日本小児循環器学会雑誌　3巻2号　200～209頁（1987年）

断層心エコー法による単心室症の心室容積特性の評価に関する研究

（昭和61年12月17日受付）
（昭和62年1月22日受理）

[1]大阪大学小児科，[2]同　第1外科，[3]同　放線科
[4]国立循環器病センター，[5]大阪府立母子保健総合医療センター

佐野　哲也[1]　小川　實[1]　中島　徹[1]　松下　享[1]
萱谷　太[1]　藪内　百治[1]　広瀬　一[2]　松田　暉[2]
中埜　粛[2]　岸本　英文[4]　加藤　寛[5]
川島　康生[2]　有沢　淳[3]　小塚　隆弘[3]

key words：単心室症，心室容積特性，断層心エコー法，半楕円体近似式

要　旨

単心室症18例および一側房室弁閉鎖症5例を対象として，断層心エコー法を用いて心室容積特性の評価を試み，心室造影法から求めた計測値と比較検討した．

断層心エコー法による心室容積の算出には3方向からの心室の断層エコー像の断面積と房室弁—心尖間距離を計測し，Single plane area-length 法による楕円体近似式，簡易シンプソン法および著者らが新しく考案した半楕円体近似式の3方法を用いた．

心室容積においては，いずれの近似式を用いた方法でも断層心エコー法と心室造影法は良好な直線相関（$\gamma=0.96$以上）を認めた．駆出率においても，いずれの近似式を用いた方法でも，断層心エコー法と心室造影法は良好な直線相関（$r=0.80$以上）を認めた．3方法の中で半楕円体近似式が心室容積，駆出率のいずれにおいても，相関係数が最も高く，推定標準誤差は最も低値であった．

単心室症において断層心エコー法による心室容積および駆出率の評価が可能であることが示された．本法を臨床応用することにより，単心室症の術後急性期および遠隔期の心室機能の詳細な把握が可能であり，断層心エコー法による単心室症の心室容積の定量的評価は，本症患児の内科的・外科的管理上有用であると考えられる．

緒　言

単心室症は心臓外科領域の進歩の著しい現在でも予後不良の複雑心奇形である．本症に対する根治術として，解剖学的根治術（Septation[1)~3)]），機能的根治術（Fontan 手術[4)~6)]，Total cavo-pulmonary shunt 手術[7)]が施行されている．これらの術式の適応の決定には心大血管の解剖学的構造，心室機能および肺血行動態などが重要な因子である．中でも Septation の適応の判断に際しては，二分割するに充分な心室容積を有すること[8)9)]，また Fontan 型手術では良好な心室ポンプ機能を有することが必要であることから，術前の心室容積特性の把握がきわめて重要である[10)11)]．また本症に対するシャント手術後の経過において心室容積特性の評価は重要であり[12)]，しかもこれを経時的に行う必要がある．しかしながら現在本症の心室容積特性の評価には侵襲的方法である心血管造影法が必要であり，患児の負担は大きく，施行回数にも限界がある．また本症の非侵襲的な心室容積特性の評価に関する報告は少なく[13)14)]，いまだ確立されたものはない．一方超音波断層心エコー法（以下2-DE 法）を用いての左室容積特性の計測の進歩は著しく，方法論的にも信頼性が高い[15)~17)]．さらに右室容積計測においても同様の試みがなされている[18)~23)]．そこで著者らは本症の 2-DE 像

別刷請求先：（〒553）大阪市福島区福島1—1—50
大阪大学医学部附属病院小児科
佐野　哲也

Presented by Medical*Online

から心室容積を求め，従来の心室造影法から算出した値と対比することにより，本症の心室容積の評価を試み，臨床応用の可能性について検討した．

対　象

1982年から1984年までに心血管造影検査を施行し，単心室症と診断された18例と左側房室弁閉鎖5例の計23例である．一側房室弁閉鎖では，いずれも房室間連絡はなく（absent atrioventricular connection），心室中隔の inlet septum は全く欠如しており，Anderson らの提唱する Univentricular heart[24]に属すると判断し今回の検討に含めた．検査時年齢は生後2週間から15歳（平均5歳10カ月）で，男児12例，女児11例であった．単心室症18例の心室形態は，小塚・川島分類[25]のI型（左室型単心室症）4例，II型（両心室成分を有する型）3例，III型（右室型）11例であった．5例の左側房室弁閉鎖の心室形態はいずれも右室型であった．単心室症18例の房室弁形態は，15例が共通房室弁であり，I型の2例とIII型の1例が2個の房室弁を有していた．10例がのべ13回のシャント手術を受けていた．11回が Blalock-Taussig 手術で2回が central shunt 手術であった．

方　法

I．断層心エコー法による心室容積の算出

心血管造影検査前2日以内に安静仰臥位にて2-DE検査を施行した．乳幼児では Triclofos（® Tricloryl）80mg/kg を服用後安静睡眠時に施行した．使用機種は，YHP モデル77020A ultrasonic imaging system で，3.5MHz または5MHz のトランスデューサーを用いた．心尖部四腔断面に相当する像および房室弁レベルと乳頭筋レベルの2つの傍胸骨短軸断面像（図1）を描出し，心電図を併せビデオテープ録画装置に記録した．

記録されたビデオテープ録画像より心電図上のR波を拡張末期，T波の後半部で内腔が最小となる時相を収縮末期とし，同一心拍の中で両時相共鮮明な内腔像が得られる場面を静止させ，心室心内膜縁を透明なセルロイドフイルムの上にトレースした．得られた各断面の拡張末期と収縮末期のトレース像の面積を計測した．また心尖—房室弁間距離を長軸径（L）とし計測した．Lは共通房室弁例では房室弁輪の中点と心尖を結ぶ線分の距離を，2つの房室弁を有する例では房室弁の中隔尖付着部位と心尖を結ぶ線分をそれぞれ計測した（図1a）．以上の計測は Oscon angio-analyze computer の digityzer system を用いて行った．

2-DE像から求めた心室の各断面積と長軸径の測定値から次の3つの近似式を用いて単心室の拡張末期容積，収縮末期容積および駆出率を算出した．

i）Single plane area-length 法による楕円体近似式（Ellipsoid method 以下E法）[26]

$$V=8/3\pi\cdot(Aa)^2/L$$

ii）簡易シンプソン法（modified Simpson's rule 以下S法）[15][27]

$$V=Aa\cdot L/3+(Av+Ap)/2\cdot L/3+Ap/3\cdot L/3$$

iii）半楕円体近似式（Half Ellipsoid method 以下H-E法）[28]

$$V=4/3\cdot Aa\cdot\sqrt{Av/\pi}$$

（Aa：心尖部四腔像の断面積，Av：房室弁レベルでの短軸像の心室断面積，Ap：乳頭筋レベルでの短軸像の断面積，L：心尖部四腔像での長軸径）

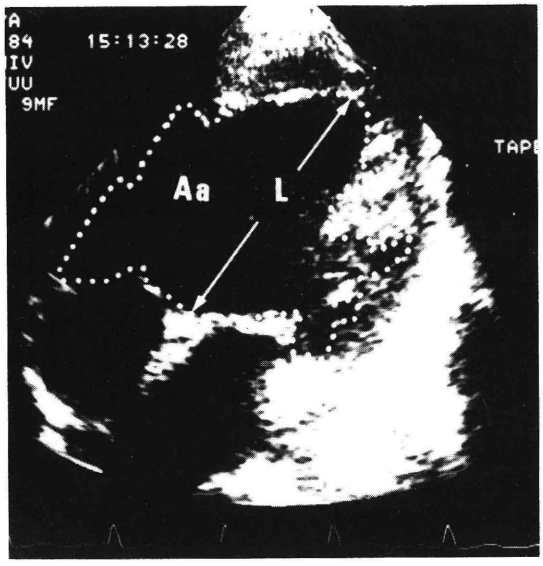
3つの近似式の仮定となった幾何学的モデルを図2に示す．E法は心室を回転楕円体柱に近似させる方法で，心尖部四腔断面の一断面のみの計測値を用いる．S法は心室形状には仮定を置かないのが特徴で，三断面の計測値を用いて算出する．H-E法は本症の断層心エコー像の心室形状を考慮し，著者らが新たに考案した近似式である．すなわち心室を半楕円体と仮定し，その容積をAaとAvの二方向からの断面積を用いて算出するものである．

II．心室造影法による心室容積の算出

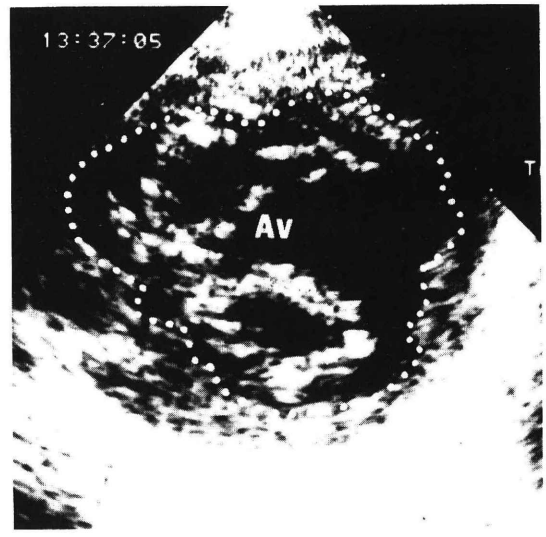
二方向映画撮影法による心室造影像から area-length 法を用いて心室容積を算出した．補正式はI型には左室容積計測に一般に用いられている $Vt=0.93\times Vc-3.8$（ml）[29]を用い，III型には島崎ら[30]の作成した右室容積計測補正式 $Vt=0.76\times Vc-0.2$（ml）を用いた．Vt，Vcはそれぞれ実測容積，計測容積を示す．I型，III型共痕跡的心室（rudimentary chamber）は主心室に比して小さいために容積計算には含めなかった．今回対象としたII型の4例はいずれも心室壁の肉柱構造から両心室成分を有する型であり，大きい方の心室成分の心室容積計測の補正式を用いた．

造影剤の注入は心室腔内で行い，心電図を併せ記録した．映画造影記録装置はフィリップス社製バイプレーンシネアンギオ装置 Poly Diagnost C を用い，60コマ/秒または90コマ/秒で映画撮影を行った．計測は心室性期外収縮とその一心拍後は除き，すべて正常心拍時の像のみを用いて行った．心電図のR波を拡張末期，T波後半部で造影像が最小となる時期を収縮末期

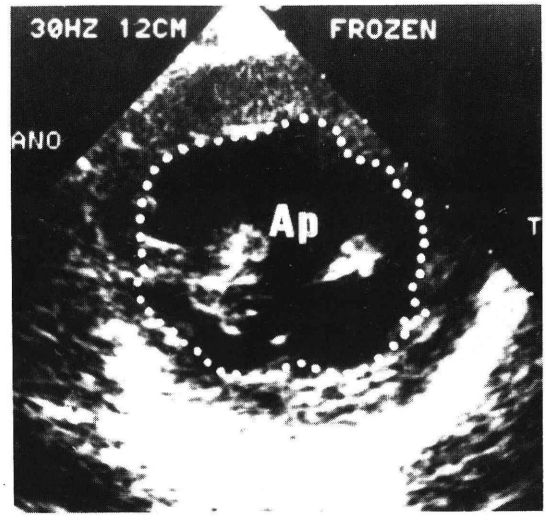
Presented by Medical*Online



(a)



(b)



(c)

図1　対象中の1例（2個の房室弁を有するI型単心室症例）の拡張末期の断層心エコー図を示す．aは心尖部からの心室断面像，b，cはそれぞれ房室弁レベルと乳頭筋レベルでの傍胸骨短軸像である．点線は断面積計測の際トレースした心内膜面を示す．またLは長軸径を表す．

とし同一心拍で計測した．ライトペンによるdigityze computer（フィリップス社製LVV100）を用いて拡張末期容積収縮末期容積を算出した．

III．統計処理

2-DE法及び心室造影法を用いて求めた拡張末期容積，収縮末期容積，駆出率についてそれぞれ相関回帰式，相関係数，推定標準誤差（Standard error of the estimate，以下SEE）を求めた．また以下の式で心室造影法による心室容積からの誤差率を求め，その平均をmean percent error（以下MPE）とした．

$$\%\ \text{error} = (\text{V'-echo} - \text{V-angio})/\text{V-angio} \times 100$$

Presented by Medical*Online

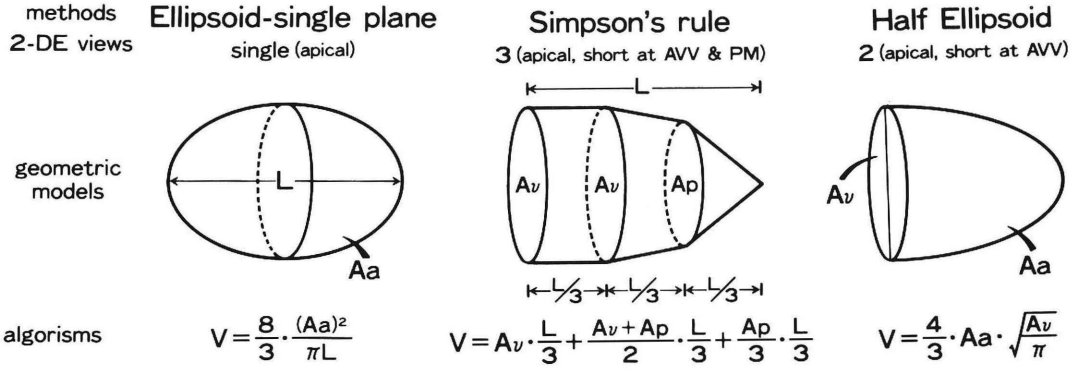


図2　検討した3つの近似式の使用する心エコー断面，幾何学的モデルおよび心室容積の計算法．(AVV＝atrioventricular valve，PM＝papillary muscle，L＝長軸径の長さ，Aa＝心尖部断面像での心室内腔断面積，Av＝房室弁レベルの傍胸骨短軸像での心室内腔断面積，Ap＝乳頭筋レベルの短軸像での心室内腔断面積)

(V'-echo：相関回帰式で補正した2-DE法による心室容積，V-angio：心室造影法から求めた心室容積)

結　果

I．心室容積について

i）拡張末期容積　心室造影法から求めた拡張末期容積(y)と2-DE法から求めた拡張末期容積(x)との間には，E法で$y=1.05x+12.2$($r=0.939$)，S法では$y=1.23x+20.2$($r=0.946$)，およびH-E法では$y=1.32x+10.1$($r=0.969$)といずれの近似式においても有意の($p<0.001$)直線相関を認めた(表1，図3)．SEEはE法で18.3ml，S法で14.6ml，H-E法で10.8mlであった．MPEは，E法で10.5±7.04%(mean±SE)，S法で9.31±5.62%，H-E法で5.92±4.44%であった．相関係数，SEE，MPE共H-E法が最も良好な値を示した．

ii）収縮末期容積心室造影法から求めた収縮末期容積(y)と2-DE法から求めた収縮末期容積(x)との間には，E法で$y=1.12x+2.97$($r=0.922$)，S法では$y=1.26x+9.96$($r=0.923$)，およびH-E法では$y=1.38x+3.22$($r=0.955$)といずれの近似式においても有意の($p<0.001$)直線相関を認めた(表2，図3)．SEEはE法で9.13ml，S法で8.12ml，H-E法で5.88mlであった．MPEは，E法で10.9±8.19%(mean±SE)，S法で10.6±6.32%，H-E法で5.84±4.60%であった．収縮末期容積においても，H-E法が相関係数，SEE，MPEについて最も良好な値を示した．

II．駆出率(以下EF)について

2-DE法により求めたEFと心室造影法から求めたEFとの間には，E法で$r=0.802$，S法で$r=0.887$，H-E法で$r=0.936$といずれも有意な($p<0.001$)直線相関を認めた(表3，図4)．SEEはE法が0.0756，S法が0.0420，H-E法が0.279であった．EFにおいてもH-E法が最も相関係数が高く，SEEは最も低値であった．

考　察

心エコー法による左室容積評価は，2-DE法が用いられるようになりその精度は向上し，正常左室だけでなく心拡大や壁運動異常例においても非侵襲的容積評価法として確立されている[15)17)]．また右室においても同様の試みがなされ臨床応用の可能性が報告されている[18)~23)]が，単心室への応用の試みは見られない．今回検討した3つの近似式のうちH-E法を除く2法は，既

表1　断層心エコー法から求めた心室拡張末期容積と心室造影法から求めた心室拡張末期容積との相関．(SEE＝推定標準誤差，MPE＝平均誤差率)

Echo algolithm	r	SEE	MPE	Regression equation		
				Slope	Intercept	p value
Ellipsoid single plane	0.939	18.3ml	10.5±7.04%	1.05	12.2ml	<0.001
Modified Simpson's rule	0.946	14.6ml	9.31±5.62%	1.23	20.2ml	<0.001
Half Ellipsoid	0.969	10.8ml	5.92±4.44%	1.32	10.1ml	<0.001

Presented by Medical*Online

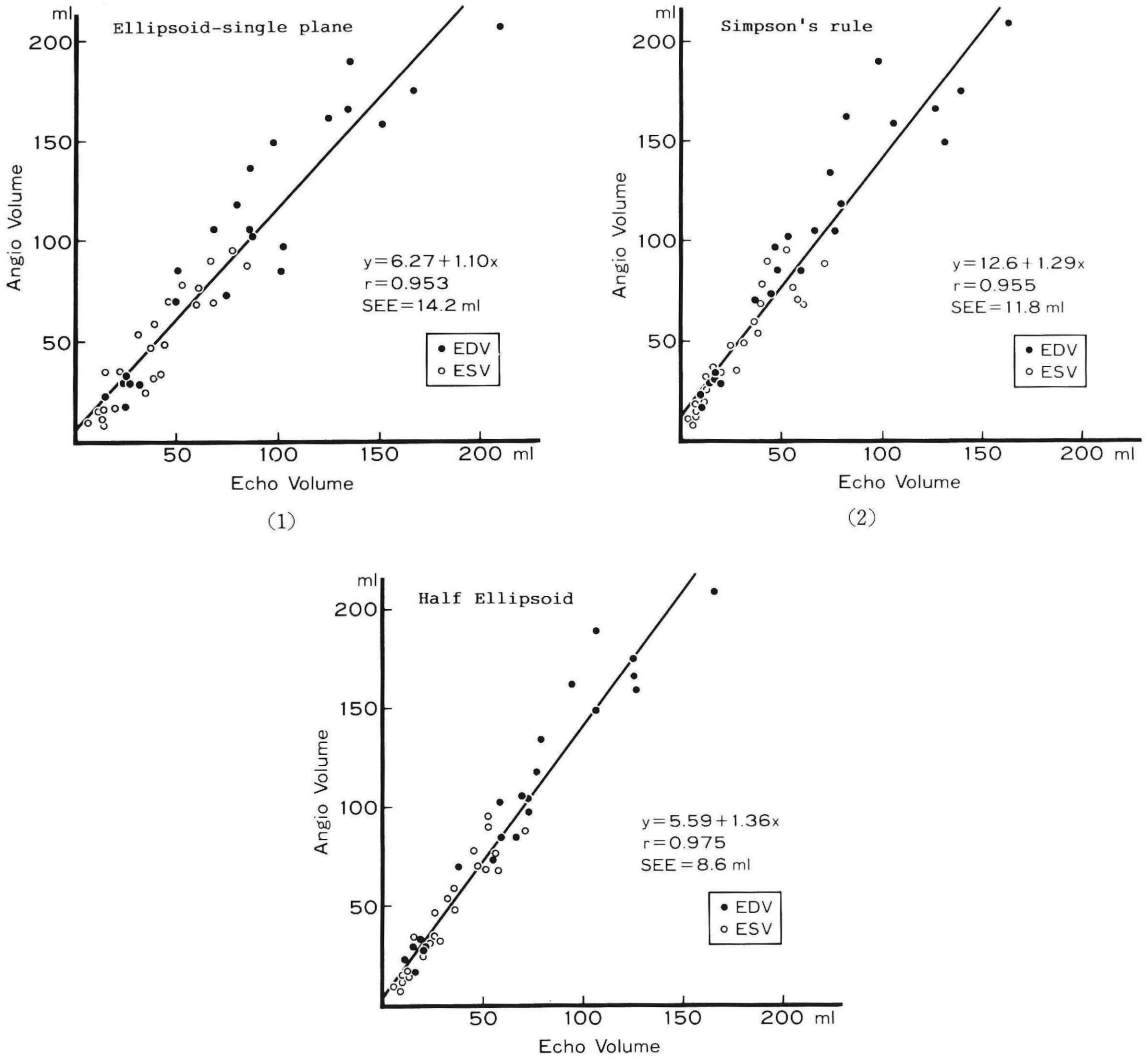


図3　断層心エコー法より求めた心室容積と心室造影より求めた心室容積の相関図．直線は拡張末期容積と収縮末期容積をあわせた回帰直線を示す（Echo Volume＝断層心エコー法より求めた心室容積，Angio Volume＝心室造影法より求めた心室容積，EDV＝拡張末期容積，ESV＝収縮末期容積，SEE＝推定標準誤差）

表2　断層心エコー法から求めた心室収縮末期容積と心室造影法から求めた心室収縮末期容積との相関．

Echo algolism	r	SEE	MPE	Regression equation		
				Slope	Intercept	p value
Ellipsoid single plane	0.922	9.13ml	10.9±8.19%	1.12	2.97ml	<0.001
Modified Simpson's rule	0.923	8.12ml	10.6±6.32%	1.26	9.96ml	<0.001
Half Ellipsoid	0.955	5.88ml	5.84±4.60%	1.38	3.22ml	<0.001

Presented by Medical*Online

表3　断層心エコー法から求めた駆出率と心室造影法から求めた駆出率との相関

Echo algolism	r	SEE	Regression equation		
			Slope	Intercept	p value
Ellipsoid single plane	0.802	0.0756	0.520	0.268	<0.001
Modified Simpson's rule	0.887	0.0420	0.793	0.100	<0.001
Half Ellipsoid	0.936	0.0279	0.951	0.0304	<0.001

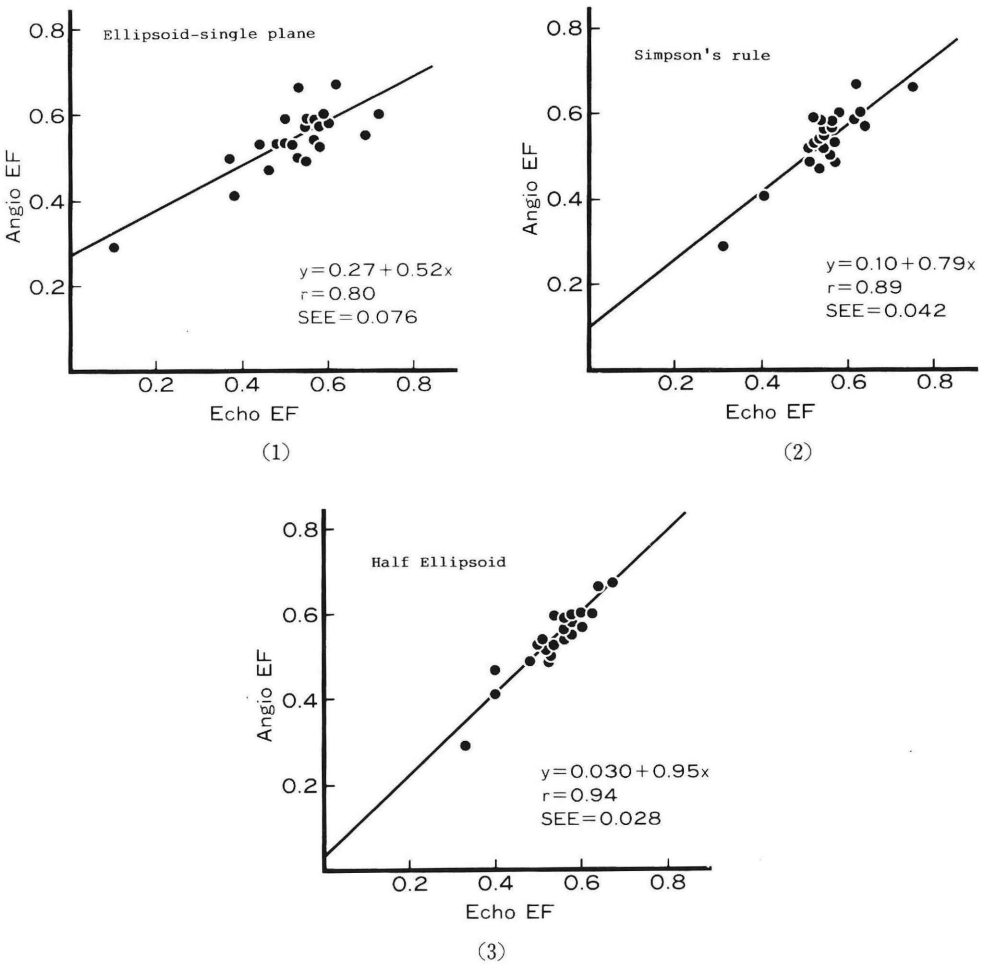


図4　断層心エコー法より求めた駆出率と心室造影法より求めた駆出率との相関図.
(SEE=推定標準誤差)

に左室及び右室の容積評価法として報告されている. E法はKingら[26]により報告された左室容積評価法であるが, 本来area-length法は左室・右室共適用でき, 本症にも応用可能と考えた. S法は左室・右室共に応用され現在最も高い精度を持つ方法として認められている[15)20)27)]. この方法は心室の形状について仮定を置かないため, 原理的には本症の心室容積計測に最も適していると考えられる. 一方単心室症は主心室の肉柱構造から左室型と右室型に大別されているが, 心室の形状は正常の左室や右室とは随分異なっている. すなわちいずれの型においても, 房室弁レベルで最大の短軸断面を有する半球または半楕円体に近い形状をしてい

Presented by Medical*Online

る．H-E法は著者らがこの心室の形状を考慮し新たに考案した近似法である．

心室造影法と2-DE法との間には，心室拡張末期容積，収縮末期容積の両者において，いずれの近似式でもr＝0.92以上の高い直線相関を認めた（表1）．またSEEは心室拡張末期容積で10.8～18.3ml，心室収縮末期容積では5.9～9.1ml，拡張末期容積と心室収縮末期を併せると8.6～14.2mlであった．これらの値はLevineら[22]の右室のキャストでの検討やWyatteら[16]の犬の左室を使った検討と同程度であり，Follandら[15]の臨床例の左室での検討より良好な値であった．またMPEは拡張末期容積で5.9～10.2%，収縮末期容積では5.8～10.9%で，Wyattら[16]の犬を使った実験の結果より良好であった．以上の検討から2-DE法を用いた本症の心室容積計測法は臨床応用に際し十分な精度を有していると考えられる．

2-DE法から求めた心室容積はいずれの近似式を用いても心室造影法から求めた心室容積に比し過少評価傾向を認めた．この原因として2-DE法では心室造影法に比し長軸径が過少評価されること[17][27]および心室造影法では乳頭筋と肉柱を心室容積に含めて計算し，2-DE法ではこれらを含めていないこと[17]などが指摘されている．単心室の心室構造は一般に肉柱は荒く，乳頭筋も異常に太いことが多いことから，前述の原因のうち特に後者が，2-DE法による心室容積が心室造影法による心室容積より低値を示した大きな要因であると推測される．

駆出率について心室造影法との相関を見るとH-E法がr＝0.94と最も高い相関を示し，E法およびS法ではそれぞれr＝0.80とr＝0.89であるが，いずれも有意な直線相関を認めた．この成績はFollandらの報告（r＝0.66～0.78，SEE＝0.097～0.116）[15]に比し相関係数，SEEとも良好な値であった．心室容積に加えて心室のポンプ機能についても2-DE法を用いて評価が可能であると考えられる．そして今回の検討では，心室容積，駆出率の両者ともH-E法が相関係数，SEE，MPEのすべてにおいて最も良好な値を示したことから，本症に対してはH-E法による評価が優れていることが示唆された．H-E法は通常よく用いられる二断面のデータがあれば算出可能であり，臨床応用に適していると考えられる．

2-DE法による心室容積の算出においては，原理的に使用する断面の数が多い程精度は高くなると考えられる[15]．S法は三断面の計測値を使用するため最も精度が高くなると予想したが，今回の検討ではH-E法と同程度の精度であった．この理由の一つはS法が心室容積算出に誤差が入り易い長軸径を用いた点にあると考えられる．2-DE法では心尖を的確に描出することが困難であり，心拍動により心尖が観察断面からずれる可能性がある．さらに本症においては房室弁形態が不定であることが，長軸径の正確な計測を困難にしているものと考えられる．他の原因としてS法で使用した乳頭筋レベルの短軸断面の描出に際し症例ごとに断面が一定しなかった可能性が考えられる．

2-DE法による単心室症の容積評価を行う上での実際上の問題点として，肉柱構造の荒い右室型単心室症のトレースが挙げられる．右室型単心室症においては静止画像で心室内腔の辺縁の判断に苦しむ例が存在した．しかし通常の観察で十分心室の動きを把握し，10心拍以上を記録した上で，最も鮮明な静止画像を選び，さらに八木原ら[19]の指摘する様に心内膜面として内側の不規則なechoは除外し，echo free spaceの最外縁をトレースすることにより対象例全例の心室内腔断面積の計測が可能であった．そして2-DE法と心室造影法との心室容積の直線相関において右室型と左室型の間に差を認めなかった．以上より右室型単心室症においては心室内腔のトレース上問題点はあるが，前述の点に注意すれば臨床応用の際問題となるほどの誤差は避け得るものと考えられる．

2-DE法の再現性は臨床応用の際重要な問題である．今回の検討で，同一検者の2回の断面積計測ではほとんどばらつきはなかった．別の検者でも同一記録からのトレースでは，前述の点に一注意すればばらつきは少ないと予想されるが，別の検者が記録から行う場合には，十分な観察により常に最大内腔を有する心室断面を捉えるように注意しなければならないと思われる．

2-DE法は簡便でかつ非侵襲的であるという大きな利点を有する．これを生かして心室造影法では得難い心機能の評価を行うことが可能である．2-DE法による術後急性期の経時的な心室機能の把握はより適切な術後管理を可能にすると考えられる．また本症の長期的な心室容積特性の変化を非侵襲的に知ることにより，内科的管理を容易にし，心臓カテーテル検査・心血管造影検査の施行回数を減らすことが可能である．今回の検討から2-DE検査を用いて本症の心室容積特性を評価することが十分可能であり，本法は単心室症患児の内科的・外科的管理を行う上で大きな意義を有する

Presented by Medical*Online

と考えられる.

結　語

1) 単心室症18例と一側房室弁閉鎖5例の計23例について，断層心エコー像から心室容積および駆出率を算出し，心室造影法による計測値と対比した.

2) 2-DE像から楕円体近似式，簡易シンプソン法および半楕円体近似式の3法を用いて計測した心室拡張末期容積は，心室造影法により計測した拡張末期容積とそれぞれ$r=0.939$, $r=0.946$および$r=0.969$の有意な直線相関を認めた．また収縮末期容積においてはそれぞれ$r=0.922$, $r=0.923$および$r=0.955$の有意な直線相関を認めた.

3) 2-DE法から楕円体近似式，簡易シンプソン法および半楕円体近似式の3法を用いて算出した駆出率は，心室造影法により求めた駆出率とそれぞれ$r=0.802$, $r=0.887$および$r=0.936$の有意な直線相関を認めた.

4) 3つの近似式のうち半楕円体近似式が心室容積，駆出率の両者共，相関係数が最も高く，推定標準誤差は最も低値であった.

5) 単心室症において断層心エコー法を用いて心室容積および駆出率を算出することが可能であり，本症に対して経時的な評価を行うことは治療方針の決定，術後管理を行う上できわめて有用であると考えられた.

文　献

1) McGoon, D.C., Danielson, G.K., Ritter, D.G., Wallace, R.B., Malony, J.D. and Marcelletti, C.: Correction of the univentricular heart having two atrioventricular valves. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 74: 218, 1977.
2) Kawashima, Y., Mori, T., Matsuda, H., Miyamoto, K., Kozuka, T. and Manabem, H.: Intraventricular repair of single ventricle associated with transposition of the great arteries. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 72: 21, 1976.
3) Pacifico, A.D., MaKay, R., Kirklin, J.M. and Kirklin, J.K.: Surgical treatment of the univertricular heart. In: Anderson, R.H., McCartney, F.J., Shinebourne, E.A., Tynan, M., eds. Pediatric Cardiology. Vol. 5. New York, Churchill Livingstone, 1983, pp276—93
4) Yacoub, M.H. and Radley-Smith, R.: The use of valved conduit from right atrium to pulmonary artery for "Correction" of single ventricle. Circulation, 54(Suppl. III): 53, 1976.
5) Gale, A.W., Danielson, G.K., MaGoon, D.C. and Mair, D.D.: Modified Fontan operation for univertricular heart and complicated congenital lesions. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 78: 831, 1979.
6) Kreutzer, G.O., Vargas, F.J., Schlicher, A.J., Laura, J.P., Suarez, J.C., Coronel, A.R. and Kreutzer, E.A.: Atriopulmonary anastomosis. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 83: 427, 1982.
7) Kawashima, Y., Kitamura, S., Matsuda, H., Shimazaki, Y., Nakano, S. and Hirose, H.: Total cavopulmonary shunt operation in complex cardiac anomalies: A new operation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 87: 74, 1984.
8) 島崎靖久，広瀬　一，中埜　粛，松田　暉，川島康生，森本静夫，有沢　淳，小川　實，北村惣一郎，森　　透：単心室症の外科治療に関する研究—心室容積からの根治術の検討—．日外会誌，83：524，1982.
9) 島崎靖久：単心室症の室容積心室機能に関する検討．日胸外会誌，30：1940，1983.
10) Kitamura, S., Kawashima, Y., Shimazaki, Y., Mori, T., Nakano, S., Beppu, S. and Kozuka, T.: Characteristics of ventricular function in single ventricle. Circulation, 60: 849, 1979.
11) Shimazaki, Y., Kawashima, Y., Mori, T., Kitamura, S., Matsuda, H. and Yokota, K.: Ventricular volume characteristics of single ventricle before corrective surgery. Am. J. Cardiol., 45: 806, 1980.
12) 島崎靖久，広瀬　一，加藤　寛，大西健二，中埜　粛，松田　暉，榊原哲夫，佐藤重夫，平中俊行，小林順二郎，小川　實，森本静夫，有沢　淳，川島康生：単心室症における体動脈—肺動脈吻合前術の心室容積．日胸外会誌，32：986，1984.
13) 松田　暉，広瀬　一，中埜　粛，島崎靖久，岸本英文，加藤　寛，黒田　修，小林順二郎，川島康生，有沢　淳，森本静夫：断層心エコー法による単心室の心室容積の評価．心室造影法との比較．第48回日本循環器学会学術集会講演，1984.
14) 佐野哲也，小川　實，広瀬　一，中埜　粛，松田　暉，島崎靖久，岸本英文，小林順二郎，川島康生：断層心エコー法による単心室心室容積の評価法についての検討．第44回日超医学会講論文集，1984，pp 57.
15) Folland, E.D., Parisi, A.F., Moynihan, P.F., Jones, D.R., Feldman, C.L. and Tow. D.E.: Assessment of left ventricular ejection fraction and volumes by real-time, two-dimensional echocardiography. Circulation, 60: 760, 1979.
16) Wyatt, H.L., Heng, M.K., Meerbaum, S., Gueret, P., Hestenes, J., Dula, E. and Corday, E.:

Presented by Medical*Online

Cross-sectional echocardiography II. Analysis of mathmatic models for quantifying volume of the formalin-fixed left ventricle. Circulation, 61 : 1119, 1980.

17) Gueret, P., Meerbaum, S., Wyatt, H.L., Uchiyama, T., Lang, T.-W. and Corday, E.: Two-dimensional echocardiographic quantitation of left ventricular volumes and ejection fraction: Improtance of accounting for dyskynergy in short-axis reconstruction models. Circulation, 62 : 1308, 1980.

18) 島崎靖久, 北村惣一郎, 泰　石賢, 中埜　粛, 井原勝彦, 八木原俊克, 佐藤重夫, 岸本英文, 小川　實, 川島康生：超音波断層法による右室容積測定の試み. J. Cardiography, 11 : 187, 1981.

19) 八木原俊克, 北村惣一郎, 中埜　粛, 島崎靖久, 榊原哲夫, 佐藤重夫, 岸本英文, 中谷武嗣, 小川　實, 川島康生：Subxiphoid approach による右室断層図の検討. 右室容積との関連について. J. Cardiography, 11 : 1263, 1981.

20) Watanabe, T., Katsume, K., Matsukubo, H., Furukawa, K. and Ijichi, H.: Estimation of right ventricular volume with two dimensional echocardiography. Am. J. Cardiol., 49 : 1946, 1982.

21) Hiraishi, S., DiSessa, T.G., Jarmakani, J.M., Nakanishi, T., Isabel-Jones, J.B. and Friedman, W.F.: Two-dimensional echocardiographic assessment of right ventricular volume in children with congenital heart disease. Am. J. Cardiol., 50 : 1368, 1982.

22) Levine, R.A., Gibson, T.C., Aretz, T., Gillan, L. D., Guyer, D.E., King, M.E. and Weyman, A.E.: Echocardiographic measurement of right ventricular volume. Circulation, 69 : 497, 1984.

23) Ninomiya, K., Duncan, W.J., Cook, D.H., Olley, P.M. and Rowe, R.D.: Right ventricular ejection fraction and volumes after Mustard repair: Correlation of two dimensional echocardiograms and cineangiograms. Am. J. Cardiol., 48 : 317, 1981.

24) Anderson, R.H., McCartney, F.J., Tynan, M., Becker, A.E., Freedom, R.M., Godman, M.J., Hunter, S., Quero-Jimenetz, M., Rigby, M.L., Shinebourne, E.A., Sotherland, G., Smallhorn, J. G., Soto, B., Thiene, G., Wilkinson, J.L., Wilcox, B.R. and Zuberbuhler, J.R.: Univentricular atrioventricular connextion: The single ventricle trap unsprung. Pediatr. Cardiol., 4 : 273, 1983.

25) Kozuka, T., Sato, K., Fujino, M., Kawashima, Y. and Nosaki, T.: Roentgenographic diagnosis of single ventricle: Analysis of fourty-two cases. Am. J. Roentgenol. Rad. Therapy & Nuclear Med., 119 : 512, 1973.

26) King, D.L., Jaffee, C.C., Schmidt, D.H. and Ellis, K.: Left ventricular volume determination by cross-sectional cardiac ultrasonography. Radiology, 104 : 201, 1972.

27) Wyatt, H.L., Heng, M.K., Meerbaum, S., Hestenes, J.D., Cobo, J.M., Davidson, R.M. and Corday, E.: Cross-sectional echocardiography I. Analysis of mathmatic models for quantifying mass of the left ventricle in dogs. Circulation, 60 : 1104, 1979.

28) 佐野哲也, 小川　實, 広瀬　一, 松田　暉, 中埜　粛, 岸本英文, 門場啓司, 宮本裕治, 少林順二郎, 川島康生, 有沢　淳, 森本静夫：2-DE エコーによる巣心室症の心室容積評価法に関する検討. 第57回日本循環器学会近畿地方会講演, 1984.

29) Dodge, H.T., Sandler, J., Ballew, D.W. and Lord, J.D. Jr.: Use of biplane angiocardiography for measurement of left ventricular volume in man. Am. Heart J., 60 : 762, 1960.

30) Shimazaki, Y., Kawashima, Y., Mori, T., Beppu, S. and Yokota, K.: Angiographic volume estimation of right ventricle: Re-evaluation of previous models. Chest, 77 : 390, 1980.

Presented by Medical*Online

Two Dimensional Echocardiographic Estimation of Ventricular Volume Characteristics in Single Ventricle

Tetsuya Sano[1], Minoru Ogawa[1], Toru Nakajima[1], Tohru Matsushita[1], Futoshi Kayatani[1], Hyakuji Yabuuchi[1], Hajime Hirose[2], Hikaru Matsuda[2], Susumu Nakano[2], Hidefumi Kishimoto[4], Hiroshi Kato[5], Yasunaru Kawashima[2], Jun Arisawa[3] and Takahiro Kozuka[3]

[1]Department of Pediatrics, [2]First Department of Surgery, [3]Department of Radiology, Osaka University Medical School, [4]Department of Cardiovascular Surgery, National Cardiovascular Center, [5]Cardiac Surgery, Osaka Medical Center and Institute for Maternal and Child Health

Assessment of ventricular volume and function is essential to both medical and surgical management of patients with single ventricle. Two dimensional echocardiography (2-DE) was utilized to estimate ventricular volume (SVvol) and ejection fraction (EF), and comparative evaluation was made with angiographic volumetry. Twenty-three patients were studied, ranging in age from 2 weeks to 15 years old, 4 with left ventricular type, 16 with right ventricular type (including 5 with mitral atresia) and 3 with intermediate type. In each patient 2-DE images were recorded in magnetic videotape from three views, apical view and two parasternal short axis views at the level of atrioventricular valve and papillary muscle. Length of long axis in apical view (L) and area of freezed image of ventricle in each view (Aa, Av, Ap, respectively) were measured by a digitizer. SVvol, end-diastolic and end-systolic, and EF were calculated with three methods, 1) Half ellipsoid (H-E) method, with algorism of $SVvol=4/3 \times Aa \times \sqrt{Av/\pi}$, 2) Ellipsoid (E) method with single plane $SVvol=8/3 \times Aa^2/L$, 3)Modified Simpson's rule $SVvol=Aa \times L/3 + (Av + Ap)/2 \times L/3 + Ap/3 \times L/3$. SVvol and EF calculated with biplane cineangiography (Y) by area-length method was compared with 2-DE calculate SVvol and EF (X) using linear regression analysis. Results were following. Ventricular volume: H-E method $Y\ (ml)=1.36X + 5.59$ ($r=0.98$, $p<0.001$, $SEE=8.6$ ml), E method $Y=1.10X + 6.27$ ($r=0.95$, $p<0.001$, $SEE=14.2$), Simpson's rule $Y=1.29X + 12.6$ ($r=0.96$, $p<0.001$, $SEE=11.8$), EF: H-E method $Y=0.95X + 0.030$ ($r=0.94$, $p<0.001$, $SEE=0.028$), E method $Y=0.52X + 0.27$ ($r=0.80$, $p<0.001$, $SEE=0.076$), Simpson's rule $Y=0.79X + 0.10$ ($r=0.87$, $p<0.001$, $SEE=0.042$). H-E method had highest correlation and lowest SEE in both SVvol and EF. These results indicate that 2-DE appears to be a reliable technique in estimation of ventricular volume and pump function, especially by using our newly developed H-E method. This non-invasive method is useful in determining the surgical procedure as well as long-term follow up for patients with single ventricle.

Presented by Medical*Online