

심초음파에서 국소 좌심실벽 운동 추적 및 정량적 분석에 관한 연구

*연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과, †연세대학교 원주의과대학 순환기내과

‡연세대학교 문리대학 전산학과

신동규*, 김동윤*, 최경훈†, 박광훈‡

2차원 심초음파는 좌심실벽 운동을 실시간으로 보여줄 수 있어 국소 좌심실벽 운동장애를 진단하는데 널리 사용되고 있다. 심초음파를 통하여 국소 좌심실벽 운동기능을 평가하고 정량화하기 위한 많은 연구들이 진행되어왔다. 본 논문에서는 국소 좌심실벽 운동장애의 진단을 위한 좌심실벽 운동 추적 및 정량적 분석 알고리즘을 제안하였다. 정상 피검자들과 국소 좌심실벽 운동이상 환자로부터 얻은 심초음파 흉골연단축단면 영상들이 알고리즘의 시험을 위해 사용되었다. 자동화된 경계선 검출과 좌심실내벽 윤곽선 연결 알고리즘을 각 프레임들에 적용하였고 영역분할에 기초한 정량적 분석을 수행하였으며 운동량을 의미하는 칼라가 프레임 및 영역별로 심초음파 영상들 위에 덧씌워졌고 칼라화된 영상들이 동영상으로 구현되었다. 제안된 알고리즘은 좌심실벽 운동장애의 자동화된 정량적 진단을 제공하였다.

중심단어 : 심초음파, 좌심실벽 운동 추적, 심근내벽 검출, 정량적 분석, color kinesis

서 론

심장 영상은 심장 질환의 진단에 필수적인 요소로서 다양한 형태의 촬영 장비의 발전으로 인하여 이에 대한 연구가 빠른 속도로 발전하여 왔다. 심장 영상을 만드는데 가장 널리 사용되는 영상 장비 중 하나는 초음파 심장 촬영 장비이며, 심초음파는 심실내벽의 움직임과 수축과정을 실시간으로 묘사할 수 있어 국소 좌심실벽 운동장애를 평가하는데 광범위하게 사용되고 있다. 심초음파는 비관혈적 방법이기 때문에 위험이 적고 간편하게 검사할 수 있으며 민감도가 높다는 장점을 가지고 있다.

좌심실벽 운동장애는 심근경색증과 같은 허혈성 심질환, 심근염, 심근병증 등의 원인에 의해서 발생할 수 있으며 이러한 질병이 예상되는 경우 진단을 확정짓는 혈관조영과 같은 관혈적 방법의 전단계 과정으로 심초음파 검사를 하여 질병을 진단하고 있다. 심초음파 분석은 보통 의사의 눈에 의해서 이루어지므로 객관적이지 못하며 결과분석이 연구실간의 오차를 가져올 수 있는 단점이 있다. 또한 분석을 정량화할 수 없기 때문에 병세의 심하고 가벼운 정도를 표현할 수 없다. 다른 하나의 심초음파 분석방법은 수작업에 의하여 프레임별로 좌심실내벽을 따라 선을 긋고 그것을 비교하는 방법이다. 이 방법은 작업량이 많아지고 시간이 많이 소모되는 작업을 거쳐야하기 때문에 실제로 잘 사용되지 않고 있다. 이러한 이유 때문에 컴퓨터를 이용하여 좌심실벽의 경계를 검출하고 그것을 정량적으로 분석하는 연구가 여러 연구자들에 의해서 수행되어 왔다.¹⁻⁴⁾ 또한 실시간으로 좌심실벽 경계검출과 운동량의 정량적 분석을 수행하는 방법들도 이러한 연구들과 병행되어 발전되었으며,⁵⁻⁶⁾ 최근에 심초음파를 통해 좌심실벽 운동 추적 및 분석을 실시간, 온라인으로 처리하는

Corresponding Author :

Dong-Kyu Shin

Dept. of Biomedical Engineering

Yonsei University College of Health Science,

234 Maejili, Heungupmyun, Wonju, Kangwondo,

Korea 220-710

Tel : (0371) 760-2499, Fax : (0371) 760-2197

E-mail : eastar@mipl.yonsei.ac.kr

color kinesis라고 하는 기술이 제안되었다.^{7,8)}

Color kinesis는 수축기 동안에 트랜스듀서에 모아진 초음파 데이터를 이용하여 실시간으로 심실내벽의 운동을 추적하고 프레임별 분석에 기초하여 칼라로 디스플레이하는 새로운 기술이다. 심초음파 국소 좌심실벽 운동 추적을 칼라로 디스플레이하는 방법은 시각적인 분석과 정량적 분석을 동시에 수행할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 이러한 장점을 바탕으로 color kinesis 구현을 위한 기반기술인 심초음파 국소 좌심실벽 운동 추적 및 정량적인 분석에 목표를 둔다.

이 론

1. 심초음파 영상의 심근내벽 검출

심근내벽의 검출단계는 전처리, 방사조사법⁹⁾과 문턱치 설정을 이용한 경계 후보점 검출, 최단거리 연결을 통한 경계 후보선 검출과 선형보간을 이용한 경계 후보선 연결 및 보정으로 이루어진다.

1) 전처리

초음파영상은 반사되는 초음파신호를 양자화한 것이기 때문에 고르지못한 화소강도, 영상 탈락, 스펙클 잡음과 같은 특징을 가지므로 심초음파 영상의 처리에 있어서 전처리과정은 필수적이다. 전처리는 보통 이동평균 필터나 메디안 필터 등과 같이 영상을 평탄화함으로써 스펙클 잡음을 제거하고 탈락부분을 보완하며 화소강도를 고르게 하는 필터를 사용하여 경계선 검출의 효율을 높이게 된다. 식 (1)은 메디안 필터를 이용한 전처리 과정을 보여준다.

$$v(m, n) = \text{median} \{y(m-k, n-l), (k, l) \in W\} \quad (1)$$

식 (1)에서 $v(m, n)$ 은 $y(m, n)$ 의 필터링후의 값, W 는 선택된 크기의 창이다.

2) 방사조사법

방사조사법을 위해서는 먼저 관심영역(ROI)의 설정과 중심의 결정이 필요하다. 관심영역은 사용자가

이완기말 초음파영상에서 좌심실내벽경계선으로 추정되는 모든 부분을 포함하는 영역을 설정해 주며, 설정된 관심영역으로부터 면적의 중심을 계산한다. 중심을 결정한 후에 Fig. 1과 같이 중심점으로부터 바깥쪽으로 방사방향으로 지나가면서 영상화소의 강도와 변화량을 조사하게 된다.

방사조사법은 흉골연단축단면 심초음파 영상이 관심영역의 중심점부근에서는 화소들의 강도가 작고 심근벽에서는 강도가 상대적으로 커진다는 특징에서 적용될 수 있고, 관심영역의 모든 점들을 조사하지 않아도 되므로 처리시간을 절약할 수 있는 장점이 있다.

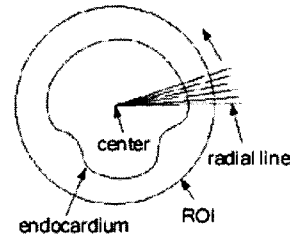


Fig. 1 Radial line search

3) 문턱치 설정

1차원 미분연산자인 기울기연산자를 사용하여 각 방사선상을 따라가면서 그 선상에 분포하는 화소들에 대한 기울기를 차례로 조사한다. 기울기 분포를 통하여 화소강도들의 최소점과 최대점을 알 수 있고 그 사이의 일정한 비율 또는 특정값을 문턱치로 선정하여 그 강도를 통과하는 위치가 경계에 해당된다고 추정할 수 있다. 문턱치가 설정되면 Fig. 2와 같이 설정된 문턱치값에 따라서 그 이상의 화소강도 영역을 심근벽, 이하의 영역을 심실내부라고 말할 수 있다.

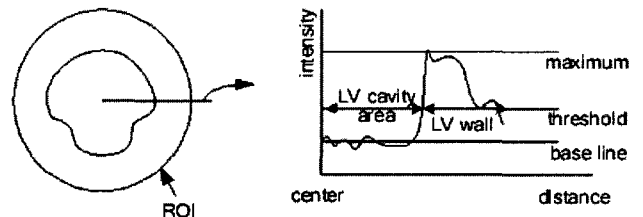


Fig. 2 Threshold selection from gradients and magnitudes of the intensities

4) 최단거리 연결

방사조사법과 문턱치설정을 통해 한 각에 대하여 하나 이상의 경계선후보점들을 얻게 된다. 이러한 점들 중에서 실제 좌심실벽의 경계선에 해당하는 점과 스펙클 잡음에 의한 점 및 심근벽내의 점들을 분리해내는 일이 필요하다.

최단거리 연결은 방사조사법을 이용하여 경계선후보점들을 얻었을 때 경계선에 해당되는 점들이 서로 더 가까운 거리에 위치한다는 가정에서 시작한다. 이 방법은 Fig. 3과 같이 W의 반지름을 갖는 윈도우 내의 경계선후보점들중 가장 가까운 점을 찾아가며 모든 과정은 극좌표계에서 이루어진다.

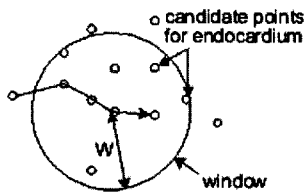


Fig. 3 Nearest neighbor connection

5) 선형보간

방사조사법과 최단거리 연결을 통하여 연결된 경계선후보선들은 여러 개의 조각들로 서로 떨어져 있거나 어긋나 있게 되는데, 경계선후보선들의 끝점과 시작점 사이 또는 시작점과 선의 중간을 선형보간을 통하여 연결하여 좁으므로 심실내벽의 경계선을 하나의 폐곡선으로 연결시키게 된다. 이 과정을 통하여 모든 경계선후보선들이 하나의 폐곡선으로 연결된다. 극좌표계에서 선형보간을 실시하는 이유는 흉골연단축단면도 심초음파 영상에서 심실내벽의 윤곽선이 원과 가깝다고 가정할 수 있기 때문이다.

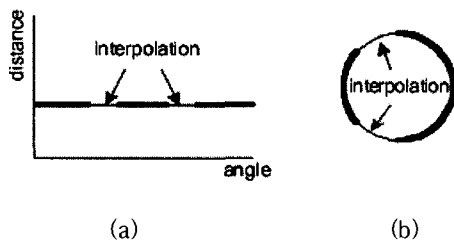


Fig. 4 Linear interpolation on (a)rectangular and (b)polar coordinate system

극좌표계에서 선형보간을 한 후 직각좌표계로 좌표 변환을 수행하면 Fig. 5(a)와 같이 선형으로 보간한 부분이 Fig. 5(b)와 같은 원호의 형태로 보간되는 것을 알 수 있다.

2. 영역분할 분석

영역분할 분석은 프레임별 운동면적 변화량비에 따른 분석과 영역별 평균속도에 따른 분석으로 크게 나누었으며, 수축기말 좌심실내부의 중심점 계산과 좌심실벽 영역분할의 과정을 거친후 프레임별, 영역별로 분석한다.

1) 중심점 계산

영역분할 분석에서의 영역들은 수축기말 좌심실내부 면적의 중심점을 기준으로하여 등각도를 갖는 부채꼴 모양으로 나뉘어진다. 좌심실내부 면적의 중심점은 좌심실 내부의 모든 점 좌표의 평균값으로 구한다.

$$x_{1,2}(center) = \frac{\int \int_s x_{1,2} dx_1 dx_2}{\int \int_s dx_1 dx_2} \quad (2)$$

식 (2)는 좌심실내부의 무게중심점을 구하는 식이고, $x_{1,2}(center)$ 는 좌심실내부 면적의 중심, s는 수축기말 좌심실내부의 면적이다.

2) 영역 분할

좌심실벽의 운동기능을 평가하기 위하여 미국심초음파학회(American Society of Echocardiography, ASE)는 1989년 영역분할분석에 대한 제안들¹⁰⁾을 발표하였고 좌심실벽 운동기능에 대한 평가는 대부분 이 방법을 따라 이루어지고 있다.

흉골연단축단면에서 좌심실벽의 운동기능을 평가할 때 영역별로 나누어 평가하는 것은 어느 부분의 운동기능에 장애가 있는지 쉽게 알아볼 수 있게 해준다. 좌심실벽 영역들은 제안된 방법에 의하여 30°나 60° 등의 등각도를 갖는 부채꼴 모양으로 나뉘게 된다. 본 논문에서는 Fig. 5와 같이 좌심실벽을 60°

의 간격을 갖는 6개의 영역으로 분할하였고, 각 영역에 시계방향으로 1-6의 번호를 지정하여 분석에 용이하게 하였다.

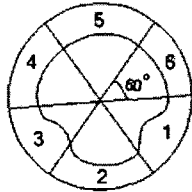


Fig. 5 The segmentation of left ventricular wall

3) 운동면적 변화량비에 의한 분석

운동면적 변화량비는 각 영역들의 프레임별 운동면적 변화량과 이완기말 프레임 좌심실내부 면적의 비율 계산을 반복하여 각 영역들의 프레임별 운동면적을 백분율(%)로 나타내는 방법이다. Fig. 6(a)는 운동면적 변화량비에 의한 분석에서 이완기말 프레임의 좌심실내부 면적 A_{ed} 와 프레임별 운동면적 변화량 ΔA_f 의 관계를 보여준다.

$$\text{Motion area change ratio [\%]} = \frac{\Delta A_f}{A_{ed}} \times 100 \quad (3)$$

운동면적 변화량비를 통하여 한 영역의 이완기말 프레임의 좌심실내부 면적에서 몇 퍼센트가 다음 프레임에서 좌심실벽으로 변화되었는지를 알 수 있고 이를 수축기 프레임들에 대하여 반복하면 국소 좌심실벽 운동기능 정도를 영역별로 정량화하여 나타낼 수 있다.

4) 평균운동속도에 의한 분석

영역별 평균운동속도에 의한 분석은 각 좌심실벽 영역의 모든 각에 대한 속도의 평균을 구하여 그 값으로부터 국소 좌심실벽 운동기능을 평가하는 방법이다. 각 영역들의 모든 각에 대하여 이완기말 프레임의 좌심실내벽 경계선으로부터 수축기말 프레임 경계선까지 움직인 거리의 모든 합을 한 영역의 각으로 나누어 영역별로 수축기동안의 좌심실벽이 운동한 평균거리를 구하고, 이 값을 수축기 동안의 시간

으로 나누어서 각 영역들의 좌심실벽 운동 평균속도를 계산한다. Fig. 6(b)는 영역별 평균속도에 의한 분석에서 이완기말 프레임에서 수축기말 프레임까지 운동거리 D_n 과 한 영역의 각 θ 를 보여준다.

$$\text{Average motion velocity [cm/s]} = \frac{\sum_{n=\theta_s}^{\theta_e} D_n}{N_f \times T_f \times R \times \theta} \quad (4)$$

식 (4)에서 θ_s 는 각 영역이 시작되는 각, θ_e 는 각 영역이 끝나는 각, D_n 은 한 각에서의 이완기말에서 수축기말까지 심근내벽 경계선의 화소거리, N_f 는 이완기말에서 수축기말까지의 프레임수, T_f 는 한 프레임과 다음 프레임과의 시간차인 1/30(sec/frames), R 은 화소거리와 실제거리와의 비(화소거리/실제거리), $\theta = \theta_e - \theta_s$ 이다. 평균운동속도에 의한 분석을 통하여 수축기 동안의 각 영역 좌심실벽의 평균운동속도를 알 수 있으며 국소 좌심실벽 운동기능을 정량화하고 평가할 수 있는 한 방법이 된다.

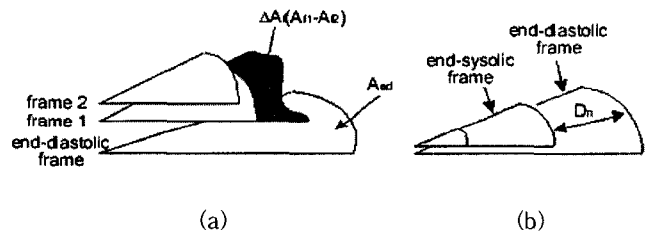


Fig. 6 The segmental analysis by (a)motion area change ratio and (b)average motion velocity

3. 칼라화

Color kinesis에서 가장 중요한 특징 중 하나는 국소 좌심실벽 운동 분석을 칼라를 사용하여 시각적으로 구현한다는 점이다. 실시간으로 운동하는 심초음파 영상에 칼라를 덧씌워 줌으로써 좌심실벽이 운동하는 모습을 시각적으로 보여주며 그 칼라화된 면적의 변화량 또는 속도의 차이에 따른 영역별 칼라영상으로부터 그 영역의 좌심실벽 운동기능을 정량화하고 평가할 수 있다.

1) 프레임별 칼라화

프레임별 칼라화는 수축기 동안의 좌심실 내부영역의 변화량에 따라서 미리 정의된 다른 칼라를 순차적으로 덧씌워 줌으로써 프레임별 및 영역별로 좌심실벽 운동량을 시각화하여 준다. Fig. 7에서 수축기 프레임1은 이완기말 프레임보다 좌심실이 수축운동을 하여 좌심실내부가 더 작아지게 되는데 이 좌심실벽 운동에 의한 면적의 변화 부분(이완기말 프레임의 좌심실내부 면적 - 수축기 프레임1의 좌심실내부 면적)을 칼라1로 덧씌워 줌으로써 이완기말 프레임에서 수축기 프레임1까지 좌심실내벽 운동량을 알 수 있게 된다. 같은 방법으로 수축기말 프레임까지 한 프레임 단위로 좌심실내부의 운동 면적의 차를 미리 정의된 칼라로 덧씌워주게 된다

2) 영역별 칼라화

영역별 칼라화는 영역분할 분석에 의하여 정량화된 크기에 따라 영역별로 다른 칼라를 덧씌워줌으로써 좌심실내벽 운동기능의 영역별 분석을 시각화하는 것이다. Fig. 7(b)는 영역별 칼라화에서 운동량 또는 속도에 대한 칼라의 선택을 보여준다. 국소 좌심실벽 운동량에 따라서 영역분할분석에 의해 정량화한 운동면적 변화량비와 평균운동속도에 따라서 칼라를 선택하게 되는데, 운동면적 변화량비나 평균운동속도의 값이 클수록 칼라 1쪽의 칼라가 덧씌워지며, 값이 작을수록 칼라 5쪽으로의 칼라가 덧씌워지게 된다.

방 법

1. 데이터 획득

연세대학교 원주의과대학부속 원주기독병원 순환기내과 심초음파실로부터 정상인 4명, 국소 좌심실벽 운동장애 환자 2명을 선정하였다. 모든 피검자에 대하여 초음파 촬영기 화면에 보이는 영상의 질을 최적화한 후에 관심영역 안의 심근내벽부분의 경계검출에 최적의 조건이 되도록 이득을 조절하여 흉골연단축단면의 심초음파 영상을 수십초동안 S-VHS 비디오테잎에 녹화하였다(Ultramark 9, ATL, 미국). 심초음파 영상이 녹화된 비디오테잎을 재생하고, 비디오 출력을 연속 영상 획득장치인 DT3155(Data Translation, 미국)가 장착된 PC를 통하여 640x480, 8bit, 30 frames/s로 디지털화하였다.

2. 자동화된 좌심실내벽 경계선 검출

관심영역은 사용자가 마우스를 사용하여 이완기말 프레임의 좌심실근내벽 전부와 좌심실근의 일부를 포함한 부분을 선택하였다. 선택한 관심영역 경계선 부분의 좌표들의 값의 평균을 취하여 관심영역의 중심점을 구하고 관심영역의 중심점으로부터 좌심실근벽의 방향으로 지나가면서 화소들의 강도들을 조사하는 방사조사법을 0° 에서 359° 까지 1° 의 간격으로 반복하였다.

좌심실내벽 경계선 검출을 위한 문턱치의 설정은 방

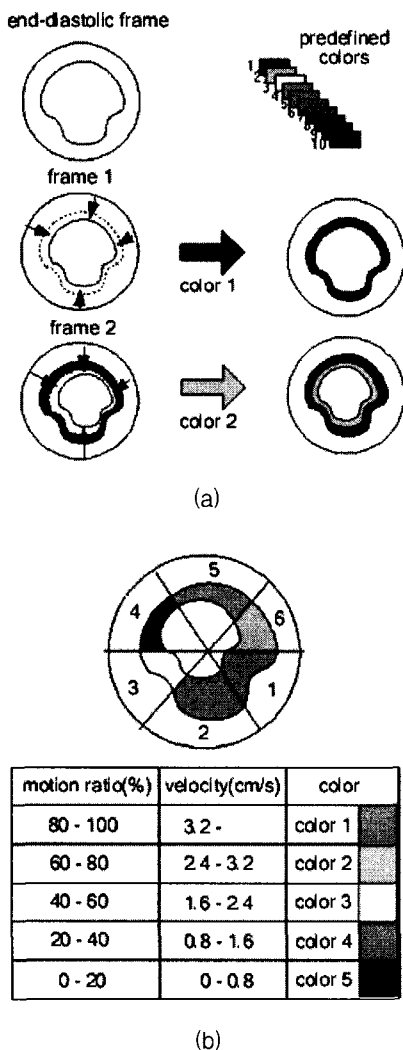


Fig.7 Colorizing (a)on frame-by-frame and (b)by segmental analysis

사선이 지나는 화소들의 기울기와 크기로부터 구하는 방법을 사용하였다.

Fig. 9(a)는 문턱치 강도를 초과하여 선택된 좌심실벽 경계선후보점들의 분포와 극좌표계로 변환한 모양을 보여준다. Fig. 9(b)는 좌심실벽 경계선후보점들을 특정거리 윈도우를 갖는 최단거리 연결을 사용한 결과를 보여준다.

연결된 선들의 모양을 분석한 결과 크게 세 가지로 분류할 수 있었다. 각 경우에 대하여 선형보간을 이용하여 Fig. 8과 같이 연결하는 알고리즘을 구현하였고, 이를 적용하여 좌심실내벽 경계선을 연결한 결과가 Fig. 9(c)에 보여진다. 이와 같은 방법을 수축기 동안의 모든 프레임들에 반복하여 좌심실내벽 경계를 자동으로 검출하였다.

3. 영역분할 분석 및 칼라화

칼라화는 프레임별 칼라화와 영역별 칼라화의 두 가지 방법을 사용하였으며, 프레임별 칼라화로는 각 프레임에서 검출된 좌심실내벽 윤곽선의 내부 영역과 다음 프레임 영역과의 차이영역을 미리 정의된 특정 칼라로 칼라화하였다. 정상인 피검자에 대한 프레임별 칼라화 영상의 결과가 Fig. 10에 보여진다.

영역별 칼라화로는 좌심실내벽의 영역별 운동면적 변화량비 및 평균운동속도에 따라서 미리 정의된 5단계의 운동면적 변화량비 및 평균운동속도별 특정 칼라로 각 영역들을 칼라화하였다. Fig. 11(a)는 정상인, Fig. 11(b)는 국소 좌심실벽 운동이상 환자의 프레임별 칼라화와 운동면적 변화량비의 변화를 보여준다. Fig. 12는 평균운동속도에 따른 분석 결과를 영역별로 칼라화한 그림이다. Fig. 12(b)는 국소 좌심실벽의 혈액순환 장애가 있는 환자의 국소 운동장애를 보여주는 것으로서 3-4 영역보다 5-6영역의 운동속도가 더욱 떨어지는 것을 알 수 있다.

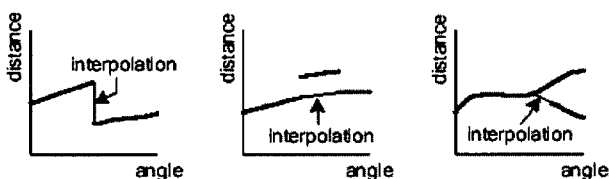


Fig. 8 The three cases of linear interpolation

결론

본 논문에서는 연속된 심초음파의 좌심실내벽 검출을 통해 좌심실내벽 운동을 추적하고 그 운동량을 운동면적 변화량비와 평균운동속도로 정량화하여 프레임 및 영역별 칼라로 표시하는 알고리즘을 제안하여 좌심실내벽의 운동 추적을 자동화하고 정량적으로 분석하였다.

제안된 알고리즘을 심초음파에 적용한 결과 용이하게 좌심실내벽 운동을 추적할 수 있었고 그 움직임이 시각적으로 바로 정량적으로 분석할 수 있었다. 또한 정상인과 좌심실벽 운동이상 환자의 경우에 특정 영역에서 좌심실내벽의 운동량과 평균운동속도의 차이를 확인할 수 있었다.

자동화된 경계선 검출 알고리즘 부분의 문턱치 설정은 스펙클 잡음에 다소 민감하게 반응하므로 이의 개선이 요구되며, 실시간으로 좌심실벽의 운동을 추적하여 정량적으로 분석하기 위해서는 속도를 고려한 알고리즘의 개선 및 하드웨어의 도움이 필요할 것이다.

심초음파에서 컴퓨터를 이용한 좌심실내벽 운동 추적 및 정량적 분석이 임상적으로 적용되기 위해서는 좌심실내벽 경계 검출의 정확도가 임상 의들에 의해 평가되어야 하며, 좌심실벽 운동의 정상 및 비정상에 대한 정량적인 기준도 마련되어야 할 것이다.

본 논문에서 사용한 심초음파는 흉골연단축단면에 국한되었는데 심첨4방도(Apical four-chamber view) 영상에도 적용하면 단축단면에서 발견할 수 없는 국소 좌심실벽 운동장애를 진단하는데 도움을 줄 것이라 생각한다.

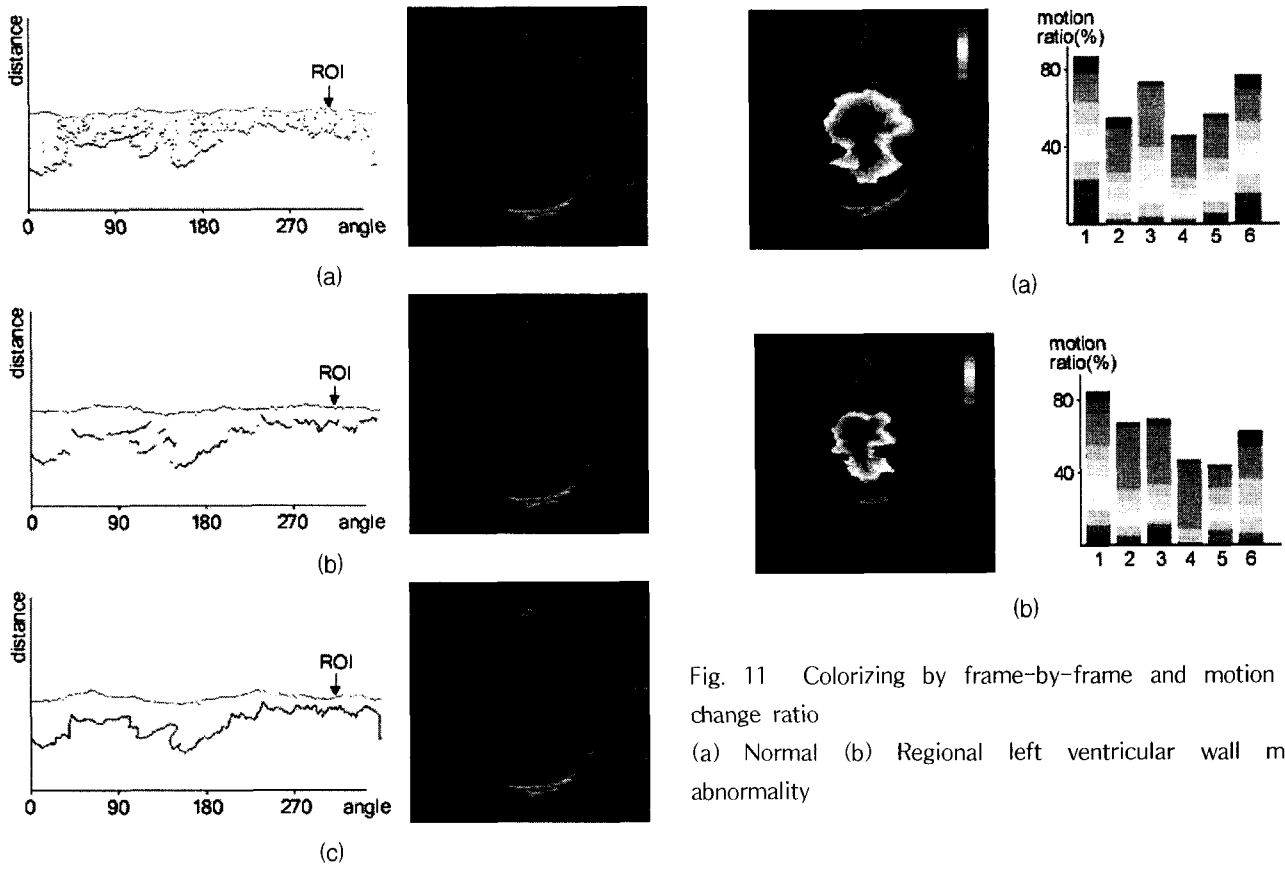


Fig. 11 Colorizing by frame-by-frame and motion area change ratio
 (a) Normal (b) Regional left ventricular wall motion abnormality

Fig. 9 Automatic detection of left ventricular endocardium
 (a) Detection of endocardium candidate points by radial line search (b) Nearest neighbor connections of endocardium candidate points (c) Completion of endocardium detection through linear interpolations on polar coordinate system

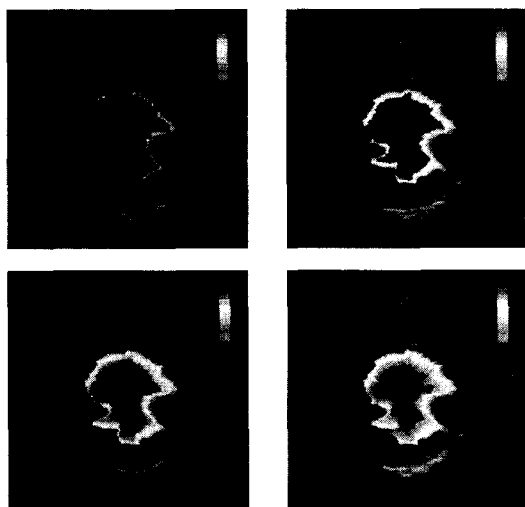


Fig. 10 Examples of frames with the color overlays during systole

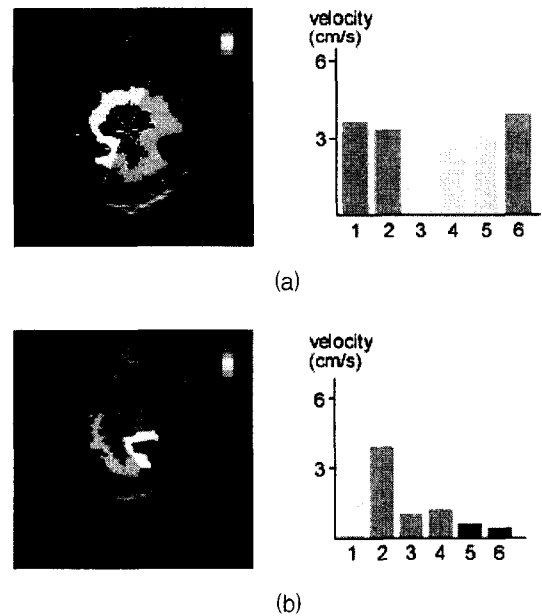


Fig. 12 Colorizing by segmental analysis and average motion velocity
 (a) Normal (b) Regional wall motion abnormality in patient with anterior wall ischemia

참 고 문 헌

1. A.J. Buda, E.J. Delp, C.R. Meyer, J.M. Jenkins, F.L. Bookstein, B.Pitt: Automatic Computer processing of digital 2-dimensional echocardiograms, *Am. J. Cardiol.* 52:384-389 (1983)
2. R.V. Haendchen, H.L. Wyatt, G.Maurer, W.Zwehl, S.Meerbaum, E.Corday: Quantitation of regional cardiac function by two-dimensional echocardiography I. Patterns of contraction in the normal left ventricle, *Circulation* 67:1234-1245 (1983)
3. C.H. Chu, E.J. Delp, A.J. Buda: Detecting left ventricular endocardial and epicardial boundaries by digital two-dimensional echocardiography, *IEEE trans. med. imag.* 7:91-90 (1988)
4. C.Y. Han, K.N. Lin, W.G. Wee, R.M. Mintz, D.T. Porembka: Knowledge-based image analysis for automated boundary extraction of transeophageal echocardiographic left-ventricular images, *IEEE trans. med. imag.* 10:602-610 (1991)
5. Garcia E, Gueret P, Bennett M, Corday E, Zwehl W, Meerbaum S, Corday S, Swan HJC, Berman D: Real time computerization of two-dimensional echocardiography, *Am Heart J.* 101:783-792 (1992)
6. Perez JE, Waggoner AD, Barzilai B, Melton HE, Miller JG, Sobel BE: On-line assessment of ventricular function by automatic boundary detection and ultrasonic backscatter imaging, *J. Am Coll Cardiol.* 19:313-320 (1992)
7. R.M. Lang, P.Vignon, V.Mor-Avi: Echocardiographic quantification of regional left ventricular wall motion with color kinesis, *Circulation* 93:1877-1885 (1996)
8. S.L. Schwartz, Q.Cao, N.G. Pandian: Automatic backscatter analysis of regional left ventricular systolic function using color kinesis, *Am. J. Cardiol.* 77:1345-1350 (1996)
9. D.J. Storton, S.M. Collins, E. Gracia, W. Hillard, W. Koppes, D. Linker, and G. Schwartz: Digital Signal and Image Processing in Echocardiography, *Amer. Heart J.* 1:1126-1283 (1985)
10. Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gutgessel H, Reichek N, Sahn D, Schnittger I, Silverman NH, Tajik AJ: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography, *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2:358-367 (1989)
11. J.C. Russ: *The image processing handbook*, 2nd ed., IEEE press, (1995)

A Study on Tracking and Quantitative Analysis of Regional Left Ventricular Wall Motion in Echocardiography

D.K. Shin*, D.Y. Kim*, K.H. Choi[†], K.H. Park[‡]

**Dept. of Biomedical Eng. College of Health Science Yonsei Univ.*

†Dept. of Cardiology Wonju College of Medicine Yonsei Univ.

‡Dept. of Computer Science College of Liberal Arts and Science Yonsei Univ.

The two dimensional echocardiography is widely used to evaluate regional wall motion abnormality, because of its abilities to depict left ventricular wall motion. A number of researches have been processed for evaluation and quantitative analysis of left ventricular wall motion functions. In this paper, we proposed an algorithm which detects automatically and analyze quantitatively endocardial wall motion during systole. The echocardiograms were obtained in the short-axis views in normal subjects. Automated edge detection and endocardial contour tracking algorithm was applied to each frames, quantitative analysis based on segmentation was performed, pre-defined color overlays superimposed on the gray scale images, and the images was animated. The proposed algorithm provided automated, quantitative diagnosis of regional wall motion abnormality.

Key words : echocardiography, Left Ventricular wall motion tracking, endocardium detection, quantitative analysis, color kinesis