

リアルタイム動画転送システムによる新生児心疾患の心エコー遠隔診断
—高速インターネット回線を用いて—

黒崎 健一¹⁾, 北野 正尚¹⁾, 渡辺 健¹⁾, 宮崎 文¹⁾
矢崎 諭¹⁾, 津田 悦子¹⁾, 大内 秀雄¹⁾, 山田 修¹⁾
大月 審一²⁾, 越後 茂之¹⁾

国立循環器病センター小児循環器診療部¹⁾,
岡山大学大学院医歯薬学総合研究科小児医科学講座²⁾

Key words:

tele-echocardiography, tele-diagnosis, internet, neonate, congenital heart defect

Tele-echocardiography in Neonates Using Broadband Internet Access

Ken-ichi Kurosaki,¹⁾ Masanao Kitano,¹⁾ Ken Watanabe,¹⁾ Aya Miyazaki,¹⁾ Satoshi Yazaki,¹⁾
Etsuko Tsuda,¹⁾ Hideo Ohuchi,¹⁾ Osamu Yamada,¹⁾ Shin-ichi Ohtsuki,²⁾ and Shigeyuki Echigo¹⁾

¹⁾Department of Pediatric Cardiology, National Cardiovascular Center, Osaka, ²⁾Department of Pediatrics, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry, and Pharmaceutical Sciences, Okayama, Japan

Background: Live transmission of echocardiograms can provide real-time diagnoses to neonatal facilities without in-house pediatric cardiologists. The purpose of this study was to confirm the feasibility and usefulness of tele-echocardiography using broadband Internet access in neonates suspected of having congenital heart disease.

Methods: The remote neonatal facility established broadband Internet access to our national cardiovascular center. The tele-echocardiographic system used consists of ALOKA SSD-alpha10 and REINS gate software. Pediatric cardiologists in our center interpreted the neonatal tele-echocardiograms in real time, and the diagnoses, with recommendations, were immediately communicated to attending physicians.

Results: Eight neonatal studies were performed from January to May 2007. They were suspected of having congenital heart defects because of heart murmur and/or cyanosis. The quality of transmitted echocardiographic images was excellent for evaluation. All of them were identified as having congenital heart anomalies by tele-echocardiography. Two neonates required urgent transfer to our center for specialist care and surgery. Another 6 neonates had significant cardiac lesions and were recommended for elective transfer at appropriate times. In all cases, the remote echocardiographic diagnosis was correct, as confirmed by follow-up face-to-face consultations.

Conclusion: Transmitted images of real-time neonatal echocardiograms using broadband Internet access were of excellent quality, allowing accurate diagnoses with recommendations.

要 旨

目的：高速インターネット回線を用いた高精細動画像リアルタイム転送システムによる新生児心エコー遠隔診断を施行し、その有用性を検討した。

方法：近隣市の新生児集中治療室で先天性心疾患を疑い、国立循環器病センターに心エコー遠隔診断を依頼した新生児を対象とした。高速インターネット回線はOCN光アクセスBフレッツを用い、高精細リアルタイム動画転送にはALOKA社製SSD-α10 REINS Gateエコーシステムを用いた。

結果：2007年1～5月の間に8例の新生児心エコー遠隔診断を施行した。伝送動画像は精細かつスムーズ、10分程度でほぼ正確な診断が可能であった。全例が先天性心奇形を有していると遠隔診断し、うち2例には専門的治療と手術のために緊急搬送を勧告した。ほかの6例にも有意な心奇形のため待期的搬送を勧告した。全例ともに、その後の直接診察で遠隔診断は正確であったと評価した。

結論：高速インターネット回線を用いたリアルタイム新生児心エコー遠隔診断は正確で有用である。

平成19年12月17日受付

別刷請求先：〒565-8565 大阪府吹田市藤白台5-7-1

平成20年4月16日受理

国立循環器病センター小児循環器診療部 黒崎 健一

はじめに

小児循環器学，小児心臓外科学の進歩により，治療し得る先天性心疾患はその幅を広げており，小児循環器専門医師の果たすべき役割は増大してきている．特に新生児の先天性心疾患は初期診断，初期治療が生命を左右することが多く，新生児集中治療室(NICU)には小児循環器専門医師が参加することが望ましい．しかしトレーニングに時間を要する小児循環器専門医師が近い将来に大幅増加することは期待できない．

小児循環器領域では心臓超音波診断装置(心エコー)が先天性心疾患診断に必要な不可欠な存在となり，特に非侵襲的検査が望まれる新生児期には第一選択の検査法となっている．

本邦ではインターネットが加速度的に普及し，最近是一般家庭にも光ファイバーを用いた高速インターネット回線が整備されてきている．コンピュータの高性能化，画像圧縮技術の進歩も著しく，時と場所を選ばず高精細動画をリアルタイム転送することが可能になりつつある．高速インターネットを利用してリアルタイムに心エコー遠隔診断ができれば，患児，家族の利益はもとよりマンパワー不足が報じられる小児医療の一助になると思われる．

これまでも心エコー遠隔診断の報告はあるが，現在では通信速度が遅いとされるintegrated services digital network (ISDN)回線によるものであった¹⁻⁹⁾．今回，光ファイバーによる高速インターネット回線を用いて，高精細動画リアルタイム転送システムによる心エコー遠隔診断を施行したので報告する．

対象と方法

対象は2007年1～5月の間に，近隣市にある総合病院のNICUにて先天性心疾患を疑い，約15km離れた国立循環器病センター小児循環器診療部に心エコー遠隔診断を依頼した新生児とした．当該総合病院には小児循環器専門医師は常勤しておらず，国立循環器病センター小児循環器診療部の医師が週に一度の小児循環器専門外来を出張担当している．

送信側になるNICUでは，心エコー動画送信システムはSSD- α 10 REINS Gateを用い，ベッドサイドでの画像送信を行った．このシステムはALOKA社製心エコーProsound α 10からIEEE1394で出力されるデジタル画像をReal-time Echo Imaging Network System(REINS) Gateユニットを経由し，インターネット網を使用して診断を行うコンピュータに送信するものである．受信側になる国立循環器病センターでは，遠隔診断専用の

Windowsコンピュータを設置しREINS Gate専用ソフトを用いて動画表示装置とした．インターネット回線はOCN光アクセスBフレッツを用い，回線の実効速度は30Mbps程度であった．SSD- α 10 REINS Gateシステムはフルデジタルで時間方向の圧縮を伴わない配信方法で遠隔配信を行うことができ，また一般公衆回線を疑似専用回線化するvirtual private network(VPN)機能を有しており，暗号化により情報漏洩を未然に防ぐことが可能である．

運用に先立ちテスト用ビデオ画像を上記システムで転送し，画質が診断可能なレベルにあることを確認した．さらに日時を変えて3回のリアルタイム心エコー動画転送実験を行い，複数の小児循環器専門医師によって画質を評価し，その間のパケット通信量とパケットロスを計測した．

インターネットを介した情報の送信は個人情報を入力しない心エコー動画のみとし，患児の身体所見を含む個人情報は同時に接続する通常の電話を用いて音声で行った．

機材を設置後，国立循環器病センターの小児循環器専門医師が送信側のNICUへ出向き，心エコー装置の使用法，診断に必要な基本断面およびカラーフローマッピング，血流速度の測定について実施指導した．特に上腹部から胸骨左縁を通して頸部まで，横断面をcomputed tomography(CT)のように描出する方法「横断面連続スキャン方式」を遠隔診断の基本画像とした(Fig. 1)．NICUでの心エコー実施者は新生児科医師であり心エコーの専門的トレーニングは受けていなかった．

受信側の国立循環器病センターでは，通常の勤務時間内は新生児心疾患担当の小児循環器専門医師3人に対応し，時間外は小児循環器診療部当直医師が対応することとして24時間体制を敷いた．

具体的には，NICUで心疾患を疑い小児循環器専門医師による心エコー診断が早急に必要と判断した新生児がいれば，国立循環器病センター小児循環器診療部の担当医師に電話連絡して双方が機器の準備をした．電話による音声で双方向通信しながら，NICUが発信する心エコー動画を見て診断をし，緊急搬送を含む初期治療方針についてアドバイスをを行った．児の両親には遠隔診断実施と相前後して口頭による説明と同意，承諾を得た．

遠隔診断の評価については，遠隔診断後に当センターに転院となった患児は転院時に，転院しなかった患児については当科の小児循環器専門医師がNICUに出向いて確定診断を行った．それぞれの症例について

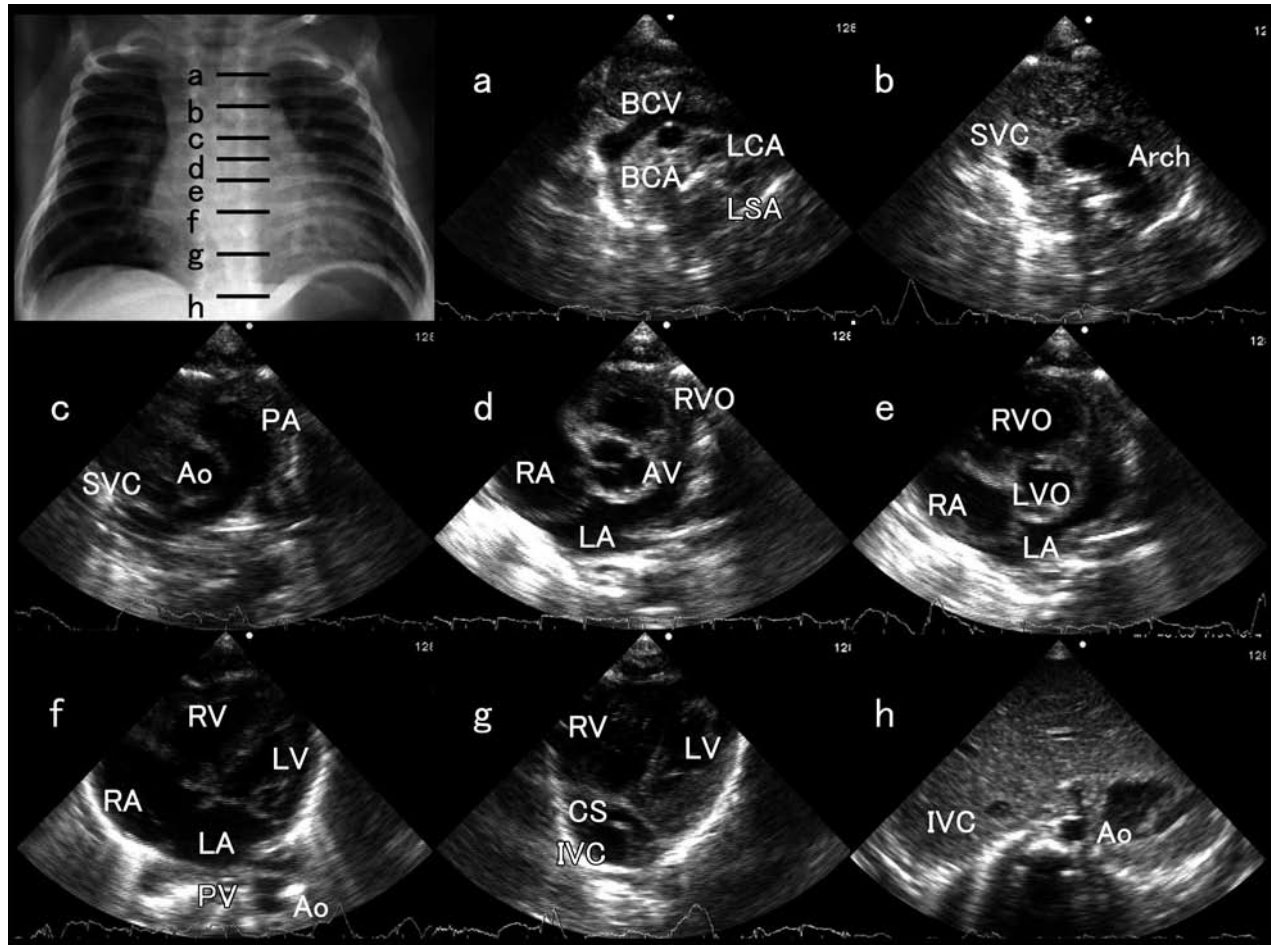


Fig. 1 Horizontal views of two-dimensional echocardiogram in a neonate with ventricular septal defect.

BCV: brachiocephalic vein, BCA: brachiocephalic artery, LCA: left common carotid artery, LSA: left subclavian artery, SVC: superior vena cava, Arch: aortic arch, Ao: aorta, PA: pulmonary artery, RA: right atrium, LA: left atrium, AV: aortic valve, RVO: right ventricular outflow tract, LVO: left ventricular outflow tract, RV: right ventricle, LV: left ventricle, PV: pulmonary vein, IVC: inferior vena cava, CS: coronary sinus

て、遠隔診断の有用性を評価検討した。また送信、受信双方に設置したdigital versatile disk(DVD)レコーダーに記録された動画像の差異について検討した。

結 果

動画転送実験におけるパケット通信量とパケットロスをTable 1 に示す。診断に要する時間を10分程度と推定して、609~788秒のリアルタイム心エコー動画転送を行った。1秒当たりのパケット通信量は安定しており、画像評価にあたった国立循環器病センターの小児循環器専門医師9名全員が画像は通常の心エコーと変わらない精細さで動きもスムーズであると評価した。パケットロスはわずかであり、画像の劣化や乱れは目視確認できないレベルであった。

対象とした新生児8例をTable 2 に示す。出生体重

は $2,652 \pm 430$ g(平均 \pm 標準偏差)、出生週数は 39.1 ± 1.6 で、 2.6 ± 1.2 dayで遠隔診断を実施した。心疾患を疑った所見は心雑音が6例(75%)、チアノーゼが5例(63%)、多呼吸が1例(13%)であった。またダウン症候群の合併は4例(50%)、新生児仮死の合併は2例(25%)であった。

遠隔診断の実施はスムーズで、送信側医師の電話連絡から受信側医師の画像表示コンピュータへの移動を含めて遠隔診断開始まで5分程度であった。画像表示から診断までに要した時間は10分程度であった。回線やコンピュータのトラブルはなく、また診断に障害を与えるような画像の乱れはなかった。Case 4の遠隔診断にあたってはテスト時と同様に受診パケット数とパケットロスを記録し得たのでTable 3 に示す。テスト時に比してわずかにパケットロスが増加していたが、

Table 1 Packet loss at tests of tele-echocardiography

	Test 1: 609 seconds	Test 2: 788 seconds	Test 3: 723 seconds
Received packets (per second)			
Mean	2,821	2,820	2,820
Standard deviation	40	21	19
Median	2,820	2,820	2,820
Minimum	2,726	2,726	2,726
Maximum	3,616	2,910	2,882
Packet loss (per second)			
Mean	0.32	1.78	1.42
Standard deviation	1.11	6.04	4.70
Median	0	0	0
Minimum	0	0	0
Maximum	16	88	54

Table 2 Patient characteristics

Case	Body weight at birth (g)	Gestational age at birth (week)	Age at tele-diagnosis (day)	Indication for tele-echocardiography	Down syndrome	Asphyxia neonatorum
1	2,815	39	5	Heart murmur, Cyanosis	yes	no
2	2,240	39	2	Cyanosis	yes	yes
3	3,244	41	2	Heart murmur, Tachypnea	no	no
4	2,298	41	3	Heart murmur, Cyanosis	no	no
5	2,992	39	2	Heart murmur, Cyanosis	no	no
6	1,986	37	3	Heart murmur	yes	yes
7	2,770	37	3	Heart murmur	yes	no
8	2,870	40	1	Cyanosis	no	no

Table 3 Packet loss at tele-echocardiography of case 4

Required time for diagnosis (second)	729
Received packets (per second)	
Mean	2,820
Standard deviation	31
Median	2,820
Minimum	2,643
Maximum	3,088
Packet loss (per second)	
Mean	8.2
Standard deviation	8.1
Median	6
Minimum	0
Maximum	56

画像の乱れは確認できず、通信確立から通信終了までに要した時間は12分9秒であった。Fig. 2にCase 5の受信動画を静止画にして示す。また全例とも遠隔診断施行にあたって鎮静剤などは使用しなかった。

遠隔診断結果をTable 4に示す。いずれの診断も容易で特に困難な点はなかった。8例中7例が複合型の先天性心奇形であり、比較的単純な疾患は心室中隔欠損の1例のみであった。Case 3およびCase 8はそれぞれ大動脈縮窄複合、重症肺動脈狭窄と診断し、いずれもプロスタグランジンE₁持続静注下にルームエアで管理し、国立循環器病センターへの緊急搬送を勧告した。ほかの6例は緊急搬送の必要はないと判断し、予定転院または外来受診を勧めた。このうち肺血流減少型のチアノーゼを呈していた3症例(Case 1, 4, 5)では、水分制限や利尿剤使用をせず、チアノーゼが増悪すれば酸素投与して搬送することとした。また新生児

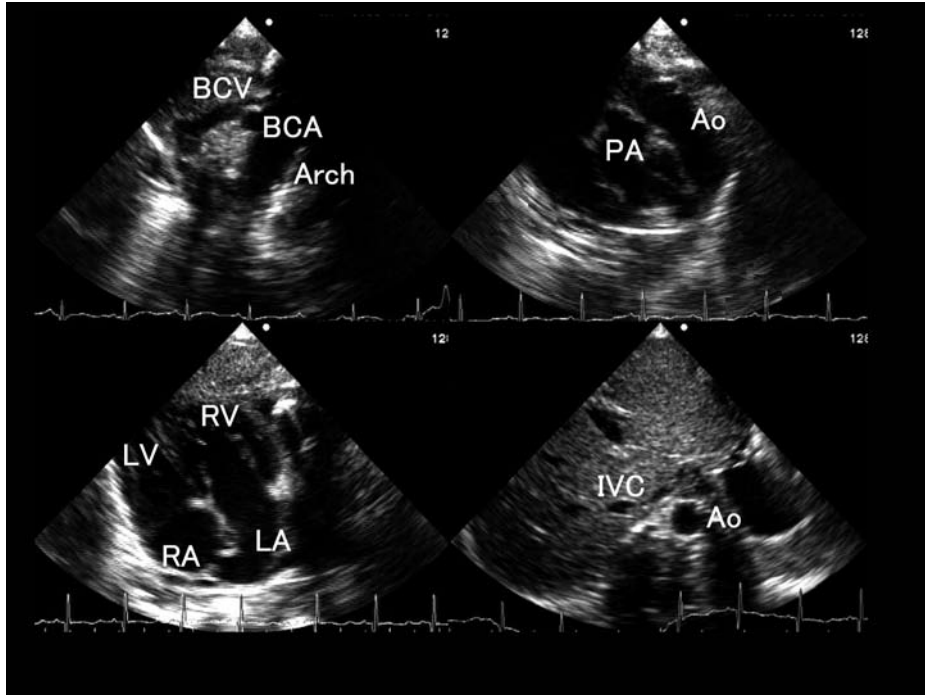


Fig. 2 Horizontal views of two-dimensional tele-echocardiogram in case 5.
BCV: brachiocephalic vein, BCA: brachiocephalic artery, Arch: aortic arch, Ao: aorta, PA: pulmonary artery, RA: right atrium, LA: left atrium, RV: right ventricle, LV: left ventricle, IVC: inferior vena cava

Table 4 Tele-diagnosis and recommendations

Case	Tele-diagnosis	Recommendation		
		Management in room air	CIV of PGE ₁	Transfer
1	TOF	no	no	Elective
2	CAVC(C), PDA, PH	yes	no	Elective
3	CoA, VSD, PDA, PFO, PH	yes	yes	Urgent
4	DORV(subaortic VSD), infundibular PS, PLSVC to CS	no	no	Elective
5	AVD, DORV, VSD, ASD, PS	no	no	Elective
6	CAVC(C), PDA, PH	yes	no	Elective
7	VSD, PFO, PH	yes	no	Elective
8	cPS, PDA, PFO, PH	yes	yes	Urgent

CIV: continuous intravenous infusion, PGE₁: prostaglandin E₁, TOF: tetralogy of Fallot, CAVC: common atrioventricular canal, PDA: patent ductus arteriosus, PH: pulmonary hypertension, CoA: coarctation of aorta, VSD: ventricular septal defect, PFO: patent foramen ovale, DORV: double-outlet right ventricle, PS: pulmonary stenosis, PLSVC: patent left superior vena cava, CS: coronary sinus, AVD: atrioventricular discordance, ASD: atrial septal defect, cPS: critical PS

仮死とダウン症を合併し、共通房室弁口、動脈管開存、肺高血圧と診断された2例(Case 2, 6)は、新生児仮死の治療を続け、肺血管抵抗が低下して高肺血流傾向になれば転院予定とした。

最終的に6例(Case 1~5, 8)が国立循環器病センターに転院し確定診断された。ほかの2例(Case 6, 7)

は国立循環器病センターへの受診を希望しなかったため、当部の専門医がNICUに出向いて確定診断を行った。確定診断結果と遠隔診断との違いをTable 5に示す。Case 1の右鎖骨下動脈起始異常は遠隔診断時には不明であった。Case 2は確定診断時に動脈管が自然閉鎖していた。Case 4は遠隔診断時に、フォロー四徴様

Table 5 Definitive diagnosis and discrepancy

Case	Age at definitive diagnosis (day)	Definitive diagnosis	Discrepancy between tele-diagnosis and definitive diagnosis
1	17	TOF, AORSCA	AORSCA missed
2	4	CAVC(C), PH	Ductus arteriosus closed at definitive diagnosis
3	2	CoA, VSD, PDA, PFO, PH	None
4	5	TOF, PLSVC to CS	Continuity between AV and MV missed
5	2	AVD, DORV, VSD, ASD, PS	None
6	20	CAVC(C), PDA, PH	None
7	7	VSD, PFO, PH	None
8	2	cPS, PDA, PFO, PH	None

TOF: tetralogy of Fallot, AORSCA: aberrant origin of right subclavian artery, CAVC: common atrioventricular canal, PH: pulmonary hypertension, CoA: coarctation of aorta, VSD: ventricular septal defect, PDA: patent ductus arteriosus, PFO: patent foramen ovale, DORV: double-outlet right ventricle, PLSVC: patent left superior vena cava, CS: coronary sinus, AVD: atrioventricular discordance, ASD: atrial septal defect, PS: pulmonary stenosis, AV: aortic valve, MV: mitral valve, cPS: critical PS

であるが大動脈弁と僧帽弁に線維性連続がないように見えたため、両大血管右室起始、大動脈弁下心室中隔欠損、肺動脈狭窄と診断した症例であった。転院後の心エコー検査では大動脈弁と僧帽弁に線維性連続が確認されファロー四徴と確定診断した。

国立循環器病センター小児科に転院した6例のうち、緊急搬送を勧告したCase 3は5 daysで一期的修復手術(大動脈弓再建、動脈管閉鎖、心室中隔欠損閉鎖)を施行し良好に経過している。Case 8は4 daysで経皮的バルーン肺動脈弁形成術の施行に成功した。Case 1は次第にチアノーゼが進行し、17 daysで転院、23 daysで体肺動脈短絡手術を施行した。Case 2およびCase 4は心機能、血行動態は安定しており当科を退院、それぞれ上気道閉塞、内反足の精査目的にて他専門施設に入院した。Case 5は肺血流バランスがとれているため外来経過観察とし、期待的にダブルスイッチ手術をめざしている。Case 6, Case 7については確定診断後の経過は不明である。

また当システム運用終了後に、送信側、受信側にそれぞれ設置したDVDレコーダーのハードディスクに記録された動画をDVDディスクに記録した。国立循環器病センター小児循環器診療部の専門医師が複数で双方のDVDディスクに記録された動画を確認したが差異は感じられなかった。

考 案

これまで小児循環器領域における心エコー動画転送による遠隔診断の報告はISDN回線によるものがほとんどであった¹⁻⁹⁾。ISDNは、交換機・中継回線・加入者線がすべてデジタル化された、パケット通信・回

線交換データ通信にも利用できる公衆交換電話網である。そのセキュリティは高いとされているが、通信速度は64kbpsが基本単位で通常は1回線2チャンネルで128kbpsである。このISDNを1回線のみ使用したりアルタイム心エコー遠隔診断の報告もあるが⁵⁾、多くの報告は3回線を同時使用して384kbpsの通信速度を確保している^{3, 4, 6, 7)}。われわれの施設でもISDNを3回線同時使用して、心エコーや心臓カテーテル検査の動画をを用いたテレビカンファレンスを行っているが、画像の動きはぎこちなくブロックノイズが出現している。Houstonらは新生児の心エコー動画転送時のISDN回線数について研究し、3回線以上が必要で6回線使用すると直接施行する心エコー画像と差がないとしている²⁾。またISDNを24基本単位使用した1.544MbpsのT1 lineを使用した報告もある¹⁰⁾。

わが国ではISDNは1回線でアナログ電話と同様の設備費、通信費が必要であり、これを多回線維持し日常的に使用するのには比較的高額な費用が必要である。一方で光ファイバーなどを用いた高速インターネット回線が急速に普及し、設備費用も著しく低下した。その通信速度はベストエフォートで100Mbpsに達しており、通信費用もアナログ電話やISDNと比して高額ではなく固定制である。セキュリティの問題もVPN機能の発展により解決されつつあり、高速インターネット回線の優位性が明らかになってきている。

今回使用したSSD- α 10 REINS Gateシステムは、精細な動画の送受信を安定して行うことができた。このシステムはフルデジタルで時間方向の圧縮を伴わない配信方法を採用しており、受信動画は通常の直接心エコー検査時の動画に比して目視では差がわからな

いほど精細かつ滑らかな動きを示し、循環器専門医師間のカンファレンスにも十分使用できるレベルであった。パケット通信実験でも安定した結果がでており、光ファイバーを用いた高速インターネット回線は心エコー動画の送受信に十分な情報伝達経路であると思われる。また送受診装置の操作方法も簡便で、短時間の説明で誰もが使用できた。

問題点は、専用心エコー装置と大容量のインターネット回線が必要なことにある(ALOKA社は実効速度20Mbps以上の高速回線を勧告している)。目的である「新生児科医師が心エコーを操作し、短時間の遠隔診断で初期治療方針を決定する」には十分過ぎる能力であり、むしろ動画の精細さや動きの滑らかさは低下しても、現時点でNICUが保有する心エコー装置を用いて、低容量のインターネット回線でも動画による遠隔診断ができる方式を確立することが、マンパワー不足の小児循環器医療には必要と思われた。実際、われわれの施設内での実験では、汎用ビデオチャットアプリケーションとADSL回線を用いて1Mbps未満の通信速度でビデオテープ録画した心エコー動画を送受診し、初期診断や治療方針決定には十分使用可能であるとの結果を得ている。この方法は厚生労働科学研究費補助金事業として多施設共同研究が現在進行中であり、その成果が期待される。

対象の8例中7例は複合型心奇形を伴っていた。これまでの遠隔心エコー診断の報告は、検査総数は多いが心病変は少数にしか存在しなかった^{1, 3, 4, 6, 7)}。今回の結果は、遠隔診断の対象患児を選別した新生児科医師の臨床能力が高いことを示していると思われた。わが国にはNICUをもつ医療施設が数多く存在する。それぞれのNICUに遠隔診断対象を選別できるレベルの新生児科医師がいれば、1つの小児循環器専門施設で数多くのNICUをカバーすることができる可能性が示唆され、今後の展開が期待される。

診断精度は十分満足できるもので、確定診断との差異は治療方針の選択に影響を与えないものであった。Case 1では右鎖骨下動脈の起始異常を確認できなかったが、直接心エコーでも確認は困難なこともある。体肺動脈短絡手術時には大動脈からの鎖骨下動脈起始を確定診断しておく必要はあるが、初期治療にはその診断は必要ない。Case 2は遠隔診断時に開存していた動脈管が自然経過で閉鎖したもので、遠隔診断時に予測された経過であった。Case 4は、遠隔診断時にフォロー四徴様であったが、大動脈弁と僧帽弁の線維性連続がないように見えたため、あえて両大血管右室起始、大動脈弁下心室中隔欠損、肺動脈弁下狭窄と診断

した。両者は診断名の差異はあるが、血行動態は的確に把握されており、初期治療に問題はなかった。

今回は事前に小児循環器医師がNICUに出向いて心エコーの指導を行った。一般的・教科書的な方法ではなく、われわれの施設で用いている「横断面連続スキャン方式」を中心に指導した。体軸に直行する横断面を、上腹部胸骨下より胸骨上窩まで連続的にスキャンする方式で、体部CTと同様の断面での動画を描出する。新生児はエコービームが良好に通るため胸骨の上からでも、エコー画像が得られる。わずかに胸骨をはずしてスキャンすればさらに良好な画像が得られる。また胸腺が発達しているため胸骨上部周囲からもエコーが良好に入り画像も良好である。

横断面連続スキャン方式は、われわれの施設で新生児入院時に行っている心エコー診断法であり、区分分析法による心奇形の総合的な形態診断が得やすい。受信側の医師がこの方式に慣れる必要はあるが、送信側の医師には特別なトレーニングは必要なく、今回の研究でもストレスなく遠隔診断が可能であった。動脈管や大動脈弓、肺動脈の走行も立体的に把握することが可能であり、Case 4では左上大静脈遺残が冠静脈洞に流入することも確実に診断できている。

教科書的な四腔断面像や左室長軸像、左室短軸像は良好な描出にある程度のトレーニングが必要であり、描出断面が正確でないと誤った判断をすることがある。Case 4は左室長軸断面の描出が正確でなかったため、大動脈弁と僧帽弁の線維性連続がないと判断したものであった。電話による口頭指示で教科書的な断面を正確に出せる医師には、むしろ遠隔診断は必要ないのかもしれない。

カラーフローマッピングについて、心室中隔欠損や心房中隔欠損などでの短絡や弁逆流の診断に有用であったことは予測されたとおりであった。今回の研究で得られた新しい知見は、大動脈縮窄や大動脈離断の有無を遠隔診断するうえでカラーフローマッピングが必要不可欠であったことである。大動脈弓はその形態描出にかなりのトレーニングを要し、大動脈縮窄や離断の診断は小児循環器専門医でも難しいことがある。また、これらの疾患群は緊急処置、緊急手術を要することが多く、誤診断は生命危機に直結する。今回の遠隔診断でも、大動脈弓の診断に最も注意を払った。具体的には以下の近位部(正確な描出にはかなりのトレーニングを要するため近位部と表現した)でのカラーフローマッピング表示を電話で指示して、受信側医師が判断した。すなわち大動脈弁、大動脈峡部、腹部大動脈、動脈管、肺動脈分岐部である。小児循環器

専門医がこれらの情報を総合的に判断すれば、緊急処置や緊急搬送が必要な新生児の抽出は比較的容易である。Case 3 の大動脈縮窄は上記の方法で診断したものであり、ほかの 7 例も遠隔診断時に大動脈縮窄は否定されている。

遠隔診断がなされなかった場合は、対象患児 8 例はいずれも緊急もしくは準緊急で国立循環器病センターへ搬送入院となった症例であったと思われる。これまで、NICUでは確定診断ができないため患児の急変や不利益を心配して緊急搬送を希望し、当科でも初期治療の遅れによる重体化を懸念して緊急搬送を勧めてきた。今回の研究では、実際に緊急搬送が必要であった症例は 2 例のみであり、ほかの 6 例では余裕をもってその後の診療が行えた。また遠隔診断に要する時間は回線が接続されてから 10 分程度であり、その準備も 5 分程度であった。遠隔診断が普及すれば緊急搬送の頻度が減少し、患児や家族にとってだけでなく NICU や小児循環器施設のスタッフにとっても心理的、時間的、経済的負担が減少する可能性が示唆された。

今回の研究では個人情報保護の観点から、心エコーに個人名や誕生日、患者番号などの患者情報は一切入力せず、インターネット回線では文字情報が入力されていない心エコー動画のみを伝送した。また転送システム自体にも公衆回線を疑似専用回線化する VPN 機能があり、暗号化により情報漏洩を未然に防ぐ工夫がなされている。患児の身体情報などは同時に接続した通常の電話回線を用いて音声で行った。今後も同様の方法を適用すれば、個人情報保護はかなり高いレベルで保たれると思われる。しかしウェブサイトや電子メールなどインターネットを介した受診予約や患者紹介は日常化し、紹介状を添えた各種フィルムやデジタルデータ媒体の配達も民間宅配業者が担当、電話もインターネット回線を用いた IP 電話に変更されつつある現状では、どのレベルのセキュリティをもって必要十分とするのか不明な点が多く、早急な検討が必要である。

結 語

ブロードバンドインターネットを用いた心エコー動

画リアルタイム転送システムによる新生児心疾患の遠隔診断を行った。システムの運用は簡便でトラブルはなかった。診断は正確で初期治療を決定するのに十分であり、緊急搬送、緊急処置が必要な症例の選択が確実にできた。

本研究は国立循環器病センター受託研究費(デジタル遠隔配信技術を用いた小児循環器遠隔診断に関する研究)の援助による。

【参考文献】

- 1) Mulholland HC, Casey F, Brown D, et al: Application of a low cost telemedicine link to the diagnosis of neonatal congenital heart defects by remote consultation. *Heart* 1999; **82**: 217-221
- 2) Houston A, McLeod K, Richens T, et al: Assessment of the quality of neonatal echocardiographic images transmitted by ISDN telephone lines. *Heart* 1999; **82**: 222-225
- 3) Tsilimigaki A, Maraka S, Tsekoura T, et al: Eighteen months' experience with remote diagnosis, management and education in congenital heart disease. *J Telemed Telecare* 2001; **7**: 239-243
- 4) Sable CA, Cummings SD, Pearson GD, et al: Impact of telemedicine on the practice of pediatric cardiology in community hospitals. *Pediatrics* 2002; **109**: E3
- 5) Milazzo AS Jr, Herlong JR, Li JS, et al: Real-time transmission of pediatric echocardiograms using a single ISDN line. *Comput Biol Med* 2002; **32**: 379-388
- 6) Widmer S, Ghisla R, Ramelli GP, et al: Tele-echocardiography in paediatrics. *Eur J Pediatr* 2003; **162**: 271-275
- 7) Justo R, Smith AC, Williams M, et al: Paediatric telecardiology services in Queensland: A review of three years' experience. *J Telemed Telecare* 2004; **10** (Suppl 1): 57-60
- 8) Casey FA: Telemedicine in paediatric cardiology. *Arch Dis Child* 1999; **80**: 497-499
- 9) Sable C: Digital echocardiography and telemedicine applications in pediatric cardiology. *Pediatr Cardiol* 2002; **23**: 358-369
- 10) Randolph GR, Hagler DJ, Khandheria BK, et al: Remote telemedical interpretation of neonatal echocardiograms: Impact on clinical management in a primary care setting. *J Am Coll Cardiol* 1999; **34**: 241-245