

左室壁運動と弁逆流評価における携帯型超音波装置 Vscan[®] の有用性

Assessment of Left Ventricular Wall Motion and Valvular Regurgitation by a Pocket-Sized Transthoracic Echocardiographic Machine, Vscan[®]

古山 輝将* 大倉 宏之 林田 晃寛 福原 健三 斎藤 顕 尾長谷 喜久子 久米 輝善 根石 陽二
川元 隆弘 吉田 清

Terumasa KOYAMA, MD*, Hiroyuki OKURA, MD, FJCC, Akihiro HAYASHIDA, MD, Kenzo FUKUHARA, MD, Ken SAITO, MD, Kikuko OBASE, MD, Teruyoshi KUME, MD, Yoji NEISHI, MD, Takahiro KAWAMOTO, MD, Kiyoshi YOSHIDA, MD, FJCC

川崎医科大学循環器内科

要 約

目的 携帯型超音波装置 Vscan[®] の左室壁運動と弁逆流評価に関する診断能力を、ハイエンド超音波装置と比較検討することを目的とした。

方法 ハイエンド超音波装置、および Vscan[®] による心エコー図検査を施行した 54 例を対象とした。左室壁運動の評価はアメリカ心エコー図学会推奨の左室 16 分画モデルと壁運動スコアの normokinesis, mild hypokinesis, hypokinesis, severe hypokinesis, akinesis, dyskinesis の 6 段階に分類し行った。弁逆流の評価は僧帽弁、大動脈弁、三尖弁、肺動脈弁の各々の逆流について、重症度を半定量的に none, mild, moderate, severe の 4 段階に分類し行った。2 名の評価者によってハイエンド超音波装置、および Vscan[®] での左室壁運動、および弁逆流の評価を行い比較検討した。

結果 ハイエンド超音波装置、および Vscan[®] での左室壁運動に関しては、全体的に一致率 85.6 ~ 89.6%, Kappa (κ) 係数 0.540 ~ 0.604 ($p < 0.001$) であり、部位による差はなかった。弁逆流に関しては、僧帽弁逆流症での一致率は 88.7 ~ 92.5%, κ 係数は 0.726 ~ 0.833 ($p < 0.001$)、大動脈弁逆流症での一致率は 94.2%, κ 係数は 0.894 ~ 0.896 ($p < 0.001$)、三尖弁逆流症での一致率は 82.3 ~ 90.2%, κ 係数は 0.649 ~ 0.806 ($p < 0.001$)、肺動脈弁逆流症での一致率は 82.2%, κ 係数は 0.639 ~ 0.640 ($p < 0.001$) であり、大動脈弁逆流症の一致率が最も良好であった。また左室壁運動、および弁逆流ともに Vscan[®] でより重症に評価する傾向にあったが、2 段階以上異なる重症度評価となった割合は、左室壁運動では 0.9 ~ 2.0%、弁逆流では 0 ~ 4.6% と低率であった。

結論 Vscan[®] は左室壁運動および弁逆流の重症度評価において、ハイエンド超音波装置とよく一致したことから、スクリーニングとして用いる可能性が示唆された。

<Keywords> 心エコー法
経胸壁
技術評価

診断技術
超音波
超音波診断

J Cardiol Jpn Ed 2012; 7: 188 – 193

はじめに

近年、さまざまな分野において小型化、軽量化が進むなか、超音波の領域にも小型、軽量化の波が押し寄せている。従来のいわゆる携帯型超音波診断装置は、その重量が 730 g ~ 5 kg であり¹⁻⁵⁾、常時携帯することは困難であった。2010

年より 390 g の携帯型超音波装置 Vscan[®] (GE 社, USA) が使用可能となり、心エコー図装置は真の意味で携帯可能になった。本研究の目的は、Vscan[®] の左室壁運動と弁逆流評価に関する診断能力をハイエンド超音波装置と比較、検討することである。

対象と方法

連続 54 例 (男性 33 例, 平均年齢 69 ± 17.3 歳) に対して、ハイエンド超音波装置、および Vscan[®] による心エコー図検

* 川崎医科大学循環器内科
701-0192 倉敷市松島 577
E-mail: terumasa.k@med.kawasaki-m.ac.jp
2012 年 1 月 23 日受付, 2012 年 2 月 15 日改訂, 2012 年 2 月 20 日受理

査を施行した。傍胸骨長軸像、傍胸骨短軸像（大動脈弁レベル、僧帽弁レベル、乳頭筋レベル、心尖部レベル）、心尖部四腔像、心尖部二腔像、心尖部三腔像のBモード法とカラードプラー法を用いて、左室壁運動と弁逆流の有無、程度について評価した。ハイエンド超音波装置はIE-33（フィリップス社, USA）、SONOS-7500（フィリップス社, USA）を使用した。心エコー図の動画は経験5年以上の技師により記録された。左室壁運動ならびに弁逆流の評価は経験15年の評価者Aと経験5年の評価者Bの2名で行った。

左室壁運動の評価はアメリカ心エコー図学会推奨の左室16分画モデルと壁運動スコアにより行った。左室壁運動は、normokinesis（スコア1）、mild hypokinesis（スコア1.5）、hypokinesis（スコア2）、severe hypokinesis（スコア2.5）、akinesis（スコア3）、dyskinesis（スコア4）の6段階に分類した。

弁逆流の評価は僧帽弁、大動脈弁、三尖弁、肺動脈弁逆流の各々について、その重症度を半定量的にnone, mild, moderate, severeの4段階に分類した。

僧帽弁逆流は、逆流ジェット面積が左房面積の20%未満のものをmild、逆流ジェット面積が左房面積の20%以上から40%未満のものをmoderate、逆流ジェット面積が左房面積の40%以上のものをsevereとした⁶⁾。大動脈弁逆流は、逆流ジェット幅が左室流出路の25%以下のものをmild、逆流ジェット幅が左室流出路の25%以上から65%未満のものをmoderate、逆流ジェット幅が左室流出路の65%以上のものをsevereとした⁶⁾。三尖弁逆流は、逆流ジェット面積が5 cm²未満のものをmild、逆流ジェット面積が5 cm²以上から10 cm²未満のものをmoderate、逆流ジェット面積が10 cm²以上のものをsevereとした⁶⁾。肺動脈逆流症の重症度評価は、逆流ジェット到達距離が10 mm未満のもの、もしくは逆流ジェット幅が細いものをmildとし、逆流ジェット幅が太いものをsevereとし、逆流ジェット幅が中間のものをmoderateとした⁶⁾。以上の半定量的評価は視覚的に行った。本研究は、院内倫理委員会の承認を得ており、すべての検査は参加者の同意のもと行われた。

統計解析：評価者内および評価者間の一致についてはCohen's Kappa (κ) correlationを用いて評価した⁷⁾。評価者間の一致は評価者Aの評価情報を持たない評価者Bの評価情報との間で検討し、 $p < 0.05$ を統計学的有意とした。すべての統計解析にはSPSS 20を用いた。

表1 左室壁運動評価のハイエンド超音波装置とVscan®との比較（左室16分画の総和）。

A：評価者Aによる

		Vscan®					合計
		1	1.5	2	2.5	3	
HEE	1	665	59	2	2	0	728
	1.5	8	67	2	5	0	82
	2	0	10	3	9	7	29
	2.5	0	0	2	4	1	7
	3	0	1	0	4	13	18
合計		673	137	9	24	21	864

HEE (high end echomachine)：ハイエンド超音波装置。1：normokinesis, 1.5：mild hypokinesis, 2：hypokinesis, 2.5：severe hypokinesis, 3：akinesis。

B：評価者Bによる

		Vscan®					合計
		1	1.5	2	2.5	3	
HEE	1	741	19	2	0	0	762
	1.5	10	12	27	1	0	50
	2	2	5	11	9	1	28
	2.5	0	0	6	9	1	16
	3	0	0	1	6	1	8
合計		753	36	47	25	3	864

HEE (high end echomachine)：ハイエンド超音波装置。1：normokinesis, 1.5：mild hypokinesis, 2：hypokinesis, 2.5：severe hypokinesis, 3：akinesis。

結果

54例の平均年齢は68 ± 17.3歳（24～94歳）、男性33例、女性21例、正常洞調律47例、心房細動5例、ペースメーカー調律2例であった。

左室壁運動に関しては、ハイエンド超音波装置およびVscan®のいずれも、全例において全分画（合計864分画）の描出が可能であった。2人の評価者（評価者A、評価者B）による壁運動スコアとその分画数を表1に示す。

ハイエンド装置とVscan®の間の一致率は、評価者Aが87.0%、評価者Bが89.6%、 κ 係数はそれぞれ0.604 ($p < 0.001$)、0.540 ($p < 0.001$)であった。

ハイエンド超音波装置と比較し、Vscan®でより重症に評価した割合は、評価者Aでは10.0%、評価者Bでは6.9%であっ

表2 僧帽弁逆流評価のハイエンド超音波装置とVscan®との比較.

A: 評価者Aによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	11	2	0	0	13
	Mild	1	35	1	0	37
	Moderate	0	0	3	0	3
	Severe	0	0	0	0	0
合計		12	37	4	0	53

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置.

B: 評価者Bによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	8	2	0	0	10
	Mild	4	36	0	0	40
	Moderate	0	0	3	0	3
	Severe	0	0	0	0	0
合計		12	38	3	0	53

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置.

た. ハイエンド超音波装置と比較してVscan®でより軽症に評価した割合は, 評価者Aでは2.9%, 評価者Bでは3.5%であった. また両装置間で, 壁運動スコアの評価が2段階以上異なっていたのは, 評価者Aでは2.0%, 評価者Bでは0.9%であった.

左室16分画を基部(6分画), 中間部(6分画), 心尖部(4分画)に分けて検討した結果, 評価者Aでの一致率, κ 係数はそれぞれ基部で90.1%, 0.685 ($p < 0.001$), 中間部で84.6%, 0.554 ($p < 0.001$), 心尖部で86.1%, 0.569 ($p < 0.001$)であった. また, 評価者Bでの一致率, κ 係数はそれぞれ基部で91.4%, 0.574 ($p < 0.001$), 中間部で89.2%, 0.559 ($p < 0.001$), 心尖部で87.5%, 0.467 ($p < 0.001$)であった.

左室壁運動異常の有無のみでの一致率および κ 係数は, 評価者Aでそれぞれ91.8%, 0.730, 評価者Bでは96.2%, 0.823であった. 左室壁運動をnormokinesis, hypokinesis (mild hypokinesis, hypokinesis, severe hypokinesisを合わせた総数), akinesisの3段階に分け評価したところ, 一致率および κ 係数は評価者Aでそれぞれ, 90.3%, 0.693, 評価者Bでは95.1%, 0.777であった.

表3 大動脈弁逆流評価のハイエンド超音波装置とVscan®との比較.

A: 評価者Aによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	22	0	0	0	22
	Mild	0	25	2	0	27
	Moderate	0	1	2	0	3
	Severe	0	0	0	0	0
合計		22	26	4	0	52

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置.

B: 評価者Bによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	20	0	0	0	20
	Mild	1	27	2	0	30
	Moderate	0	0	2	0	2
	Severe	0	0	0	0	0
合計		21	27	4	0	52

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置.

弁逆流に関しては, 臨床弁逆流の評価が必要なかった症例に関しては, カラー Doppler は行っておらず, 僧帽弁逆流53例, 大動脈弁逆流52例, 三尖弁逆流51例, 肺動脈弁逆流45例で両装置間の比較が可能であった.

僧帽弁逆流の一致率および κ 係数は評価者Aでそれぞれ, 90.1%, 0.797 ($p < 0.001$), 評価者Bでは88.7%, 0.726 ($p < 0.001$)であった(表2). ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより重症に評価した割合は, 評価者Aでは7.4% (4例), 評価者Bでは3.8% (2例)であった. ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより軽症に評価した割合は, 評価者Aでは1.9% (1例), 評価者Bでは7.5% (4例)であった. また2段階以上重症度評価が異なった例は, 評価者A, Bとも1例もなかった.

大動脈弁逆流の一致率, および κ 係数は評価者Aでそれぞれ92.5%, 0.864 ($p < 0.001$), 評価者Bで94.2%, 0.894 ($p < 0.001$)であった(表3). ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより重症に評価した割合は, 評価者Aでは5.7% (3例), 評価者Bでは3.8% (2例)であった. ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより軽症に評価した割合は, 評価者

表4 三尖弁逆流評価のハイエンド超音波装置とVscan®との比較。

A: 評価者Aによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	9	2	0	0	11
	Mild	6	29	1	0	36
	Moderate	0	0	3	0	3
	Severe	0	0	0	1	1
合計		15	31	4	1	51

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置。

B: 評価者Bによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	10	1	0	0	11
	Mild	3	31	1	0	35
	Moderate	0	0	4	0	4
	Severe	0	0	0	1	1
合計		13	32	5	1	51

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置。

Aでは1.9% (1例), 評価者Bでは1.9% (1例)であった。また2段階以上異なる評価であった例は, 評価者A, Bとも1例もなかった。

三尖弁逆流の一致率および κ 係数は, 評価者Aで80.8%, 0.630 ($p < 0.001$), 評価者Bで90.2%, 0.806 ($p < 0.001$)であった(表4)。ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより重症に評価した割合は, 評価者Aでは7.7% (4例), 評価者Bでは3.9% (2例)であった。ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより軽症に評価した割合は, 評価者Aでは1.2% (6例), 評価者Bでは5.9% (3例)であった。また2段階以上異なる評価であった例は, 評価者A, Bとも1例もなかった。

肺動脈弁逆流の一致率および κ 係数は, 評価者Aではそれぞれ82.6%, 0.652 ($p < 0.001$), 評価者Bでは, 77.8%, 0.562 ($p < 0.001$)であった(表5)。ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより重症に評価した割合は, 評価者Aでは10.9% (5例), 評価者Bでは15.6% (7例)であった。ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより軽症に評価した割合は, 評価者Aでは6.5% (3例), 評価者Bでは6.7% (3例)であった。また2段階以上異なる評価であった例は, 評価者A, Bとも1

表5 肺動脈弁逆流評価のハイエンド超音波装置とVscan®との比較。

A: 評価者Aによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	12	4	0	0	16
	Mild	3	24	1	0	28
	Moderate	0	0	1	0	1
	Severe	0	0	0	0	0
合計		15	28	2	0	45

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置。

B: 評価者Bによる

		Vscan®				合計
		None	Mild	Moderate	Severe	
HEE	None	14	2	0	0	16
	Mild	0	14	0	0	14
	Moderate	0	0	14	1	15
	Severe	0	0	0	1	1
合計		14	16	14	2	45

HEE (high end echomachine) : ハイエンド超音波装置。

例もなかった。

考 察

今回, Vscan®を使用しアメリカ心エコー学会推奨の左室16分画モデルで左室壁運動の評価を行うとともに, 弁逆流について評価した。その結果, 左室壁運動の一致率は85.6~89.6%と良好であったが, κ 係数は0.540~0.604とやや低かった。その理由として, 今回対象とした症例の多くは壁運動が正常であったためであると考えられた。また, ハイエンド超音波装置と比較しVscan®でより重症に評価する傾向にあったが, 2段階以上異なる評価となった割合は0.9~2.0%と低率であった。

弁逆流に関しては, 大動脈弁逆流症で両装置間の一致率が最も良好で, 肺動脈弁逆流症の一致率が最も低かった。

また, 弁逆流についても左室壁運動の評価と同様に, Vscan®でより重症に評価する傾向にあった。おそらくこれはVscan®でのカラードプラー使用時の画素数が少なく, 解像度が低いことに起因すると考えられた。ただし, 2段階以上異なる重症度評価となった例はなく, Vscan®を主にスクリーン

グとして用いるのであれば、問題は少ないと考えられた。

1. 壁運動評価について：過去の報告との比較

Lieboらは97例を対象とし、2カ月未満の心エコー図のトレーニングを受けた循環器科の2人のフェローと、心エコー像の読影経験が豊富な循環器専門医2人によってVscan[®]の読影を行った結果を報告している。彼らは重症度分類は行わず、左室壁運動異常の有無を診断可能であった患者の一致率はフェローで87%、循環器専門医で90%であり、読影不可能の症例も合わせると一致率はフェローで71%、循環器専門医で77%であったと報告している⁸⁾。

Christianらは349例を対象とし、左室壁運動をnormokinesis, hypokinesis, akinesisの3段階に分け評価したところ κ 係数は0.73 ($p < 0.01$)であったと報告している⁹⁾。

今回の検討においては、左室壁運動異常の有無のみでの一致率および κ 係数、左室壁運動をnormokinesis, hypokinesis, akinesisの3段階に分け評価したが、一致率および κ 係数は過去の報告と同等、もしくはそれ以上の良好な結果であった。今回の検討ではhypokinesisをさらに3段階に細分化し評価したため、 κ 係数は低値であった。また今回の検討により初めて明らかとなった点として、部位による一致率の差は認めないことや、Vscan[®]でより重症に評価する傾向にあること、さらには2段階以上重症度評価が異なる可能性はきわめて低いことがあげられる。

2. 弁逆流の評価について：過去の報告との比較

Galderisiらは、心疾患以外で入院中の304例を対象とし、3年以上心エコー図の経験がある専門医と研修医との間で比較検討している。彼らは僧帽弁、大動脈弁、三尖弁の各々の逆流について、逆流の有無のみでの一致について評価し、その結果 κ 係数は僧帽弁逆流で専門医0.95、研修医0.87、大動脈弁逆流で、専門医1.00、研修医0.91、三尖弁逆流で専門医0.95、研修医0.92と非常に良好な一致率であった¹⁰⁾。

Christianらも同様に僧帽弁、大動脈弁、三尖弁の各々の逆流について逆流の有無のみでの一致について評価し、 κ 係数は僧帽弁逆流で0.80、大動脈弁逆流で0.94、三尖弁逆流で0.6であった。また、重症度を心形態やカラードプラーの視覚的印象によってnone, minimal, mild, moderate, severeの5段階に分類し評価しており、 κ 係数は僧帽弁逆流で0.60、大動脈弁逆流で0.40、三尖弁逆流で0.44であり、2段

階以上重症度が異なったものは、全体で1%であった⁹⁾。

今回の検討では、5段階に分けて評価もしているが、僧帽弁逆流の一致率および κ 係数は、評価者Aでそれぞれ77.8% (42例)、0.683、評価者Bでは75.5% (40例)、0.644、大動脈弁逆流の一致率および κ 係数は、評価者Aでそれぞれ77.8% (44例)、0.752、評価者Bで78.8% (41例)、0.691、三尖弁逆流の一致率および κ 係数は、評価者Aで73.1%、0.618、評価者Bで64.7%、0.744、過去に報告がない肺動脈弁逆流については、一致率および κ 係数は、評価者Aではそれぞれ71.7%、0.58、評価者Bでは、64.4%、0.493であった。また本検討により、壁運動異常の評価と同様にVscan[®]でより重症に評価する傾向にあることが、初めて明らかとなった。今後、Vscan[®]で弁逆流のスクリーニングを行う際には、このことを十分注意すべきであると考えられた。

3. 本研究の限界と問題点

まず第一に、本研究では弁狭窄に関しては検討していない点があげられる。本装置には連続ドプラー法が搭載されていないため、弁狭窄の定量評価は困難と考え検討は行わなかった。

第二に本装置には記録された動画をコマ送りにして再生する機能がないため、プランメトリーにより、直接逆流ジェットを計測することができず、弁逆流の重症度を視覚的に判定せざるを得なかった点があげられる。このことが重症度評価に影響した可能性がある。

第三は、今回の対象例中には、左室壁運動異常や重症弁逆流例が少なかった点である。したがって、本検討の結果が高度壁運動低下症例や重症の弁逆流症例についてあてはまるかどうかについては、結論づけることができない。今後、壁運動異常例や重症弁逆流例を含む多数例での検討が必要である。

結 論

Vscan[®]は左室壁運動および弁逆流の重症度評価において、ハイエンド超音波装置とよく一致し、スクリーニングとして用いる可能性が示唆された。ただし、高度壁運動低下症例や重症の弁逆流症例については、今後さらなる検討が必要と考えられた。

文 献

- 1) 齋藤顕, 渡邊望. 【超音波を使いこなす】携帯型エコー製品と特徴. 救急医学 2009; 33: 1649-1653.
- 2) 若狭ちさと, 宮井智子, 泉礼司, 中務二規子, 山本克紀, 渡邊望, 吉田清. 携帯型超音波装置における連続波ドプラ法の精度. 医学検査 2006; 55: 841-845.
- 3) 大山力丸, 村田和也, 田中伸明, 高木昭, 木村和美, 上田佳代, 劉金耀, 和田靖明, 原田希, 松崎益徳. 携帯型心臓超音波診断装置の診断精度と有用性. J Cardiol 2001; 37: 257-262.
- 4) 川井順一, 田辺一明, 八木登志員, 藤井洋子, 紺田利子, 角田敏明, 岡田翠, 山口一人, 谷知子, 山邊健司, 盛岡茂文. 携帯型心エコー図装置OptiGoTMの診断精度の検討. J Cardiol 2003; 41: 81-89.
- 5) Fukuda S, Shimada K, Kawasaki T, Fujimoto H, Maeda K, Inanami H, Yoshida K, Jissho S, Taguchi H, Yoshiyama M, Yoshikawa J. Pocket-sized transthoracic echocardiography device for the measurement of cardiac chamber size and function. Circ J 2009; 73: 1092-1096.
- 6) Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Kraft CD, Levine RA, Nihoyannopoulos P, Otto CM, Quinones MA, Rakowski H, Stewart WJ, Waggoner A, Weissman NJ. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2003; 16: 777-802.
- 7) Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977; 33: 159-174.
- 8) Liebo MJ, Israel RL, Lillie EO, Smith MR, Rubenson DS, Topol EJ. Is pocket mobile echocardiography the next-generation stethoscope? A cross-sectional comparison of rapidly acquired images with standard transthoracic echocardiography. Ann Intern Med 2011; 155: 33-38.
- 9) Prinz C, Voigt JU. Diagnostic accuracy of a hand-held ultrasound scanner in routine patients referred for echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2011; 24: 111-116.
- 10) Galderisi M, Santoro A, Versiero M, Lomoriello VS, Esposito R, Raia R, Farina F, Schiattarella PL, Bonito M, Olibet M, de Simone G. Improved cardiovascular diagnostic accuracy by pocket size imaging device in non-cardiologic outpatients: the NaUSiCa (Naples Ultrasound Stethoscope in Cardiology) study. Cardiovasc Ultrasound 2011; 8: 51.