

インターネットを介した断層心エコー画像の遠隔配信による左室壁運動の評価

Evaluation of Echocardiographic Left Ventricular Wall Motion Analysis Supported by Internet Picture Viewing System

平野 豊
生田新一郎
中野 学
秋山 静太
中村 元
那須 雅孝*¹
斉藤 大*¹
中川 純一*¹
松崎 正史*²
宮崎 俊一

Yutaka HIRANO, MD, FJCC
Shin-ichiro IKUTA, MD
Manabu NAKANO, MD
Seita AKIYAMA, MD
Hajime NAKAMURA, MD
Masataka NASU, MD, FJCC*¹
Futoshi SAITO, MD*¹
Junichi NAKAGAWA, MD*¹
Masashi MATSUZAKI*²
Shunichi MIYAZAKI, MD, FJCC

Abstract

Background. Assessment of deterioration of regional wall motion by echocardiography is not only subjective but also features difficulties with interobserver agreement. Progress in digital communication technology has made it possible to send video images from a distant location via the Internet.

Objectives. The possibility of evaluating left ventricular wall motion using video images sent via the Internet to distant institutions was evaluated.

Methods. Twenty-two subjects were randomly selected. Four sets of video images (parasternal long-axis view, parasternal short-axis view, apical four-chamber view, and apical two-chamber view) were taken for one cardiac cycle. The images were sent via the Internet to two institutions (observer C in facility A and observers D and E in facility B) for evaluation. Great care was taken to prevent disclosure of patient information to these observers. Parasternal long-axis images were divided into four segments, and the parasternal short-axis view, apical four-chamber view, and apical two-chamber view were divided into six segments. One of the following assessments, normokinesis, hypokinesis, akinesis, or dyskinesis, was assigned to each segment. The interobserver rates of agreement in judgments between observers C and D, observers C and E, and intraobserver agreement rate (for observer D) were calculated.

Results. The rate of interobserver agreement was 85.7% (394/460 segments; Kappa = 0.65) between observers C and D, 76.7% (353/460 segments; Kappa = 0.39) between observers D and E, and 76.3% (351/460 segments; Kappa = 0.36) between observers C and E, and intraobserver agreement was 94.3% (434/460; Kappa = 0.86). Segments of difference judgments between observers C and D were normokinesis-hypokinesis; 62.1%, hypokinesis-akinesis; 33.3%, akinesis-dyskinesis; 3.0%, and normokinesis-akinesis; 1.5%.

Conclusions. Wall motion can be evaluated at remote institutions via the Internet.

J Cardiol 2007 Feb; 49(2): 69-75

近畿大学医学部 循環器内科: 〒589-8511 大阪府大阪狭山市大野東377-2; *¹岩手医科大学 第二内科, 岩手; *²ソニックジャパン株式会社, 東京

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Kinki University School of Medicine, Osaka; *¹The Second Department of Internal Medicine, Iwate Medical University, Iwate; *²Sonic Japan Co., Ltd, Tokyo

Address for correspondence: HIRANO Y, MD, FJCC, Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Kinki University School of Medicine, Ohno-Higashi 377-2, Osakasayama, Osaka 589-8511; E-mail: yuhirano-circ@umin.ac.jp

Manuscript received September 14, 2006; revised October 27 and November 8, 2006; accepted November 10, 2006

Key Words

- Coronary artery disease ■Myocardial contraction (wall motion)
- Echocardiography, transthoracic (Internet)

はじめに

心エコー図法の壁運動評価は現在も半定量的スコアリング法により行われることが多く¹⁾、負荷心エコー図法ではその壁運動の判定に検者間で差が生まれることが指摘されている²⁾。一方、近年、デジタル配信技術の進歩により画像をインターネットを通じて通信することが可能となってきている。インターネットを用いた病理標本の診断の習得や³⁻⁵⁾、遠隔地から配信された心エコー図の動画像をみながら診断すること⁶⁾などが報告されている。しかしながら、インターネット上の動画像形式の標準である Quick Time 形式を用いて、心エコー図画像の評価をした場合の再現性に関する報告はない。

今回我々は、断層心エコー図法の壁運動評価のために動画像をインターネットを用いて配信して、遠距離の2施設間で壁運動評価がどの程度一致するかを検討する。

対象と方法

1. 対象

岩手医科大学で断層心エコー図が明瞭に描出された急性心筋梗塞7例、陳旧性心筋梗塞9例、狭心症2例、高血圧1例、拡張型心筋症1例、その他2例の計22例を選択した(平均年齢 65.8 ± 12.1 歳)。

2. 方法

おのおのの症例の傍胸骨長軸断層像、傍胸骨短軸断層像、および心尖四腔像、心尖二腔像の4断面について1心周期の動画を記録して、デジタル保存した。動画の保存は Quick Time 形式で元画像の約 1/5 に圧縮し、フレームレートは 33 msec とした。各画からは患者の個人情報すべてを削除した。各症例の4断面を Web サイト上に動画で掲載し、インターネットを通じて遠方の2施設(施設 A, 施設 B)によってパスワードによる限局した検者に閲覧、評価できるようにした。患者情報を知らない検者(施設 A は検者 C (経験年数 20

年)、施設 B は検者 D (経験年数 20 年)と検者 E (経験年数 1 年)が各施設で別々に壁運動の評価を行った。評価は米国内科心エコー学会の推奨に従い、傍胸骨長軸断層像を4セグメント、傍胸骨短軸断層像、心尖四腔像、心尖二腔像をおのおの6セグメントに分割して、重複するセグメントは別個に数え、合計 22 セグメント/症例で評価した(Fig. 1)。おのおのに正常、壁運動低下、壁運動消失、奇異性壁運動のスコアリングを行った。なお、施設 B の検者 D は約 14 日後に同じ画像を再評価してスコアリングした。検者が 1 名でも評価不能とした場合、そのセグメントは判定不能とした。

超音波診断装置は Phillips 製 SONOS-5500, Aloka 製 SSD-5500, Siemens 製 ACUSON Sequoia, Hitachi 製 EUB-8500 の画像を用いた。

3. データ評価者

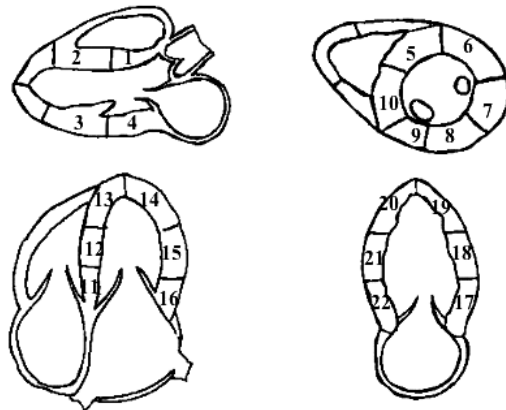
データ評価者は割り当てられた別の ID, パスワードによって、Web サイト上のデータ評価サイトに入ることが可能となる。データ登録された評価患者を選択し、断層部位(傍胸骨長軸断層像、傍胸骨短軸断層像、心尖四腔像、心尖二腔像)のフォルダーをクリックすることによって動画データをダウンロードして壁運動を評価できる。これら4断面のデータは、同時に動画再生しながら壁運動を評価することも可能である。実際の画像を Fig. 2 に示す。

4. 統計学的分析

検者内および検者間の一致については Cohen's Kappa correlation⁷⁾を用いて評価した。

結 果

インターネットで配信された画像の壁運動評価に際しては、両施設で壁運動の評価ができたのは 22 例全 484 セグメント中 460 セグメントであり、24 セグメントは画質不良のため評価対象から削除した。24 セグメントの内訳はセグメント 3, 11, 12, 13, 16 がおのおの 1 例、セグメント 15, 17, 18, 20, 21, 22 がお



LAX	1; basal septum	2; mid-septum	3; mid-posterior	4; basal posterior
SAX	5; ant-septum	6; anterior	7; lateral	8; posterior
	9; inferior	10; post-septum		
4CV	11; basal septum	12; mid-septum	13; apical septum	14; apical lateral
	15; mid-lateral	16; basal lateral		
2CV	17; basal anterior	18; mid-anterior	19; apical anterior	20; apical inferior
	21; mid-inferior	22; basal inferior		

Fig. 1 Schematic representation of left ventricular segments
 LAX = long-axis; SAX = short-axis; CV = chamber view.

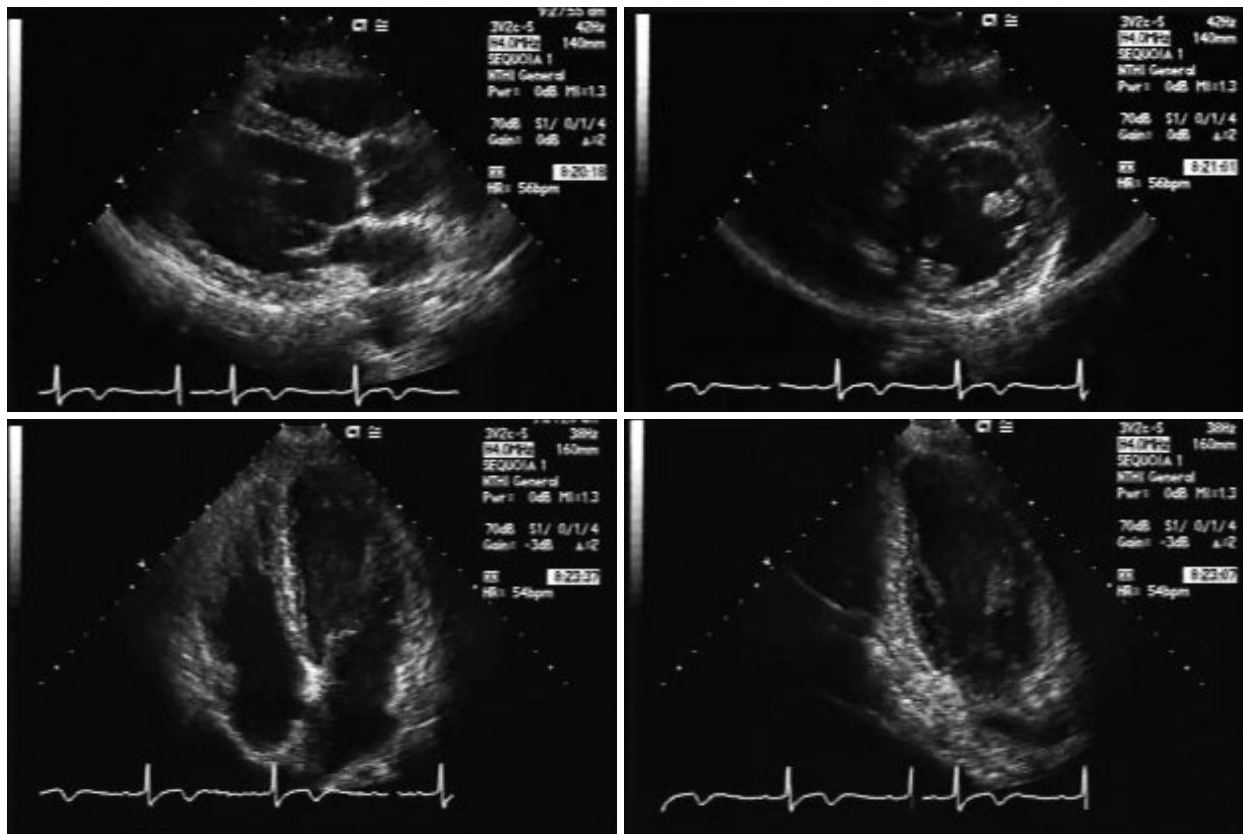


Fig. 2 Four sets of video images
Left upper: Parasternal long-axis view.
Right upper: Parasternal short-axis view.
Left lower: Apical four-chamber view.
Right lower: Apical two-chamber view.

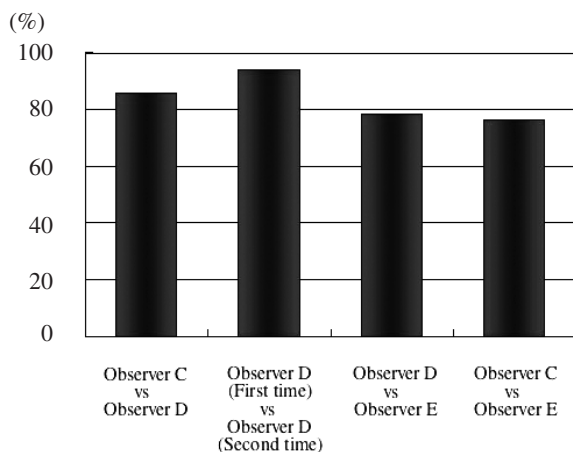


Fig. 3 Rates of interobserver and intraobserver agreement

のおの2例，セグメント14が3例，セグメント19が4例であった。

インターネットで配信された画像でのA施設(検者C)とB施設(検者D)の初回壁運動評価の診断一致率は，全460セグメント中394セグメント(85.7%)であった。一方，B施設で14日間間隔をおいて検者Dが再度評価した場合の壁運動診断一致率は全460セグメント中434セグメント(94.3%)であった。さらに，同一施設内での検者Dの1回目と検者Eの壁運動診断一致率は全460セグメント中353セグメント(76.7%)であり(Kappa = 0.39)，B施設の検者EとA施設の検者Cの壁運動診断一致率は全460セグメント中351セグメント(76.3%)であった(Fig. 3)。

検者Cと検者Dの初回壁運動評価での壁運動評価の食い違いについては，Fig. 4に示すように，Kappa = 0.65であった。同様に検者Dの初回壁運動評価と14日後の再評価間ではKappa = 0.86であり，検者Dの初回壁運動評価と検者E間ではKappa = 0.39であり，検者Eと検者C間ではKappa = 0.36であった(Fig. 4)。

A施設(検者C)とB施設(検者D)の検者間で，診断が食い違ったセグメントは66セグメントあり，正常と壁運動低下間の食い違いが41セグメント(62.1%)と最も多く，つぎに壁運動低下と壁運動消失間の食い違いが22セグメント(33.3%)，壁運動消失と奇異性壁運動間の食い違いが2セグメント(3.0%)，正常と壁運動消失間の食い違いが1セグメント(1.5%)であり，スコアの差は1段階の差が大多数(95.4%)であった(Fig.

5)。正常と壁運動低下間での食い違い全41セグメント中，セグメント15，18が5症例と最も多く，壁運動消失と壁運動低下間での食い違いは全22セグメントで認められ，そのうちセグメント21が6症例と最も多かった。さらに，壁運動消失と奇異性壁運動間での食い違った2セグメントは，すべてセグメント21であり，正常と壁運動消失の食い違いは，セグメント3でみられた。

考 察

今回我々は，遠距離の2施設でインターネットを用いて壁運動の評価を行ったが，検者Cと検者Dの診断一致率は85.7%と高値であった。

心臓は常時収縮と拡張を繰り返す臓器であり，局所の壁運動評価はいまだに半定量的スコアリング法が行われていることが多い。左室を16分割して，それぞれに正常から壁運動消失まで分類してスコアリングを行い¹⁾，評価しえたセグメント数で除す方法が負荷心エコー図法などで行われている。しかしながら，局所壁運動評価は半定量的であるがゆえに，検者の経験によって差が生じることが指摘されている²⁾。また，負荷心エコー図法による壁運動評価は施設によっても大きく異なることがすでに報告されている³⁾。

壁運動評価のためにはAmerican Heart Association (AHA)のステートメントでもトレーニングが必要であることが述べられている。そのAHAのステートメントでは負荷心エコー図法のトレーニングは，40例/月以上の負荷心エコー図法実施施設で，100例以上の負荷心エコー図法への参加が推奨されている⁹⁾。トレーニングには経験者と一緒に評価を行うことが最も近道であることが述べられているが，そのような指導者が身近に存在しない場合も多い。

今回の検討では，安静時の画像だけであったが，経験が豊富な検者とそうでない検者との間では壁運動評価にばらつきが大きい傾向があった。一方，施設が違って検者が経験を積めば，壁運動評価に2検者間でばらつきが小さいことが明らかになった。

診断が正常と壁運動消失と大きく食い違った部位はmid-posteriorであった。その症例は後壁から側壁に壁運動異常がみられた症例であり，壁運動異常の広がり判断に検者間で食い違いが生じたためと考えられた。

		Observer C				
		Normokinesis	Hypokinesis	Akinesis	Dyskinesis	
Observer D (First time)	Normokinesis	319	23	1	0	343
	Hypokinesis	18	57	9	0	84 (Kappa = 0.65)
	Akinesis	0	13	14	2	29
	Dyskinesis	0	0	0	4	4
		337	93	24	6	460

		Observer D (Second time)				
		Normokinesis	Hypokinesis	Akinesis	Dyskinesis	
Observer D (First time)	Normokinesis	331	12	0	0	343
	Hypokinesis	5	75	4	0	84 (Kappa = 0.86)
	Akinesis	0	3	24	2	29
	Dyskinesis	0	0	0	4	4
		336	90	28	6	460

		Observer E				
		Normokinesis	Hypokinesis	Akinesis	Dyskinesis	
Observer D (First time)	Normokinesis	324	16	3	0	343
	Hypokinesis	47	26	9	2	84 (Kappa = 0.39)
	Akinesis	7	11	10	1	29
	Dyskinesis	3	1	0	0	4
		381	54	22	3	460

		Observer C				
		Normokinesis	Hypokinesis	Akinesis	Dyskinesis	
Observer E	Normokinesis	317	55	6	3	381
	Hypokinesis	17	27	9	1	54 (Kappa = 0.36)
	Akinesis	3	10	7	2	22
	Dyskinesis	0	1	2	0	3
		337	93	24	6	460

Fig. 4 Interobserver and intraobserver agreement

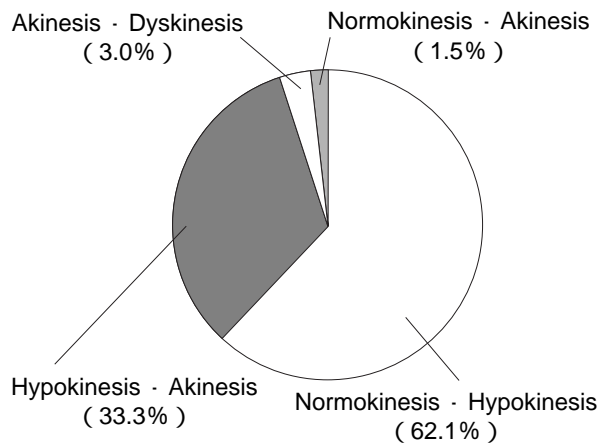


Fig. 5 Distribution of segments in difference judgments between observers C and D

一方、正常と壁運動低下間の食い違いは、セグメント15(mid-lateral), セグメント18(mid-anterior)が5症例と最も多く、壁運動消失と壁運動低下間での食い違いはセグメント21(mid-inferior)が6症例と最も多かった。さらに壁運動消失と奇異性壁運動間での食い違いは2セグメントで、すべてセグメント21(mid-inferior)であった。これらのセグメントはすべて心尖部からの断面であり、心尖部からの画像で壁運動異常の程度と広がり診断するには十分注意が必要である。

インターネットを用いた画像診断については、病理標本の診断のための教育システムはすでに存在し、web サイトを用いて、胸部の生検病理診断を自己学習することの有用性についてはすでに報告されている⁵⁾。さらに近年では、前立腺癌の病理診断に必要なグリソンスコアのスコアリングのために、インターネット上に教育を目的としたweb サイトが存在し、3名の泌尿

器科病理専門医師が実際に診断した結果と自分の診断とを照らし合わせることによって自己学習ができる³⁾という。

一方、近年インターネットは大きく進歩しており、メールや静止画像のやり取りのみならず、大容量の動画でも圧縮をすることによって、送配信が可能となってきている。Boydら⁶⁾は、Audio Video Interleave (AVI) ファイルをMPEG-I ファイルに圧縮して、通常のISDN通信を用い送られた画像とビデオテープの画像で、3名の医師が診断した場合、その診断一致率は100%だったという。また、低コストのデジタルファイリングシステムとして、MPEG-4圧縮を行い、離れた場所での診断に使用した報告がある。Umedaら¹⁰⁾は112例の動画をSUPER-VHSとMPEG-4の画像とで比較しているが、95.6%で診断が一致したと報告している。さらに検者内の変動もSUPER-VHSの画像では8.2%であるのに対しMPEG-4の画像では6.9%であり、両者に有意差はなかったという¹⁰⁾。

さらに、Hufferら¹¹⁾は衛星中継システムを利用して遠隔地へ画像配信されたポータブル心エコー図装置と従来の専用超音波診断装置で得られた画像による診断とを比較検討し、95%で一致したという。災害などの緊急時には、現場で撮られた画像を瞬時にしかも的確に心臓専門医が診断して返答することは、人命救助の上でも有用であると考察されている。

インターネット上で動画像配信する場合の問題点としてはネットワーク環境がある。現在、以前と比べかなり改善してきてはいるものの、施設や個人によって通信スピードが異なるため事例ごとにさまざまな環境が想定される。したがって、なるべくデータ容量を少なくするため1/5程度データの圧縮を行った。ただし、フレームレートは落とさないように約33msecで行った。どの程度の圧縮が壁運動評価へ影響するのかにつ

いては、今後検証が必要である。しかし、日本中がどこでも光通信可能な環境になれば、圧縮の問題点は解決されるであろう。

動画配信、閲覧には固有のソフトウェアをインストールする必要がある。今回我々は種々のコンピュータとその環境上で作動するようなプログラムを開発して、どのようなコンピュータ環境でも対応できるとともに、固有のソフトウェアのインストールを必要としないようにした。今回、我々の研究では動画像にQuick Time形式を用いており、Quick Timeがインストールされているコンピュータであればインターネットを用いて鮮明な画像で壁運動評価が十分可能である。

今後、壁運動評価においてもインターネットを利用することによって指導医がいなくても自己学習が可能となり、安定した壁運動の評価が全国の施設で行われるようになる可能性がある。

問題点としては、壁運動異常を判定する場合、壁運動消失のセグメントを壁運動低下と判定するといった評価の誤りを生じやすい。さらに、正常例と異常例の鑑別は重要であり、正常を壁運動低下あるいは壁運動消失と判定する場合に最も問題となる。今回は、壁運動異常をゴールドスタンダードとなる他の方法での評価と比較検討しておらず、検者間での診断の一致率をみただけである。今後、このような観点からも多くの症例でのさらなる検討が必要である。

結 語

インターネットを用いて配信された断層心エコー図画像における左室壁運動評価の施設間での評価一致率は高かった。インターネットを用いた動画像の評価は有用と思われる。

要 約

背景: 心エコー図の壁運動評価は、主観的であるだけでなく、検者間で差が生じやすい。デジタル通信技術の進歩により、インターネットを通して遠距離間で動画を送ることが可能となった。

目的: 断層心エコー図動画像をインターネットを用いて配信し、遠距離の2施設間での左室壁運動評価がどの程度一致するかを検討する。

方法: 断層心エコー図が十分に描出された疾患22例を選択した。おのおのの症例の傍胸骨長軸断層像、傍胸骨短軸断層像、および心尖四腔像、心尖二腔像の4断面について1心周期の動画を

デジタル保存した。各症例の4断面をWebサイト上に動画で掲載し、インターネットを通じて遠方の2施設(施設A, 施設B)に配信した。患者情報を知らない検者(施設Aは検者C, 施設Bは検者Dと検者E)が各施設で別々に壁運動の評価を行った。傍胸骨長軸断面層像を4セグメント, 傍胸骨短軸断面層像, 心尖四腔像, 心尖二腔像をそれぞれ6セグメントに分割して評価し, おのおのに正常, 壁運動低下, 壁運動消失, 奇異性壁運動のスコアリングを行った。なお, 施設Bの検者Dは約14日後に同じ画像を再評価してスコアリングした。

結果: 24セグメントは画質不良のため評価対象から削除した。インターネットで配信された画像でのA施設(検者C)とB施設(検者D)の初回壁運動評価の診断一致率は, 全460セグメント中394セグメント(85.7%)であった(Kappa = 0.65)。B施設で14日間間隔をおいて検者Dが再度評価した場合の壁運動診断一致率は460セグメント中434セグメント(94.3%)であった(Kappa = 0.86)。同一施設内での検者Dと検者Eの壁運動診断一致率は全460セグメント中353セグメント(76.7%)であった(Kappa = 0.39)。検者Cと検者Eとの壁運動診断一致率は全460セグメント中351セグメント(76.3%)であった(Kappa = 0.36)。検者Cと検者Dの検者間で, 診断が食い違ったセグメントは正常と壁運動低下間の食い違いが62.1%と最も多く, つぎに壁運動低下と壁運動消失間の食い違いが33.3%, 壁運動消失と奇異性壁運動間の食い違いが3.0%, 正常と壁運動消失間の食い違いが1.5%であり, スコアの差は1段階の差が大多数(95.4%)であった。

結論: インターネットを用いた動画像の評価は有用と思われる。

J Cardiol 2007 Feb; 49(2): 69 - 75

文献

- 1) Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gutgesell H, Reichek N, Sahn D, Schnittger I, Silverman NH, Tajik J: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography: American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; **2**: 358 - 367
- 2) Picano E, Lattanzi F, Orlandini A, Marini C, L'Abbate A: Stress echocardiography and the human factor: The importance of being expert. *J Am Coll Cardiol* 1991; **17**: 666 - 669
- 3) Helin H, Lundin M, Lundin J, Martikainen P, Tammela T, Helin H, van der Kwast T, Isola J: Web-based virtual microscopy in teaching and standardizing Gleason grading. *Hum Pathol* 2005; **36**: 381 - 386
- 4) Terraz O, Wietlisbach V, Jeannot JG, Burnand B, Froehlich F, Gonvers JJ, Harris JK, Vader JP: The EPAGE internet guideline as a decision support tool for determining the appropriateness of colonoscopy. *Digestion* 2005; **71**: 72 - 77
- 5) Lundin M, Lundin J, Helin H Isola K: A digital atlas of breast histopathology: An application of web based virtual microscopy. *J Clin Pathol* 2004; **57**: 1288 - 1291
- 6) Boyd RL, Murdison KA, Baffa JM, Brumund M, Sheth AP, Karp WB, Bhatia J: A low-cost web-base tool for pediatric echocardiographic consultation. *Clin Pediatr* 2003; **42**: 185 - 186
- 7) Landis JR, Koch GG: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; **33**: 159 - 174
- 8) Hoffmann R, Lethen H, Marwick T, Arnesi M, Fioretti P, Pingitore A, Picano E, Buck T, Erbel R, Flachskampf FA, Hanrath P: Analysis of interinstitutional observer agreement in interpretation of dobutamine stress echocardiograms. *J Am Coll Cardiol* 1996; **27**: 330 - 336
- 9) Rodgers GP, Ayanian JZ, Balady G, Beasley JW, Brown KA, Gervino EV, Paridon S, Quinones M, Schlant RC, Winters WL Jr, Achord JL, Boone AW, Hirshfeld JW Jr, Lorell BH, Rodgers GP, Tracy CM, Weitz HH: American College of Cardiology/American Heart Association Clinical Competence statement on stress testing: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians: American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence. *J Am Coll Cardiol* 2000; **36**: 1441 - 1453
- 10) Umeda A, Iwata Y, Okada Y, Shimada M, Baba A, Minatogawa Y, Yamada T, Chino M, Watanabe T, Akaishi M: A low-cost digital filing system for echocardiography data with MPEG4 compression and its application to remote diagnosis. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; **17**: 1297 - 1303
- 11) Huffer LL, Bauch TD, Furgerson JL, Bulgrin J, Boyd SY: Feasibility of remote echocardiography with satellite transmission and real-time interpretation to support medical activities in the austere medical environment. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; **17**: 670 - 674