日本小児循環器学会雑誌　11巻2号　128～133頁（1995年）

MRIによるバルーン肺動脈形成術の評価
—2症例による検討から—

（平成6年10月15日受付）
（平成7年2月20日受理）

千葉県こども病院循環器科[1]，同　心臓血管外科[2]
浜田　洋通[1]　青墳　裕之[1]　丹羽公一郎[1]
森島　重弘[2]　松尾　浩三[2]　藤原　直[2]

key words：MRI，経皮的バルーン肺動脈形成術，術後肺動脈吻合部狭窄

要　旨

バルーン肺動脈形成術の施行前後にMagnetic Resonance Imaging（MRI）を行い，その形態変化を観察した2症例を報告した．症例1は総動脈幹遺残（Collet & Edwards分類II）・extracardiac conduit repair後の右肺動脈吻合部狭窄，症例2はファロー四徴兼肺動脈閉鎖・extracardiac conduit repair後の左肺動脈吻合部狭窄であった．術前後でMRIを撮像し，心血管造影所見と比較検討した．MRIは斜位像で狭窄部を明瞭に撮像することができた．また術前後の肺動脈狭窄部径の計測値は心血管造影とMRIとで同等であった．このことから，MRIは非侵襲的であり，肺動脈狭窄でのバルーン形成術前後の肺動脈形態の評価，またバルーン術後のフォローアップに有用であると思われた．

緒　言

経皮的バルーン血管形成術は近年急速に普及し，肺動脈弁狭窄や大動脈縮窄の術後再狭窄だけでなく，術後の種々の導管や吻合部狭窄に対して積極的に行われるようになっている[1)~6)]．狭窄の程度，形態評価は心臓カテーテル検査で最終診断するが，非侵襲的検査もバルーン施行の適応の決定，術後フォローアップを行う上で重要である．非侵襲的検査としては心エコー法が広く用いられている．しかし，肺動脈末梢や下行大動脈病変は心エコー法のみでは十分な情報が得られず，正確な診断に心血管造影を必要とすることが少なくない．これに対しMagnetic Resonance Imaging（MRI）は血管の描出に優れ，肺動脈[7)~13)]，大動脈[14)~16)]の形態の評価に有用と報告されている．しかしバルーン肺動脈形成術前後の肺動脈評価についてのMRIの報告はほとんどない．そこで我々は2例の術後肺動脈分岐部狭窄にバルーン肺動脈形成術を行い，この前後でMRIを施行し，血管造影による計測値と比較検討したので報告する．

方　法

装置はGE社製0.5テスラ超伝導MRI装置を用い心電図同期法で撮像した．SE（spin echo）法にて撮像し，繰り返し時間は心拍数に依存，画像加算回数は4回，エコー時間は30msec，スライス厚10mmで，水平断・矢状断・冠状断像を撮像した．さらに，症例1では水平断像にて右肺動脈分岐部から右肺動脈にかけて

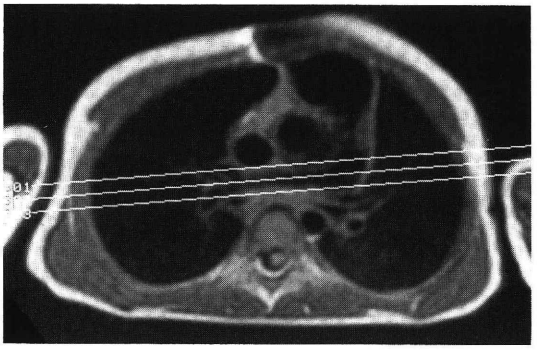

図1　症例1のMRI水平断像．図中にある斜線部位にて斜位像を撮像した．

別刷請求先：（〒260）千葉県千葉市中央区亥鼻1—8—1
千葉大学医学部小児科　　浜田　洋通

Presented by Medical*Online

狭窄部を含んで斜位像を設定(図1)，症例2では水平断像にて左肺動脈分岐部から左肺動脈にかけて狭窄部を含んで斜位像を設定し(図2)，いずれもスライス厚5mmで撮像した．

【症例1】

臨床経過：6歳男児．総動脈幹遺残（Collet & Edwards分類II）．1歳1カ月時，extracardiac conduit repair施行．5歳9カ月時の心臓カテーテル検査では右室-主肺動脈間の圧較差は48mmHg，右室/左室圧比は0.70であった．このため，6歳時，conduit入れ替え術を施行した．しかし術後肺動脈両分岐部狭窄を残した．このため，術後11カ月にバルーン肺動脈形成術を施行した．

心臓カテーテル及びバルーン肺動脈拡大術：圧データを表1に示す．心血管造影を図3A，Bに，計測値を

図2　症例2のMRI水平断像．図中にある斜線部位にて斜位像を撮像した．

表1　症例1のカテーテル圧所見

	術　前	術　後
右室	77/—	43/—
主肺動脈	54/3(25)	
右肺動脈	14/4(10)	13/2(7)
左肺動脈	18/3(10)	14/—(8)
大動脈	135/57	120/64

単位(mmHg)

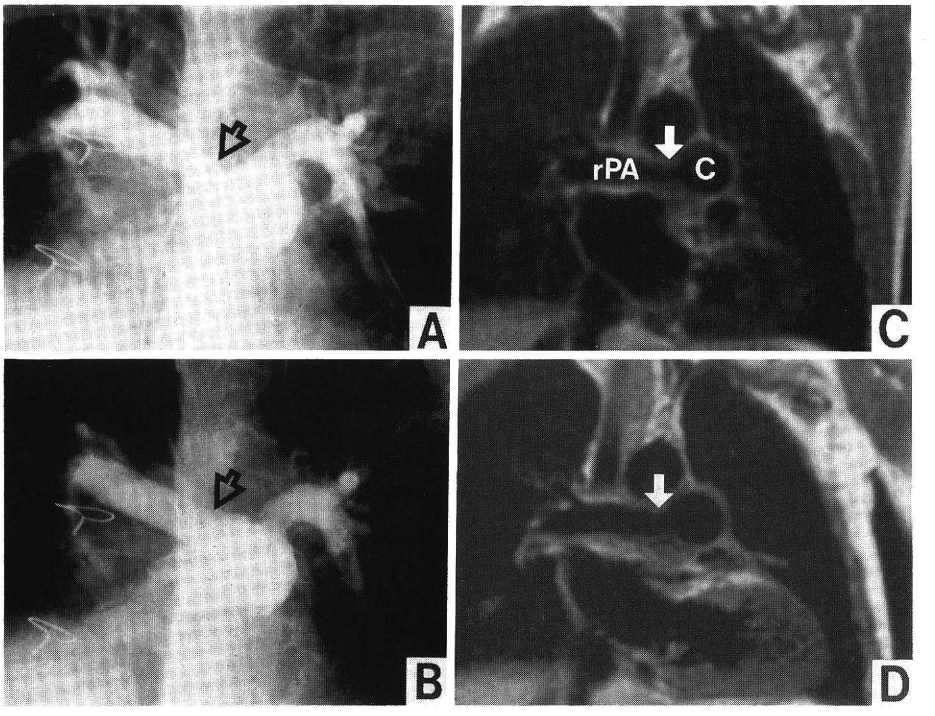

図3　症例1のバルーン拡大術前後の心血管造影，MRI
A・術前の心血管造影，斜位像．B・術後の心血管造影，斜位像．C・術前のMRI，斜位像．D・術後のMRI，斜位像．：矢印は狭窄部を示す．C；conduit. rPA；right pulmonary artery.

Presented by Medical*Online

表2　症例1の心血管造影，MRIの計測値

	心血管造影	MRI
右肺動脈	9.9	12
右肺動脈分岐部狭窄（術前）	6.1	3.8
右肺動脈分岐部狭窄（術後）	9.6	7.6
左肺動脈	8.9	7.0
左肺動脈分岐部狭窄（術前）	4.5	*
左肺動脈分岐部狭窄（術後）	4.2	2.3

単位（mm）
*抽出できず

表3　症例2のカテーテル圧所見

	術　前	術　後
右室	145/—	70/—
右肺動脈	42/20(29)	
左肺動脈	14/8 (12)	27/7 (17)
大動脈	122/64(85)	105/65(80)

単位（mmHg）

表2に示す．右肺動脈分岐部に対し，Ultrathin® ϕ10 mm，12mmのダブルバルーン法にて拡張を行い（計18.0mm[17])12気圧でwaistの消失を見た．左肺動脈分岐部に対しては，ダブルバルーン法にて拡張を試みたが不成功に終わった．

MRI：術前後の右肺動脈分岐部狭窄部の斜位像を図3C，Dに示す．また，計測値を表2に示す．右肺動脈分岐部狭窄は術前にその形態把握，狭窄部径の計測が可能だった．左肺動脈は術前のMRIでは描出できず，術後に断面を工夫することで撮像できた．

【症例2】

臨床経過：11歳男児．ファロー四徴兼肺動脈閉鎖にて3歳時，右Blalock-Taussig shunt設置，4歳時，extracardiac conduit repair施行．術後肺動脈狭窄を残した．肺動脈造影にて肺動脈分岐部の蝶形狭窄が認められたためバルーン肺動脈形成術を施行した．

心臓カテーテル及びバルーン肺動脈拡大術：圧データを表3に示す．心血管造影を図4A，Bに，計測値を表4に示す．左肺動脈狭窄部に対してUltrathin®

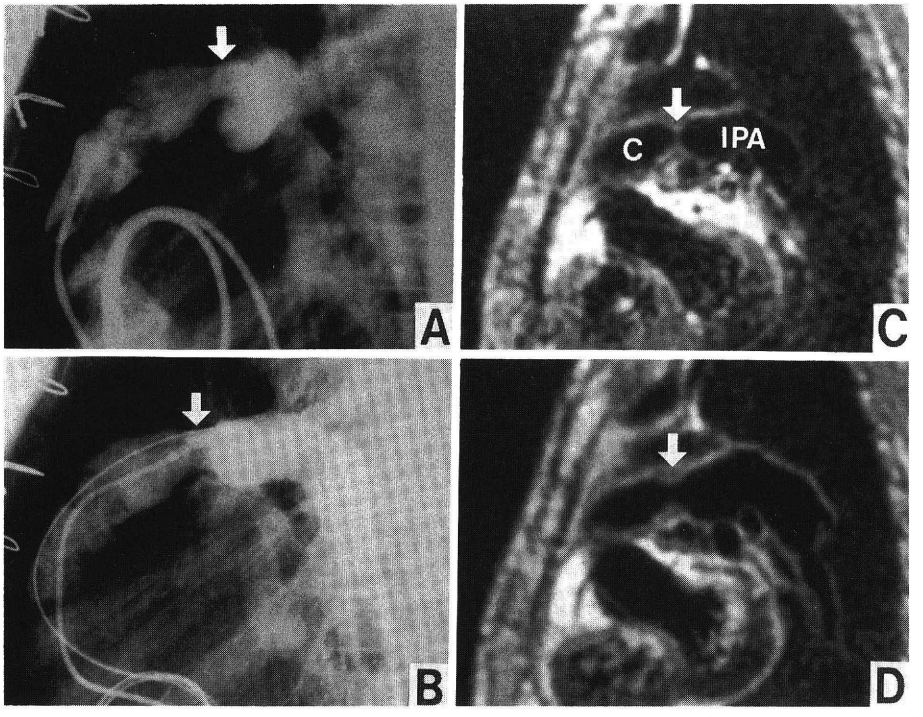

図4　症例2のバルーン拡大術前後の心血管造影，MRI
A・術前の心血管造影，側面像．B・術後の心血管造影，側面像．C・術前のMRI，斜位像．D・術後のMRI，斜位像．：矢印は狭窄部を示す．C；conduit. lPA；left pulmonary artery.

Presented by Medical*Online

表4　症例2の心血管造影，MRIの計測値

	心血管造影	MRI
左肺動脈	14.4	13.5
左肺動脈分岐部狭窄（術前）	8.2	5.0
左肺動脈分岐部狭窄（術後）	10.6	8.0
右肺動脈	15.3	16.0
右肺動脈分岐部狭窄（術前）	*	7.2
右肺動脈分岐部狭窄（術後）	10.0	7.0

単位（mm）
*像が重なり計測できず

φ10mm，8mmのダブルバルーン法で（計14.8mm[17]）12気圧で拡張した．わずかに下側にwaistが残った．術時間が長くなり右肺動脈狭窄部へのバルーン拡大術は次回以降に行うこととし今回は中止した．

MRI：術前後の左肺動脈分岐部狭窄部の斜位像を図4C，Dに示す．また，計測値を表4に示す．術前に左右肺動脈分岐部狭窄の形態把握及び狭窄部径の計測が可能だった．

考　察

従来よりバルーン拡大術の適応を決定するために，まず心エコー法が広く行われている．心エコー法は非侵襲的検査であり，狭窄部位の形態観察に加え狭窄前後の圧較差測定が可能であり有用だが，肺動脈末梢や大動脈縮窄を対象とした場合，エコービームが入りにくく十分な評価ができないことも少なくない．心血管造影法は圧較差評価，形態評価が可能だが，斜位像を用いても主肺動脈と左右肺動脈が重なり狭窄部形態を明瞭に描出できない場合もある．今回の検討でも症例2の術前の右肺動脈分岐部は主肺動脈と重なり，狭窄部を評価できなかった．またこの検査は侵襲的であり繰り返し行えない．

一方，MRIは非侵襲的検査として大血管の描出に優れ，心血管造影と異なりtomographic modeのため，適切な斜位断面を設定し撮像することで血管の走行や形態を重なりなく詳細に観察できるとしている[7]．肺動脈の形態評価については肺血流減少型心疾患を中心にいくつかの報告があり[8)~13)]，多断面特に適切な斜位断面での形態評価が有用で[13]，その計測値と心血管造影での計測値との相関は良好であるとしている．また，大動脈縮窄ではバルーン形成術後経過をMRIで評価した報告があり[14)~16)]，心血管造影結果とよく一致したとされている．肺動脈狭窄に関してバルーン形成術の評価をMRIで行った報告は少なく，我々の調べ得た範囲では肺動脈弁狭窄のバルーン形成術後にMRIで弁形態を観察した報告が見られるのみである[18]．この報告では弁の拡張部位，弁下拡張部位を明瞭に描出できたとしている．

今回の我々の検討では狭窄部位は，2症例のバルーン術前術後，左右肺動脈の計8箇所のうち，7箇所で描出可能であった（表2，4）．描出できなかった箇所は症例1のバルーン術前の左肺動脈吻合部であった．この例は左肺動脈の走行が手術後，正常と大きく異なっており，心血管造影を参考にすることでバルーン術後にはその描出ができた．

今回の症例はMRIによる狭窄部の計測値が，心血管造影の値よりやや小さい傾向があった．この理由としては，肺動脈の走行に垂直で最大径の部位に斜断面が十分設定されていない可能性があること，肺動脈径計測時のphaseが異なることが挙げられる．心血管造影ではその最大拡張時の径を採用したが，MRIでは収縮期で撮像してあり収縮期が肺動脈の最大拡張時でない例がある可能性が考えられる．肺動脈の定量的評価でMRIの計測値が心血管造影の計測値よりやや小さくなるとの報告がされているが[12]，同様の理由が考察されている．しかし術前後での径の差はMRI，心血管造影共にほぼ同じで，血管形成術の効果は同等に評価できた．今後適切なphaseの設定あるいはcine modeの使用，斜断面の設定の工夫などにより改善されるものと考えられる．

以上から，MRIは非侵襲的でバルーン肺動脈形成術前診断，術後のフォローアップに非常に有用と考えられた．

文　献

1) 布施茂登，越後茂之，神谷　哲，石沢　瞭，熊手宗隆，加藤裕久，中西敏雄，門間和夫，小池一行，鈴木和重，松本康俊，馬場　清，井埜利博，富田　英，佐藤　勇，松島正気，村上保夫，浜岡建城，井上寛治，秋葉伴晴：第1回小児の心血管インターベーションの実態調査の結果報告．日小循誌　1994；10：329—336

2) Stanger P, Cassidy SC, Girod DA, Kan JS, Labadidi Z, Shapiro SR: Balloon pulmonary valvuloplasty: Results of the valvulopasty and angioplasty of congenital anomalies resistry. Am J Cardiol 1990; 65: 775—783

3) Rocchini AP, Beekman RH, Shachar GB, Benson L, Schwartz D, Kan JS: Balloon aortic valvuloplasty: Results of the valvuloplasty and

Presented by Medical*Online

angioplasty of congenital anomalies resistry. Am J Cardiol 1990 ; 65 : 784—789
4) Tynan M, Finley JP, Fontes V, Hess J, Kan J : Balloon angioplasty for the treatment of native coarctation : Results of the valvuloplasty and angioplasty of congenital anomalies resistry. Am J Cardiol 1990 ; 65 : 790—792
5) Hellenbrand WE, Allen HD, Golinko RJ, Hagler DJ, Lutin W, Kan J : Balloon angioplasty for aortic recoarctation : Results of the valvuloplasty and angioplasty of congenital anomalies resistry. Am J Cardiol 1990 ; 65 : 793—797
6) Kan JS, Marvin WJ Jr, Bass JL, Muster AJ, Murphy J : Balloon angioplasty-branch pulmonary artery stenosis : Results of the valvuloplasty and angioplasty of congenital anomalies resistry. Am J Cardiol 1990 ; 65 : 798—801
7) Julsrud PR : Magnetic resonance imaging of the pulmonary arteries and veins. Semin Ultrasound CT MR 1990 ; 11 : 184—205
8) Vick GW III, Rockey R, Huhta JD, Mulvagh SL, Johnson DL : Nuclear magnetic resonance imaging of the pulmonary arteries, subpulmonary region, and aorticopulmonary shunts : A comparative study with two-dimensional echocardiography and angiography. Am Heart J 1990 ; 119 : 1103—1110
9) Gomes AS, Lois JF, Williams RG : Pulmonary arteries : MR imaging in patients with congenital obstruction of the right ventricular outflow tract. Cardiac Radiol 1990 ; 174 : 51—57
10) Cancer CE, Gutierrrez FR, Mirowitz SA, Martin TC, Hartmann AF : Evaluation of pulmonary arterial morphology in cyanotic congenital heart disease by magnetic resonance imaging. Am Heart J 1989 ; 118 : 347—353
11) Mirowitz SA, Gutierrez FR, Canter CE, Vannier MW : Tetralogy of Fallo : MR findings. Cardiac Radiol 1989 ; 171 : 207—212
12) 丹羽公一郎，青墳裕之，内柴三佳，藤原　直，松尾浩三：MRI を用いた肺血流減少型心疾患の肺動脈の評価．日小循誌　1992 ; 7 : 606—610
13) Hayes AM, Baker EJ, Parsons J, Anjos R, Quesi SA, Maisey MN, Tynan M : Evaluation of pulmonary artery anatomy using magnetic resonance : The importance of multiplanar and oblique imaging. Pediatr Cardiol 1994 ; 15 : 8—13
14) Amparo EG, Higgins CB, Shaften EP : Demonstration of coarctation of the aorta by magnetic resonance imaging. AJR 1984 ; 143 : 1192—1194
15) Boxer RA, LaCorte MA, Singh S, Cooper R, Fishman MC, Goldmann M, Stein HL : Nuclear magnetic resonance imaging in evaluation and follow-up of children treated for coarctation of the aorta. J Am Coll Cardiol 1986 ; 7 : 1095—1098
16) Fawzy ME, Sinner W, Rifai A, Galal O, Dunn B, El-Deeb F, Zaman L : Magnetic resonance imaging compared with angiography in the evaluation of intermediate-term result of coarctation balloon angioplasty. Am Heart J 1993 ; 126 : 1380—1384
17) Yeager SB : Balloon selection for double balloon valvotomy. J Am Coll Cardiol 1987 ; 9 : 467—468 (Letter)
18) 上村　茂，平山健二，根来博之，笠松美恵，吉岡美咲，鈴木博之，吉田　茂，小池通夫：乳児期に balloon pulmonary valvuloplasty の効果が不十分であった肺動脈弁形態の short TE, TR を含む Cine MR 所見．日小循誌　1993 ; 9 : 68 (抄録)

Presented by Medical*Online

Evaluation of Pulmonary Arterial Morphology before and after Balloon Pulmonary Angioplasty by Magnetic Resonance Imaging

Hiromichi Hamada, Hiroyuki Aotsuka, Koichiro Niwa, Shigehiro Morishima*, Kozo Matsuo* and Tadashi Fujiwara*

Departments of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, Chiba children's Hospital

We performed magnetic resonance imaging in 2 cases with postoperative pulmonary stenosis to evaluate pulmonary artery morphology before and after balloon pulmonary angioplasty. Balloon pulmonary angioplasty was performed on the stenotic right pulmonary artery after extracardiac conduit repair of truncus arteriosus (Case 1), and the left pulmonary artery after extracardiac conduit repair of Tetralogy of Fallot with pulmonary atresia (Case 2). The both stenotic sites were clearly visualized on oblique view by magnetic resonance imaging. Morphological findings and calculated diameters of stenotic sites were the same on magnetic resonance imaging and on angiography. In conclusion, magnetic resonance imaging was a useful modality for noninvasive assessment of pulmonary arterial anatomy before and after balloon pulmonary angioplasty.

Presented by Medical*Online