

超音波パルス・ドップラー法を用いた新生児早期の右心室流入・流出血流の経時的評価

Right ventricular flow dynamics in the early neonatal period assessed by pulsed Doppler echocardiography

細野 稔彦

Toshihiko HOSONO

Summary

Right ventricular hemodynamic changes in the early neonatal period were observed by pulsed Doppler echocardiography in 45 neonates free of organic cardiac disease. Subjects consisted of 19 male and 26 female infants who were categorized by delivery as 22 normals, seven breech presentations, eight vacuum delivery and eight Cesarean section. Asphyxia was present at birth in 11 cases. Echocardiography was performed at 0, 1, 3, 5 and 30 days of age. The pulmonary flow pattern was recorded using the suprasternal long-axis view as a reference, and the maximum pulmonary flow velocity (PaV), acceleration time (AcT) and right ventricular ejection time (RVET) were measured. Mean pulmonary arterial pressure (MPAP) was estimated from the AcT and AcT/RVET ratio, according to Kitabatake et al. The tricuspid flow pattern was recorded with the four-chamber view as a reference, and the peak velocities of rapid filling (R) and atrial filling (A), and the A/R ratio were measured.

The A/R ratio of tricuspid flow decreased with age in days and no significant differences were observed on each successive day, but there were significant differences between 0 and 3, 5 and 8 days of age.

There were no significant differences by age in days in the maximum velocity of pulmonary blood flow, and the mean value was 74.9 ± 3.0 cm/sec.

The estimated MPAP was maximum at 0 day of age, declined gradually until 5 days of age, and was unchanged thereafter. No significant differences were found according to the type of delivery.

Transient tricuspid regurgitation (TR) was detected in nine infants comprised of seven asphyxial infants and two of breech presentations. In these infants with TR, significantly higher estimates of MPAP were observed as compared with those without TR, and the A/R ratio of tricuspid flow was also higher among the infants with TR.

These results indicate that the data obtained by this study reflect well acute hemodynamic changes in the early neonatal period in normal infants, and it can be applied for assessing cardiopulmonary disease, as well.

Key words

Pulsed Doppler echocardiography Neonatal hemodynamics Tricuspid regurgitation Acceleration time Right ventricular ejection

東邦大学附属大橋病院 小児科
東京都目黒区大橋 2-17-6 (〒153)

Department of Pediatrics, Ohashi Hospital, Toho University School of Medicine, 2-17-6 Ohashi, Meguro-ku, Tokyo 153

Received for publication February 20, 1987; accepted April 7, 1987 (Ref. No. 31-20)

目 的

近年、心エコー図法の発達は著しく、従来の断層図、Mモード法を用いた形態学的診断のみならず、パルス・ドップラー法や連続波ドップラー法を用いた心腔内圧の推定^{1,2)}、血流速度の測定^{3,4)}、および短絡疾患の短絡率の推定^{5,6)}などの機能的診断もなされている。ドップラー法を用いて、正常小児および成人の心腔内あるいは大血管内血流の計測^{4,7)}も既になされているが、新生児について経時的に観察した報告はまだ見当たらない。著者は新生児早期における右心系の血流動態を経時的に記録するとともに、分娩様式や仮死の有無による循環動態への影響について検討した。

対象および方法

対象は当院にて出生した在胎週数 37 週以上、生下時体重 2,500 g 以上、かつ先天性心疾患を認めない男子 19 例、女子 26 例の計 45 例である。分娩様式は **Table 1** に示した。出生時 1 分 apgar score にて 45 例中 11 例に仮死を認めたが、全例 5 分 apgar では改善し、特に治療を必要としなかった。超音波パルス・ドップラー法による検査は原則として哺乳後安静の状態、生後 0 日 (12 時間)、1 日、3 日、5 日、30 日の計 5 回行った。ただし生後 30 日の測定は乳児検診の際外来で行うため、安静が保ち難く、右室流入血流は心拍数の増加により急速心室流入波と心房収縮波が融合し、

一峰性となってしまいうため記録せず、日齢 8 日まで入院している症例のみを検査した。また啼泣や高ビリルビン血症などのため、全例を全回検査することはできず、45 例中、それぞれの日齢で検査を施行し得た症例数を **Table 2**, **Table 3** に示した。右室流入血流の測定は体動、啼泣などによる心拍数増加のため、右室流出血流の症例数の半数程度であった。

右室流入血流の記録は、四腔断層図にて三尖弁をとらえ、sample volume を弁輪部中央に定め、血流波形を strip chart recorder を用いて紙送り速度 100 mm/sec で記録した。**Fig. 1** の如く、急速流入波の最大流速 (maximum velocity of rapid filling: 以下 R) と心房収縮波の最大流速 (maximum velocity of filling during atrial contraction: 以下 A) を測定し、A/R 比を求めた。同時に sample volume を右房内で移動し、三尖弁逆流の有無を検索した。右室流出血流は胸骨左縁 III~IV 肋間より左室長軸方向に超音波ビームを胸骨に平行に投入し、右室流出路を描出した。そのさい sample volume は肺動脈弁口部中央に定め、右室流入血流と同様に記録し、**Fig. 2** に示すように、肺動脈最大流速 (maximum pulmonary artery flow velocity: 以下 PaV)、加速時間 (acceleration time: 以下 AcT)、および右室駆出時間 (right ventricular ejection time: 以下 RVET) を求め、さらに AcT/RVET 比を算出し、平均肺動脈圧 (mean pulmonary arterial

Table 1. Subjects' characteristics

Delivery	Cases (M: F)	Birth weight (gm)	Gestational age (days)	Asphyxia (8<)	Tricuspid regurgitation
Normal	22 (10: 12)	2,600~4,580 (3,166)	31w1d~42w0d (39w3d)	1/22	1/22
Breech presentation	7 (3: 4)	3,000~3,940 (3,380)	38w2d~41w4d (39w6d)	4/7	4/7
Vacuum	8 (2: 6)	3,000~3,970 (3,390)	38w4d~42w0d (40w3d)	2/8	2/8
Cesarean section	8 (4: 4)	2,720~4,100 (3,303)	39w2d~41w1d (40w2d)	4/8	2/8

(): mean. w=weeks; d=days. 8<=Apgar score less than 8.

Table 2. Patient number, heart rate and the A/R measured in each study

Age (days)	n=45	Without TR		With TR		
		HR	A/R	n=9	HR	A/R
0	22	122±11	1.30±0.17	4	124±7	1.42±0.11
1	20	125±8	1.21±0.19	6	123±12	1.39±0.15
3	16	120±14	1.14±0.18	7	126±12	1.14±0.23
5	18	126±8	1.01±0.13	5	128±10	1.10±0.18
8	8	124±11	0.93±0.17	4	125±7	0.99±0.21

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, NS: not significant.

Table 3. Patient number, heart rate, AcT, the AcT/RVET and PaV measured in each study

without TR					
Age (days)	n=45	HR	AcT	AcT/RVET	PaV
0	37	134±4	71.8±10.1	0.30±0.03	70.6±7
1	42	128±12	80.6±11.3	0.34±0.03	72.7±7
3	40	132±6	96.0±9.6	0.40±0.03	76.2±9
5	40	128±10	103.6±12.2	0.42±0.03	76.1±7
30	16	136±5	93.3±11.7	0.42±0.03	76.8±6

with TR					
Age (days)	n=9	HR	AcT	AcT/RVET	PaV
0	7	128±8	58.9±2.5	0.24±0.02	77.1±14
1	9	132±6	67.3±7.0	0.30±0.03	74.7±8
3	8	130±10	76.3±8.0	0.33±0.03	79.1±11
5	9	127±8	86.3±10.7	0.38±0.03	80.3±8
30	4	134±6	95.1±10.0	0.43±0.03	79.0±6

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001, NS: not significant.

pressure: 以下 MPAP) は AcT/RVET 比より北畠らの回帰式¹⁴⁾を用いて推定した。装置は東芝 SSH-40A 超音波断層装置とパルス・ドップラー血流計 SDS-21B の複合システムを用いた。本装置の超音波周波数は 2.4 MHz, pulse 繰り返し周波数 6 kHz で, sample volume は横方向 3×3 mm, 深さ方向 2 mm である。血流速度はドップラー偏位周波数を 1 kHz=31 cm/sec として換算し, cm/sec で表示した。

各々の測定値については連続する 5 心拍の平均値をとり, 統計学的処理は 2 群間および多群間の non-paired t-test で行い, 危険率 5% 以下を有意とした。

結 果

検査を施行した 45 例中 9 例に, パルス・ドップラー法により一過性の三尖弁閉鎖不全症 (tricuspid regurgitation: 以下 TR) を認めた。これ

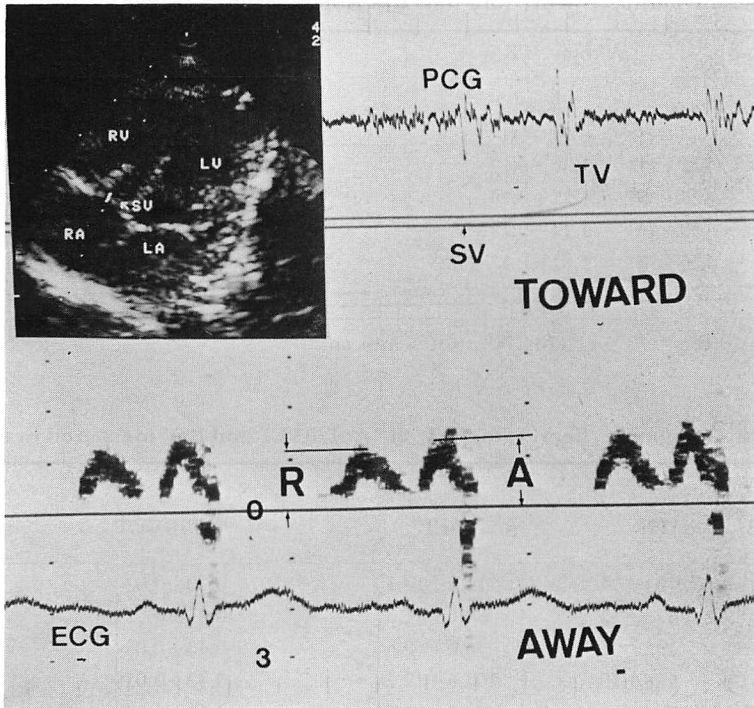


Fig. 1. Measurement of tricuspid flow velocity by pulsed Doppler echocardiography.
R=rapid filling wave; A=atrial wave.

ら9例中7例は仮死児であり、他の2例はいずれも骨盤位分娩にて出生した症例であった。

右室流入血流のRおよびAの日齢による変化を Fig. 3 に示す。右室流入血流のRはTRの有無および日齢にかかわらずほぼ一定であったのに対し、AはTRの有無による差異は認めなかったが、TR(+)群およびTR(-)群のいずれの場合にも、隣り合う日齢間では有意差はないものの、全経過では日齢により徐々に低下した。RとAの比較ではTR(+)群とTR(-)群ともに日齢1日まではAの方が有意に速く、日齢3日より有意差を認めなくなり、5日以降ほぼ同等あるいは逆転した値となった。したがって、A/R比の日齢による変化は、Fig. 4 に示すように、Aと同様、TRの有無にかかわらず、日齢0日を頂点としてその後徐々に低下しており、隣り合う日齢間では有意差はないものの、日齢0日と3日、5日、8日

の各日齢間で有意差を認めた。TRの有無による比較では、それぞれの日齢でTR(+)群の方が高い値を示していたが、有意差は日齢1日でのみであった。

右室流出血流の収縮期最大流速の変化を Fig. 5 に示した。Table 3 に示したように、日齢間の有意差はなく、流速はほぼ一定であり、TRの有無による比較では、TRを伴う群の方が伴わない群よりもやや速い値を示したが有意差はなく、すべての値の平均値±SDを求めると、右室流出血流最大流速は 74.9 ± 3.0 cm/sec であった。

右室流出血流曲線より求めたAcTおよびAcT/RVET比の日齢による変化を Fig. 6 と Fig. 7 に示した。両者の値はともに日齢により増加し、Table 3 の如く、日齢5日までのそれぞれの日齢間で、TR(+)およびTR(-)の両群ともに有意差を認めた。TRの有無による比較では、

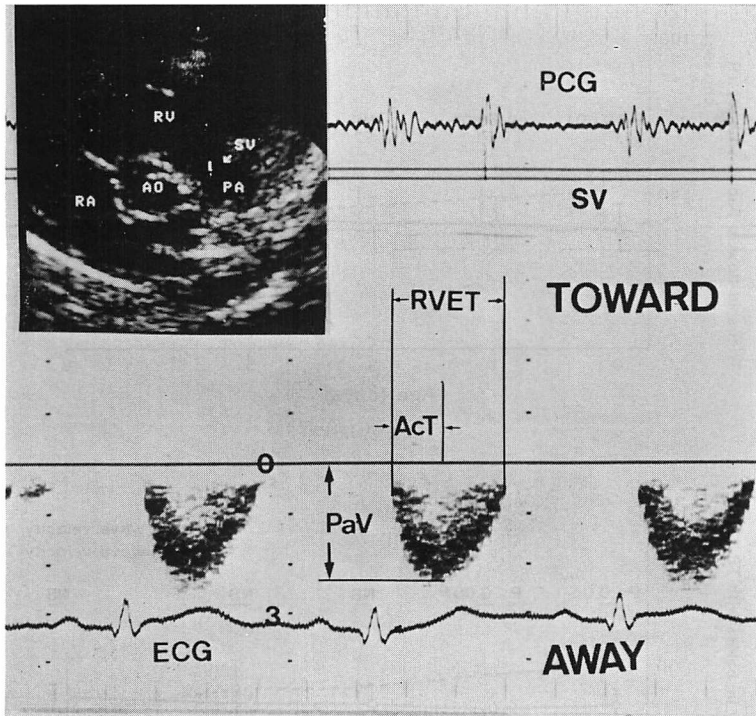


Fig. 2. Measurement of pulmonary flow velocity by pulsed Doppler echocardiography.

PaV=maximum pulmonary artery flow velocity; AcT=acceleration time; RVET=right ventricular ejection time.

TR(+) 群の方が、AcT, AcT/RVET 比ともに日齢 5 日まで有意に低かった。しかしこれらの値も日齢に伴って、TR(-) 群の値に近づき、日齢 30 日では同等の値となった。

分娩様式による比較では Fig. 8 に示すように、帝王切開分娩を除いたすべての群は正常分娩群に比して日齢 0 日で有意に小であり、特に骨盤位分娩群は日齢 3 日まで有意差を認めた。

しかしこれらの結果も仮死児を除いて再比較すると、分娩様式による差はほとんどなかった。Fig. 9 は AcT/RVET 比より北畠らの回帰式¹⁴⁾を用いて推定した平均肺動脈圧であり、TR(-) 群の日齢 0 日の値は 36.2 ± 7.0 mmHg と最も高く、その後徐々に低下し日齢 5 日で 17.5 ± 3.5 mmHg となり、以後安定した値を示した。TR 群は日齢 0 より 5 日で TR(-) 群に比して有意に

高く、0 日で 49.3 ± 5.4 mmHg と最高値を示し、その後日齢とともに低下し 5 日で 22.2 ± 4.9 mmHg, 30 日で 19.2 ± 3.0 mmHg となり、TR (-) 群と同等の値となった。

考 察

新生児早期の血行動態は、分娩後の第 1 呼吸とともに、急激に胎児循環より成人型肺体循環へ移行し、その変化は著しい⁸⁾ものと思われる。

しかしこの変化は一瞬に起きるわけではなく、分娩後形態学的には成人型肺体循環でありながら、機能的に肺小動脈筋層や右室筋層の厚さなどの面では依然胎児循環の影響⁹⁾を受けており、新生児早期という時期は特異な移行期と言える。しかしこの時期の変化を評価した報告は少なく、しかもその多くは心電図¹⁰⁾や M モード心エコー

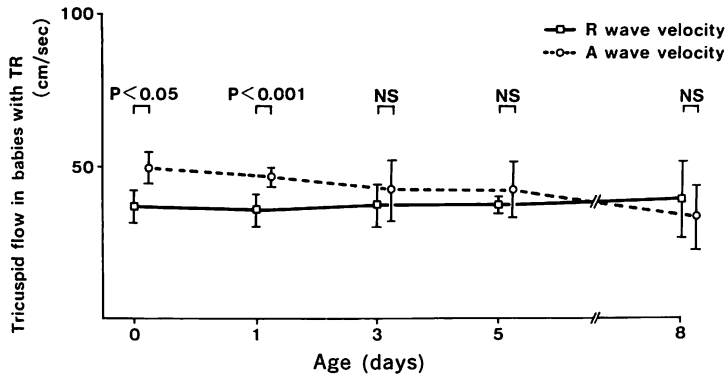
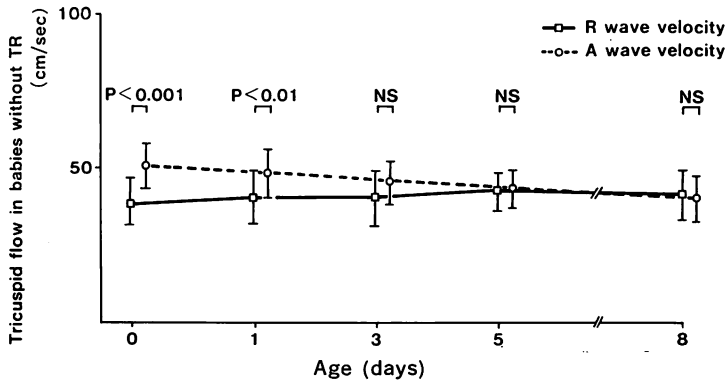


Fig. 3. Relationship between R and A wave velocities according to the age in days. TR=tricuspid regurgitation.

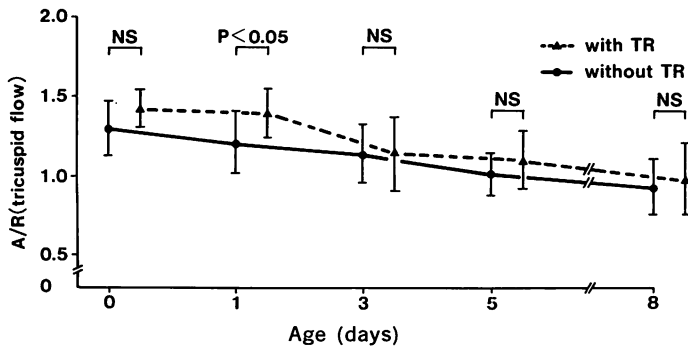


Fig. 4. Time course of the A/R of the tricuspid flow.

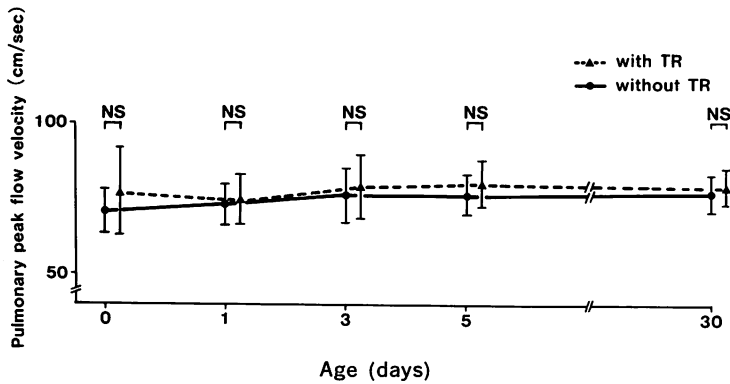


Fig. 5 Changes in maximum pulmonary velocity according to age in days.

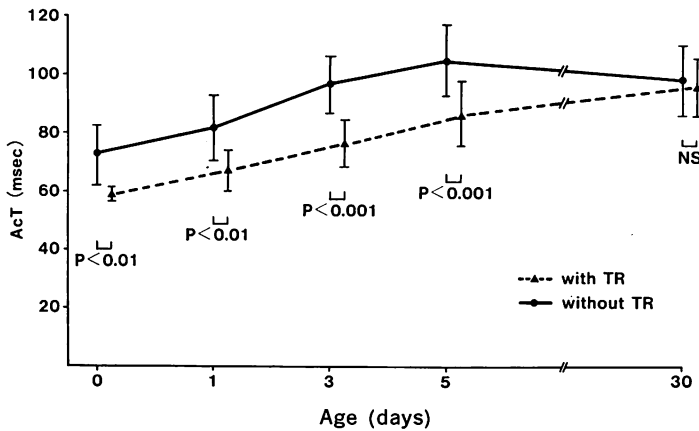


Fig. 6. Difference of Act between groups with and without TR according to age in days.

図¹¹⁾を用いたものである。本研究ではパルス・ドップラー法を用い、新生児早期の生理的状态における右心系の流入流出血流の流速、およびそれらによって推定される肺動脈圧の変化につき、日齢を追って記録し、分娩様式や仮死の有無の影響について検討した。

右室流入血流の A, R および A/R 比の値は心拍数による影響があり、小児など、心拍数が多い症例では急速流入期の短縮とともに心房収縮期における房室血流量が増し、その結果、A/R 比は生理的に増加する^{4,12)}。しかし、このような生理的变化以外に、圧負荷や心筋障害による心室の拡張不全などの病的要因によっても、この比の上昇

することが知られている¹³⁾。今回の症例は新生児であり、心拍数も早く、当然 A/R 比も高いが、Table 3 に示したように、それぞれの日齢間の心拍数に有意差を認めないのに対して、右室流入血流の A/R 比は日齢とともに低下しており、隣り合う日齢間では有意差はないものの、日齢 0 日と 3 日、5 日、8 日の間では有意差を認めている。TR の有無による比較でも、心拍数は同じであるが、A/R 比は TR(+) 群の方が高い値を示していた。この原因としては新生児早期に特異的である生理的肺高血圧の状態が関与していると思われる、TR(+) 群の A/R 比が TR(-) 群に比べて高いのは、仮死に伴う肺高血圧状態の残存がより強く

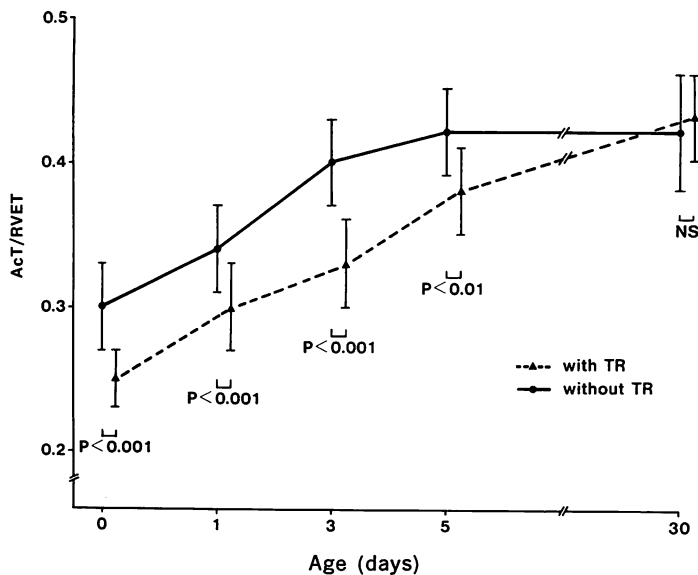


Fig. 7. Difference of the AcT/RVET between groups with and without TR according to age in days.

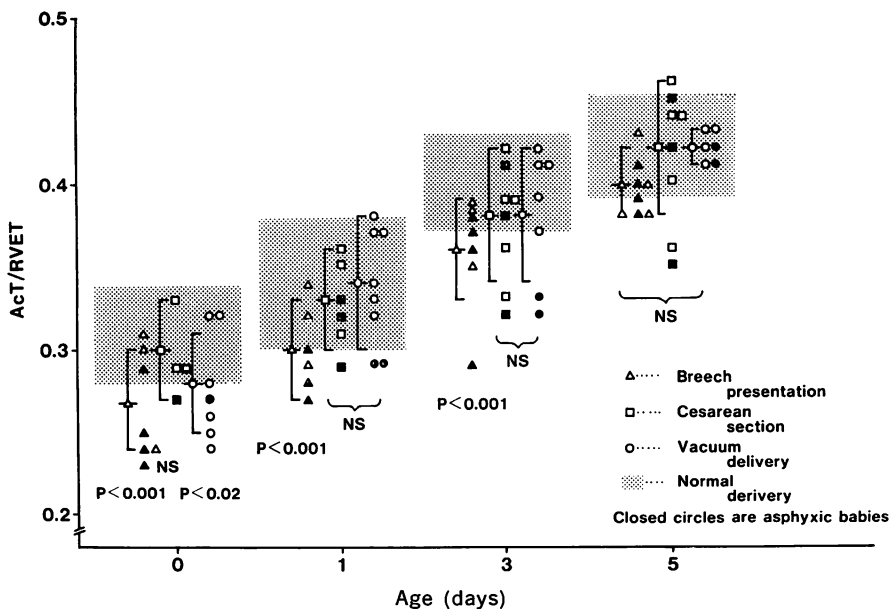


Fig. 8. Difference of the AcT/RVET among four types of delivery according to age in days.

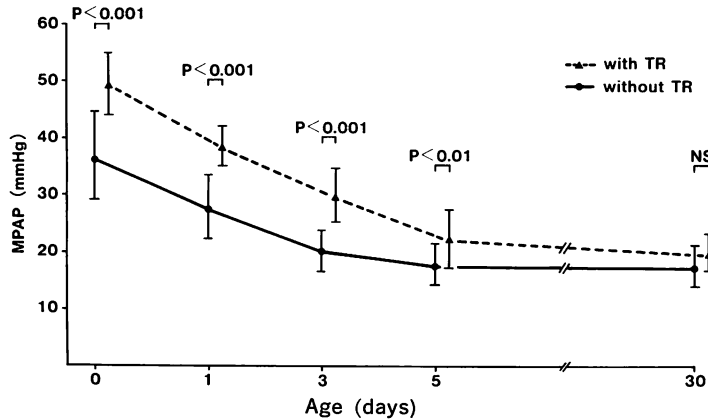


Fig. 9. Difference of estimated MPAP between groups with and without TR according to age in days.

MPAP=mean pulmonary arterial pressure.

長く影響したためと思われる。

また A/R 比の日齢による低下は後述する推定平均肺動脈圧の変化とほぼ一致しており、MPAP が低下し安定化する日齢 3 日から 5 日にかけて、A/R 比も安定した値となっている。右室流入血流の R および A の最大流速は中谷ら⁴⁾の報告した値と異なっているが、これは sample volume の位置が違うためと思われる。

右室流出血流波形より求めた AcT/RVET 比および MPAP の変化は Fig. 7, Fig. 9 に示すように、日齢 0 日を頂点として漸次低下し、日齢 5 日以降安定化すると思われた。TR の有無による比較では、日齢 5 日までは TR(+) 群が TR(-) 群よりも有意に高値を示し、日齢 30 日で両者はほぼ同等の値となっている。このような日齢による AcT/RVET 比の変化および TR の有無による差異は、出生後の生理的肺高血圧の状態が右心系および肺の機能的成熟に伴い徐々に低下していく過程を表わしていると思われる。また TR(+) 群は 9 例中 7 例とほとんどが中等度の仮死を伴っており、仮死による hypoxia の状態が肺血管抵抗の生理的減少をさまたげ、肺高血圧の状態がより長く高く続いたと思われる。一過性に起きる TR の原因としては、仮死による hypoxia が特に傷害を受け易い三尖弁腱索の付着部の心筋を障

害することが原因の 1 つと考えられる。

分娩様式の比較では仮死を伴った症例を除くと、吸引分娩のみ日齢 0 日で AcT/RVET 比が有意に ($p < 0.05$) 高かった以外、各日齢において正常分娩と他の分娩群の間に有意差を認めなかった。したがって AcT/RVET 比の変化は分娩様式による影響ではなく、分娩時の stress の程度によると思われた。しかし今回は出生時の apgar score のみで仮死の有無を判定しており、今後 fetal distress の有無や LDH, CPK などの血液検査を加えより詳しく仮死の程度を検索することにより、TR 群と仮死児の関連が明らかになるのではないかとと思われる。

次に回帰式を用いて推定した MPAP の信頼性についてであるが、生理的状态における新生児の肺動脈圧の変化を実際に測定できない現在、過去の実測した値と比較せざるを得ないと思われ Emmanouilides¹⁷⁾ や Saling¹⁸⁾ の臍動脈カテーテルを用いて実測した MPAP を推測値と比べると、出生後の圧の変化および実際の値も非常に近い値を示していた。生後 12 時間、36 時間の Emmanouilides ら¹⁷⁾の実測値が 35 ± 11 mmHg, 26 ± 4 mmHg であったのに対し、推測値ではそれぞれ 36.2 ± 7 mmHg, 27.5 ± 6 mmHg であり、また今回の推測値は小田ら⁹⁾の求めた出生後の MPAP

の変化ともほとんど一致していた。

したがって今回の方法により、新生児の肺動脈圧の変化およびその値についても、十分評価できると思われた。肺動脈最大流速は結果でも述べた通り、日齢および TR の有無による有意差はなく、全測定値の最大流速の平均値は 74.9 ± 3.0 cm/sec となった。この値はパルス・ドップラー法を用いて測定した諸家の報告¹⁴⁾とほとんど同等の値であり、カテーテル電磁血流計を用いて実測した値¹⁹⁾と比べてもほぼ近い値であった。

パルス・ドップラー法は非侵襲的に繰り返し施行できるため、新生児期の血行動態の評価に最も適した方法である。また本法により、弁口部の流速のみならず、肺動脈圧が推測されることは、胎児循環より成人型循環への移行を経時的に観察するために極めて有用である。

このようにして得られた正常新生児のデータは、著者の示した分娩様式や仮死の循環動態への影響のみならず、先天性心疾患や胎児血行遺残(PEC)、特発性呼吸窮迫症候群(IRDS)などの疾患の評価にも有用であると思われる。

要 約

器質的心疾患を認めない新生児 45 例を対象として、右心系の血行動態を超音波パルス・ドップラー法を用いて経時的に記録し、その変化と分娩様式および仮死の有無の影響について検討した。

対象は男子 19 例、女子 26 例で、分娩様式は正常分娩 22 例、骨盤位分娩 7 例、吸引分娩 8 例、帝王切開分娩 8 例であった。肺動脈血流は胸骨左縁より断層エコー図で右室流出路と主肺動脈を描出し、超音波ビームを肺動脈にほぼ平行とし、sample volume を肺動脈弁口に設定して記録、最大流速速度、加速時間、右室駆出時間を測定した。三尖弁血流は四腔断層図にて三尖弁を捉え、超音波ビームを右室流入路に平行とし、三尖弁輪部に sample volume を設定して記録、急速流入期および心房収縮期の最大速度を求め、それらの値より A/R 比を算出した。

以上の検討より、以下の結果を得た。

1. 三尖弁血流の A/R 比は日齢とともに徐々に低下し、隣り合う日齢間では有意差はなかったが、日齢 0 日と 3 日、5 日、8 日の間では有意差を認めた。

2. 肺動脈血流の最大速度には日齢による有意差を認めず、ほぼ一定であり、三尖弁逆流の有無についても、逆流を有する例の方がやや速い値を示したが、有意差はなく、全測定値の平均より求めた最大流速速度は 74.9 ± 3.0 cm/sec であった。

3. 肺動脈血流より推定した平均肺動脈圧は日齢 0 日を頂点として以後漸次低下し、日齢 5 日以降は安定化する傾向にあった。分娩様式の差異による推定平均肺動脈圧への影響はなかった。

4. 一過性の三尖弁閉鎖不全症(TR)を 9 例認め、そのうち 7 例は仮死児であり、他の 2 例は骨盤位分娩例であった。これらの TR を伴った新生児は、それを伴わない症例に比して有意に高い推定肺動脈圧を有し、A/R 比についても、TR を伴う症例は伴わない症例に比して高い値を示したが、有意差は日齢 1 日にて認めただけであった。

今回の結果より、超音波パルス・ドップラー法は新生児早期の急激な血行動態の変化をよく反映するものと思われた。

謝 辞

稿を終るにあたり御指導御校閲頂きました青木継稔教授に感謝致します。また直接御指導頂きました東邦大学医学部第三内科学教室 町井 潔教授、松崎秀男先生に感謝するとともに、御助言御指導頂いた当教室 水谷正興先生に感謝致します。

追 記

本論文投稿後、下記の論文が発表されたので付記する。

Takenaka, K, Waffam F, Dabestani A, Gardin JM, Henry WL: A pulsed Doppler echocardiographic study of the postnatal changes in pulmonary artery and ascending aortic flow in normal term newborn infants. *Am Heart J* 113: 759, 1987

文 献

- 1) Lima CO, Sahn DJ, Valdes-Cruz LM, Goldberg SJ, Barron JV, Allen HD, Grenadier E: Noninvasive prediction of transvalvular pressure gradient in patients with pulmonary stenosis by quantitative two-dimensional echocardiographic studies. *Circulation* **67**: 866, 1984
- 2) Stevenson JG, Kawabori I: Noninvasive determination of pressure gradient in children: Two methods employing pulsed Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* **3**: 179, 1984
- 3) Wilson N, Goldberg SD, Dickson DF, Scott O: Normal intracardiac and great artery blood velocity measurements by pulsed Doppler echocardiography. *Br Heart J* **53**: 451, 1985
- 4) 中谷茂和, 谷口 昂, 新垣義夫, 神谷哲郎: 超音波パルスドプラー法による小児の心室流入路流出路血流像の検討. *日誌* **90**: 2039, 1986
- 5) 里方一郎, 新垣義夫, 竹内規夫, 富田 英, 神谷哲郎: 超音波パルスドプラー法による小児の心拍出量および肺体血流比の測定. *小児科臨床* **38**: 465, 1985
- 6) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Ito H, Masuyama T, Tanouchi J, Morita T, Hori M, Yoshima H, Ohnishi K, Abe H: Noninvasive evaluation of the ratio of pulmonary to systemic flow in atrial septal defect by duplex Doppler echocardiography. *Circulation* **69**: 73, 1984
- 7) Alverson DC, Eldrige M, Dillon T, Yabeck SM, Berman W: Noninvasive pulsed Doppler determination of cardiac output in neonates and children. *J Pediatr* **101**: 46, 1982
- 8) Adams FH: Fetal and neonatal circulation. *in A Textbook of Moss' Heart Disease in Infants, Children and Adolescents* (ed by Adams FH, Emmanouilides GC). Williams & Wilkins, Baltimore, London, 1983, p 11
- 9) 小田禎一: 周生期における肺循環の適応生理. *小児科臨床* **34**: 2041, 1981
- 10) 宝田正志, 青木浩一: 新生児心電図における右室肥大判定に関する検討. *周産期医学* **14**: 815, 1984
- 11) 内海裕司, 後藤彰子: 出生児のストレス呼吸障害における心エコー図の応用. *小児科臨床* **36**: 1667, 1983
- 12) Nolan SP, Dixon SH, Fischer RD, Marrow AG: The influence of atrial contraction and mitral valve mechanics on ventricular filling: A study of instantaneous mitral valve flow in vivo. *Am Heart J* **77**: 784, 1969
- 13) 松尾裕英, 北島 颯, 浅生雅人, 寺尾祐輔, 三島正芳, 千田彰一, 島津 敬, 田内 潤, 阿部 裕: 左室流入血流パターンからみた高血圧症, 肥大型心筋症, 心筋梗塞における左室拡張機能に関する研究. *J Cardiogr* **10**: 697, 1980
- 14) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Masuyama T, Tanouchi J, Morita T, Mishima M, Uematsu M, Shimazu T, Hori M, Abe H: Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. *Circulation* **68**: 302, 1983
- 15) Rowe RD, Hoffman T: Transient myocardial ischemia of the newborn infant: A form of severe cardiorespiratory distress in full-term infants. *J Pediatr* **81**: 243, 1972
- 16) 全 勇, 西 猛, 佐藤秀郎, 宝田正志: Transient tricuspid insufficiency: 生下時より発症した3例について. *呼と循* **28**: 1191, 1980
- 17) Emmanouilides GC, Moss AJ, Duffie ER Jr, Adams FH: Pulmonary arterial pressure changes in human newborn infants from birth to 3 days of age. *J Pediatr* **65**: 327, 1964
- 18) Saling E: Neue Untersuchungsergebnisse über den Kreislauf des Kindes unmittelbar nach der Geburt. *Arch Gynäk* **194**: 287, 1960
- 19) 松本 洋, 本田 恵: 肺動脈血流速度による小児心疾患の右室駆出特性. *心臓* **15**: 955, 1983