脈起始異常1例(Fig. 4B, C)、右肺動脈狭窄1例、Morgagni孔ヘルニア1例はいずれもカテーテルまたは手術所見より診断を確定した。

2. 造影CT検査に伴う副作用

造影CT検査時、全例で造影剤投与による、アレルギー反応などの副反応を認めなかった。

考 察

1. 部分肺静脈還流異常症

ASDに部分肺静脈還流異常症が合併する率について、Gotsmanら³⁾は9%(総数664例)、Freedら⁴⁾は6%と報告している。さらにFreedらは部分肺静脈還流異常がある場合には、ほとんど常に右肺静脈の上大静脈・右房・下大静脈への還流を含み、左肺静脈の還流異常はまれであるとしている。「二次孔欠損と静脈洞欠損の違いおよびそれに部分肺静脈還流異常が合併するかどうかはそれほど重要なことではない(手術室で容易に確認可能なものであるし、その時になって判明したとしても手術のリスクとして大きな変わりはない)」との考えもあるが、たとえば二次孔欠損のみの場合と、上大静

Table 2 Accuracy of computed tomographic localization of pulmonary venous connection

	Upper	Lower
Right	18/19 (95%)	19/19 (100%)
Left	19/19 (100%)	19/19 (100%)

脈へ部分還流異常のある場合では、アプローチの方法(右開胸アプローチか、正中アプローチか)にも関与し、また手術の難易度、合併症の頻度も変わってくると思われるので、正確な術前診断は非常に重要であり、小児循環器科医の目指すところである。

部分肺静脈還流異常症を診断する非侵襲的な方法としては超音波検査がある。Wong⁵⁾らは部分肺静脈還流異常の患者45例のうち15例(33%)が超音波検査だけでは見逃されていたと報告している。ただし、このうち多くはカラードブラ法が使用可能となる以前のもので、カラードブラ法が使用可能となつてからの偽陰性率(見逃し)は7%としている。今回われわれは、2例の右上肺静脈が上大静脈に流入する部分肺静脈還流異常症を診断し得た。このうち、1例では心臓超音波検査において、胸骨上窩や胸骨右縁第2肋間からの矢状断面像あるいは季肋下からの矢状断面像で右上大静脈に後方より流入する肺静脈を描出し得、上大静脈基部は拡張していた。しかし、他の1例では右肺静脈の上大静

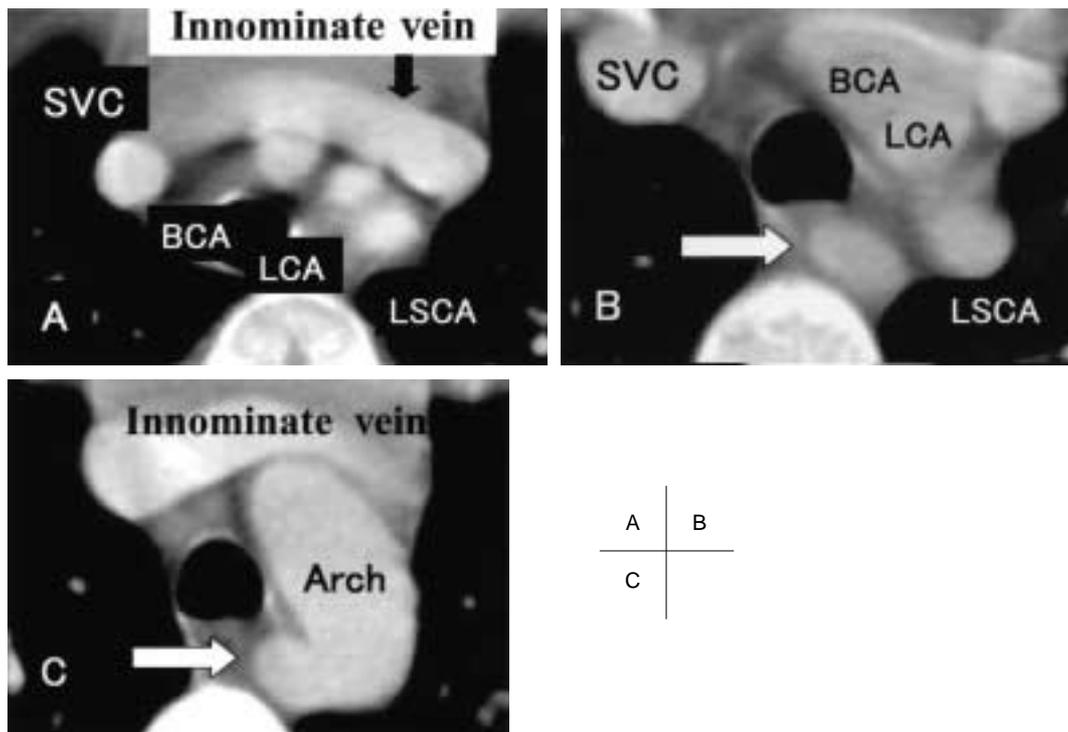


Fig. 4
 A Normal neck vessels.
 B, C Aberrant right subclavian artery (white arrows).
 SVC: superior vena cava, BCA: brachiocephalic artery, LCA: left common carotid artery, LSCA: left subclavian artery

脈への流入部が高位であったため、右肺静脈の上大静脈への流入ははっきりせず、また、上大静脈基部の拡張も認められなかった。この例においても胸部造影CTでは右肺静脈の上大静脈への流入を明瞭に同定し得た。また、胸部造影CTでは三次元構築を行うことにより、超音波検査と比較して立体感をつかみ得る⁶⁾。このように、胸部造影CTは超音波検査を補うものであり、また、時にはその見落としを発見する糸口となる検査法であると位置付けることができる。なお今回の2例では心臓カテーテル検査で診断を確定した後に根治手術を行ったが、今後、部分肺静脈還流異常症を合併したASDにおいても典型例においては心臓カテーテル検査を行うことなく根治手術可能と考えている。

2. 左上大静脈遺残

左上大静脈遺残の有無は、開心術でカニューレションを行う際、重要なポイントとなる。左上大静脈はASDまたは部分肺静脈還流異常の患者の5%にみられると報告されている⁷⁾。造影CTでは造影された血管が左総頸静脈の外側から大動脈弓、左肺動脈の左側を通過して下行し、冠静脈洞に入り最終的に右房に接続されている様子がみられる。特に、左手末梢より造影剤を静注

した場合にははっきりと確認できる。右手末梢から造影した場合でも左手末梢からの造影と比較し造影効果は弱い確認可能である。造影CTで左上大静脈が同定可能であることは示されてきた⁸⁾が、今回のわれわれの検討においても造影CTで左上大静脈の存在の有無が確認できた。なお、今回対象例にはなかったが左上大静脈の左房開口なども診断可能な場合もあると思われる。

3. 血管系以外の合併病変の診断

今回、造影CT検査時にMorgagni孔ヘルニア1例を診断し、ASD直接閉鎖術時に同時にMorgagni孔ヘルニア閉鎖を行った。胸部造影CTには、血管系の病変以外に、無気肺、気管支の分岐異常、気管狭窄などの肺・気管支病変や縦隔病変も診断可能であるという利点があり⁹⁾、その有用性は高い。

4. コスト、マンパワー

当院では心臓カテーテル検査時には医師3名(麻酔科医1名を含む)、看護師1名、放射線技士1名、臨床工学技士1名が立ち会い、検査時間は約45分である。造影CT検査は、医師1名、看護師1名、放射線技士1名

で行い検査時間は約15分であり、外来でも十分可能であり簡便である。

また胸部造影CT検査の保険点数1,330点は、心臓カテーテル検査の保険点数7,600点と比較し、より経済的であり、心臓カテーテル検査の省略は医療経済的にも有意義である。

5. リスク

心臓カテーテル検査は現代では比較的安全な確立された検査法となっているが、しかし観血的検査であり、非常に可能性は少ないとはいえ、死亡、不整脈、血栓塞栓症、血管損傷・出血、感染、造影剤によるアレルギー、放射線被曝、静脈麻酔が必要といったリスクを伴う^{10,11)}。胸部造影CT検査は末梢からの造影剤注入と約1分間の安静のみで可能であり、肉体的にも精神的にも患者の負担ははるかに少ない。放射線被曝のリスクはあるが、心臓カテーテル検査と比較し総被曝量は少ない。造影剤によるアレルギーに関する危惧はあるが使用する造影剤量も少ない。以上より心臓カテーテル検査を省き得ることは可能な限り患者のリスクを軽減した医療が求められている現代においては大きな意味を持つと考えられる。

6. MRIとの比較および造影ヘリカルCT検査の限界について

先天性心疾患における心臓および血管病変の診断においてMRIが有用とする報告は多い¹²⁾。MRIは任意の断面像が撮像可能、優れた軟部組織のコントラスト、放射線の被曝がないという利点がある一方、撮像時間が長く多くの患者で鎮静が必要、検査中の患者へのアクセスが限られるなどの欠点がある。それに対し、胸部造影CTは造影剤が必要であること、放射線被曝という欠点があるものの、撮像時間が短く3歳以上のほとんどの患者で鎮静が不要で、高い空間分解能があり薄いスライスでの撮像が可能という利点がある。こういった点を考えると、胸部造影CTでMRIと同程度の感度・特異度で血管病変が検出可能であるならば、胸部造影CTはMRIと比較しても有用な検査と考えられる。

しかし、ヘリカルCT検査の限界を熟知しておく必要がある。今回、造影ヘリカルCT検査で右上部分肺静脈還流異常の偽陽性例が1例みられた。この症例は、超音波検査では、右上肺静脈は左房に流入し、上大静脈に流入する異常血管や上大静脈の拡張は認められなかった。また、CT検査でも、上大静脈に流入する肺静脈と考えられた血管 (Fig. 2B) とは別に左房に流入する右上肺静脈 (Fig. 2D) を認められた。これらの所見から、右

上肺静脈の全部ではなく一部が上大静脈に流入する部分肺静脈還流異常を考えた。しかし、CT所見は偽陽性で、上大静脈に流入するように見えた異常血管は、肺動脈がpartial volume effectにより上大静脈との境界が不明瞭になったことが原因と考えられた。また、当院で現在使用しているヘリカルCTでは呼吸の影響が無視できず、マルチスライスでないため心臓の収縮拡張による運動の影響が大きく、さらに一般にCTは長軸方向の分解能に限界がある。これらの原因により診断上精度を欠く可能性のあることを認識すべきである。

7. ASDにおけるヘリカルCT検査の意義

先天性心疾患の治療戦略において、外科医との協力のなかで、より非侵襲的で低リスク・低コストを目指していく方向にある¹³⁾。ASDの診療において手術前に心臓カテーテル検査を行う目的は、肺体血流量比を計測し、手術適応の有無を確認すること、僧帽弁閉鎖不全症などの心内合併症有無についての評価、および肺動脈、大動脈系および体静脈など各血管系の異常の有無についての確認がおもなものであると考えられる。しかし典型例において肺体血流量比が手術適応とされる1.5より多いことは理学所見、X線所見、心電図¹⁴⁾などから十分推測可能である。また僧帽弁閉鎖不全症などについての評価は超音波検査法により十分可能である。強いて超音波検査法により見落とす可能性があるとするれば血管系の異常である。そこで血管系についてヘリカルCTにより異常の有無を確認するというのがこの検査の位置付けである。その結果ヘリカルCTにより手術への影響が考えられる異常所見が発見された場合は、迷わず心臓カテーテル検査を施行すべきと考えている。また諸検査より肺体血流量比が手術適応ボーダーラインと思われる場合もその確認のために心臓カテーテル検査を施行する必要があるであろう。しかしX線、心電図、超音波検査法などの諸検査において非定型的な部分がなく、かつヘリカルCTにおいても異常所見がない場合は心臓カテーテル検査の省略が十分可能であると考え、その方針のもとわれわれは手術を含めASDの診療を行ってきたが、特に術中術後を含めて問題の発生したことはなかった。よってこのような治療戦略が十分可能と考えられる。

なお海外ではカテーテルによるASD閉鎖が行われ、早晚日本でもカテーテル治療が行われると思われる。この場合においても、カテーテル治療が可能か、手術を行うかの選択を行う際に、合併奇形を術前診断する目的で造影CT検査は有用であると思われる。

近年では、マルチスライスCTの出現により、小児に

おいても呼吸の影響が少なくなり，分解能の飛躍的向上が得られている．今回みられたような部分肺静脈還流異常症の偽陽性例についても，正確に診断できる可能性が高く，胸部造影CT検査の有用性は一層増すと考えられる．

なお，以上の方針で診療を行っていく場合，心臓外科医の合意，協力も重要なポイントであり，術中思わぬ所見に対応する可能性，CT検査の限界等について外科医も熟知しておく必要があり，それらについて十分なディスカッションがあらかじめ必要である．

結 語

典型例ASDにおいては，術前検査として超音波検査に造影CTを併用して血管系の異常の有無を確認することにより，心臓カテーテル検査を省略し得る症例が多く存在する．それらの症例ではその省略は患者に対し，また医療経済に対しメリットも多く，積極的に省略を考えてよいと思われた．なお非定型例，CTなどにより合併した異常の疑われた場合は，従来通り積極的に心臓カテーテル検査を行うことが，現段階では適切な判断であると思われた．

【参考文献】

- 1 Porter CJ, Feldt RH, Shaff HV, et al: Atrial Septal Defects, in Allen HD, Gutgesell HP, Clark EB, et al (eds): Moss and Adams' Heart Disease in Infants, Children, and Adolescents. 6th ed, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2000, pp603-617
- 2 池田弘之，中島弘道，青墳裕之，ほか：心房中隔欠損症における超音波断層法を用いた簡便な肺体血流比の推定法 心室容積特性からの推定．日小循誌 2003；19：460
- 3 Gotsman MS, Astley R, Parsons CG: Partial anomalous pulmonary venous drainage in association with atrial septal defect. Br Heart J 1967; 27: 566-571
- 4 Freed MD, Nadas AS, Norwood WI, et al: Is routine preoperative cardiac catheterization necessary before repair of secundum and sinus venosus atrial septal defects? J Am Coll Cardiol 1984; 4: 333-336
- 5 Wong ML, McCrindle BW, Mota C, et al: Echocardiographic evaluation of partial anomalous pulmonary venous drainage. J Am Coll Cardiol 1995; 26: 503-507
- 6 Kawano T, Ishii M, Takagi J, et al: Three-dimensional helical computed tomographic angiography in neonates and infants with complex congenital heart disease. Am Heart J 2000; 139: 654-660
- 7 Kirklin JW, Barratt-Boyes BG: Cardiac Surgery. 2nd ed, New York, Churchill Livingstone, 1993, pp609-644
- 8 Baron RL, Gutierrez FR, Mckight RC: Computed tomographic (CT) evaluation of the great arteries and aortic arch malformations, in Friedman WF, Higgins CB (eds): Pediatric Cardiac Imaging. Philadelphia, W.B. Saunders, 1984, pp135-155
- 9 中島弘道，池田弘之，青墳裕之：3次元CTによる先天性心疾患乳児の気管支の評価．日小循誌 2003；19：353
- 10 Vitiello R, McCrindle BW, Nykanen D, et al: Complications associated with pediatric cardiac catheterization. J Am Coll Cardiol 1998; 32: 1433-1440
- 11 Cassidy SC, Schmidt KG, Van Hare GF, et al: Complications of pediatric cardiac catheterization: A 3-year study. J Am Coll Cardiol 1992; 19: 1285-1293
- 12 Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Teitel DF, et al: Magnetic resonance imaging of congenital heart disease: Sensitivity and specificity using receiver operating characteristic curve analysis. Am Heart J 1989; 118: 155-161
- 13 Tworetzky W, McElhinney DB, Brook MM, et al: Echocardiographic diagnosis alone for the complete repair of major congenital heart defects. J Am Coll Cardiol 1999; 33: 228-233
- 14 Heller J, Hagege AA, Besse B, et al: "Crochetage" (notch) on R wave in inferior limb leads: A new independent electrocardiographic sign of atrial septal defect. J Am Coll Cardiol 1996; 27: 877-882