
심잡음 정량화에 관한 연구

엄상희

동주대학교

A Study of Heart Murmur Quantification

Sang-hee Eum

Dongju College, Dept. of Shipbuilding & Marine.

E-mail : nyx2k@naver.com

요 약

심음은 가장 쉽게 추출, 보관이 가능하고 가장 빨리 심장 질환을 진단하는데 도움을 줄 수 있기에 많이 사용되고 있다. 심음은 청진, 전자 청진을 통하여 얻어지는데 질환의 판정을 위해서는 전문의 많은 경험에 의존하고 있고, 자동 진단을 위한 장비는 매우 고가이며, 이를 위하여 심음의 정량화 과정이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 심음의 한 종류인 심잡음을 심장 질환 별로 추출하여 정량화하여 자동 진단에 도움을 주고자 하였다. 심잡음은 심잡음 에너지를 계산하여 정량화에 이용하였다. 추출된 심잡음 에너지의 파워 스펙트럼은 심장 질환별로 분류 가능한 형태학적 특징을 나타내었다.

ABSTRACT

The objective of this paper is to find an easier and non-invasive a way of diagnosing heart diseases based on the heart sound, rigidly heart murmurs, recordings from subjects. Although most of the heart sounds can be easily heard, analysis of the findings by auscultation strongly depends on skills and experience of the physician. Therefore, the heart murmur is require quantitative analysis for automatic diagnosis equipment.

For a good sound analysis, the noisy component ware filtered. This can be done using Wiener filter. Once the signal is filtered, it can be segmented into its basic components by signal energy using FFT. After segment the heart sound signal, the relative positions of the different heart sound components will be identified and will be used for quantification purposes. We are using murmur energy ratio. The experimental results are fairly good in relation to automatic diagnosis.

키워드

heart sounds, heart disease, heart murmur energy

I. 서 론

심장질환 등과 같은 생활습관 질병은 질병의 변화가 서서히 진행되므로 장기간 동안의 지속적인 경과 관찰을 하지 않으면 적절한 진단을 할 수가 없고, 쉽게 발견되지 않는 경우가 빈번하다. 일반인이 심장질환 이상 유무를 판별하기 위해서는 병원에 내원하여 심전도(electrocardiogram: ECG) 검사, 흉부(the thorax) X선 검사, 심초음파 검사(echocardiography) 등을 주기적으로 시행하여야 하지만 많은 시간과 비용이 발생하게 된다.

심음을 이용한 진단을 위하여 웨이브렛 변환, 신경회로망, 심음 분리 알고리즘 등의 다양한 알고리즘의 접목이 시도되었으며, 이들 연구의 대부분은 주파수 해석을 이용한 심음의 특징 검출에 관한 발표와 심박을 측정하는 방법과 적응필터링을 통하여 심음신호에 포함된 노이즈를 제거하는 연구들이다[1~2]. 최근에는 디지털 신호처리 기술이 발달함에 따라 전자청진기 및 전자 청진 시스템이 개발되었고 이를 이용하여 심장 질환을 자동 진단하고자 하는 노력을 하고 있다. 그러나 이들 시스템은 측정자의 상태, 주변 환경, 측정

위치에 따라 다른 결과를 나타내며, 기계적인 잡음(mechanical noise)과 폐음(lung sounds)과의 구별이 용이하지 않은 등의 문제로 인하여 정확한 심음의 분리 추출이 용이하지 않다. 따라서 심잡음의 정확한 추출과 분석을 위한 연구가 진행되어야 하며, 이를 정량화하고 자동 분류 알고리즘 등을 적용하여 자동진단에 응용할 수 있는 여러 가지 연구가 필요하다[3-6].

본 연구에서는 심음(heart sound)에서 심잡음의 추출 및 정량화를 수행하고자 한다. 실험에 사용된 심음 및 심잡음은 UCLA[7]에서 제공된 것을 사용하였으며, 심음 신호는 전처리과정에서 필터링을 통하여 여러 가지 잡음(noise)을 제거하였고, 푸우리에 변환(fast fourier transform:FFT)과 신호 에너지(signal energy)를 사용하여 주기별 심음으로 분리하였다. 마지막으로 심잡음 에너지율(heart murmur energy ratio:HMER)를 계산하여 질환별 심잡음 별로 신호의 정량화하였다. 생성된 심잡음들은 6종류이며 정량화된 이들 신호는 심장질환 진단, 자동질환판별 시스템 등에 활용될 수 있을 것이다.

II. 심잡음 신호처리

2.1 심음의 특징

심음은 심장이 몸이나 폐로 혈액을 짜내는 펌프로서의 역할을 하거나 혈액이 심장에 채워질 때에 나는 소리를 말하며 이 혈류가 심장판막이나 혈관을 지나갈 때에 간혹 유난히 소란스러운 소리가 나서 청진기로 들리게 될 때에 이를 심잡음(heart murmurs)이라고 한다. 그러므로 심잡음 자체를 병이라고 할 수는 없지만, 주로 혈액이 역류(regurgitation), 심장판막협착(heart valve stenosis)으로 인해 난류(turbulence)를 이룰 때 발생되는 음이다.

정상인에게서 들리는 심잡음을 기능성 심잡음(functional murmur) 또는 무해성 심잡음(innocent murmur)이라 한다. 이 소리는 심장을 통과하는 정상적인 혈액의 흐름에 의해서 들리는 소리로 주로 어린이에게서 특히 잘 들리는 이유는 성인에 비해 상대적으로 많은 혈류가 비교적 빠른 속도로 심장과 혈관을 통과하기 때문이다. 심장병 환자의 경우에 심장병의 종류 및 발생 부위(ex. 심장 판막)에 따라서 다양한 형태의 심잡음이 나타나므로, 여러 가지 심장 질환을 판별하기 위해서는 심잡음은 매우 중요한 신호이다.

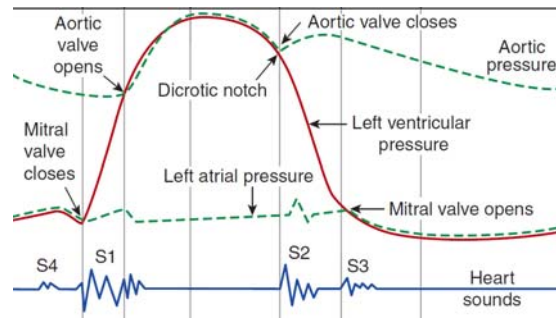


그림 1. ECG와 심음

Fig. 1. The ECG and heart sound

2.2 심잡음 신호 처리

심장에 관한 지식이 없는 일반인이 심음의 청진을 통하여 정상과 이상, 질병 유무를 판단하는 것은 현실적으로 불가능하다. 많은 훈련을 거친 임상이나 심장 전문가들도 정확한 심장 질환을 판별하기 위해서는 여러 가지 검사를 통하여 진단을 내린다. 심음은 임상에서 일차적인 진단에 활용될 수 있으며 정확한 판정을 위한 시스템에 활용될 수 있다. 본 연구에서 사용된 심음 신호처리 과정은 그림 2에 나타내었다.

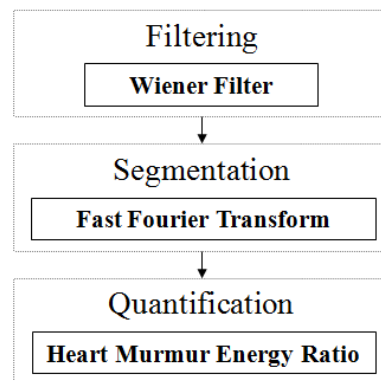


그림 2. 심음 신호 처리 과정

Fig. 2. Heart Sound Signal Processing Process.

검사를 위하여 얻어진 여러 가지 생리학적 신호들은 주위 환경의 배경 잡음(background Noise), 청음기의 기계적인 잡음, 심장 활동 잡음, 근육의 움직임에 의한 잡음, 호흡에 의한 잡음들을 포함하게 된다. 이들 신호들은 임상의 및 일반인들에게 정확한 해석을 제공하고 자동진단시스템 등에 응용하기 위해서는 필터링(filtering) 과정을 거쳐 제거 또는 감소시켜야 한다. UCLA에서 제공된 심음 및 심잡음 파일은 주파 제거 필터(low

pass filter)와 고주파 제거 필터(high pass filter)의 과정을 거쳐 기저선 처리(baseline processing)가 된 신호들이다. 본 연구에서는 이 신호들에 대하여 심장 질환별 심잡음 신호의 분리를 용이하게 하고, 정량화 과정에 활용이 용이 하도록 위너 필터(Wiener filter)를 적용하였다. 이 필터는 실시간 추적이 가능한 적응형 필터로서, 최적 신호와 잡음이 섞여 있는 정상 입력에 대한 필터 출력과 평활 또는 예측된 희망 출력과의 평균 제곱 오차를 최소로 하는 기준으로 설계된 최적 필터이다.

심음 신호는 제 1심음에서 제 4심음까지로 나눌 수 있고, 또한 심잡음에 따라서 다양한 심질환의 의심 및 분류가 가능하므로 신호의 분리는 반드시 필요한 과정이다. 신호 분리(signal segmentation)에 사용되는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 빠른 퓨우리에 변환을 사용하였다. 심장질환에 따른 심음의 해석을 위해서는 신호의 정량화(quantification)가 요구되며, 이 정량화된 데이터에 의하여 여러 가지 심장 질환의 유형과 정도를 정의할 수 있다. 본 연구에서는 심잡음 에너지율을 이용하여 정량화된 데이터를 추출하였다.

2.3 심잡음 에너지율

심음에 대한 스펙트럼 해석을 통한 분리 및 분석으로도 많은 정보를 얻을 수 있으며, 이를 통한 심장질환에 대한 연구 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 수축기(systolic) 심잡음의 고주파수 에너지와 관련이 있는 심잡음 에너지를 사용하여 수축기의 심잡음들의 특성을 정의하였다. 심잡음 에너지율(HMER)은 고주파수 대역의 에너지 스펙트럼 밀도를 심잡음의 총 주파수 에너지로 나눈 것으로 식 (1)과 같다.

$$MER = \frac{E_2}{E_1 + E_2} = \frac{\int_{100}^{600} G(f)df}{\int_0^{600} G(f)df} \quad (1)$$

여기서, (E1+E2)는 0에서 600 Hz까지의 총 심잡음 에너지(total murmur energy)이고, E2는 f=100Hz에서 600Hz까지의 심잡음 에너지이다. G(f)는 평균 에너지 밀도 스펙트럼(mean energy density spectrum)을 나타낸다.

III. 실험 결과 및 고찰

3.1 실험 대상

심장질환별 심잡음의 특성을 분석하기 위하여 UCLA에서 제시한 표준 심잡음 데이터를 사용하여 고주파수와 저주파수 필터링을 거쳐 기계적인 잡음과 평균전력 잡음을 제거하였다.

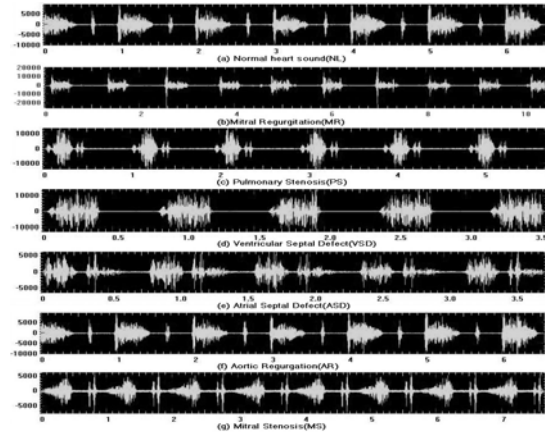


그림 3. 심음과 심잡음

Fig. 3. Heart Sound and Hear Murmur (x axis:sec, y axis:amplitude).

그림 3은 정상 심음 데이터와 심잡음을 나타내었다. 정상 심음과는 달리 심잡음인 경우는 모양이 부정확하며, 주기성의 확인도 어렵고, 심장질환을 구별할 수 있는 제 1심음과 제2 심음의 특성이 다르게 나타남을 알 수 있다.

3.2 실험 내용 및 고찰

본 연구에서는 UCLA에서 제공된 심잡음 신호에 적응형 최적 필터인 위너 필터를 사용하여 잡음제거에 적용하였으며, FFT를 사용하여 개별 신호를 분리 하였다.

분리된 심잡음 신호들의 특성 분석을 위하여 1 주기당 심잡음 신호들의 주파수별 심잡음 에너지율(HMER)을 계산하여 정량화한 파워 스펙트럼을 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a) 정상심음(NL), 그림 4(c) 폐동맥협착증(PS), 그림 4(e) 심방중격결손증(ASD), 그림 4(f) 대동맥 폐쇄부전증(AR)과 그림 4(g) 승모판협착증(MS)들은 제 1심음과 제 2심음의 구별이 나타나고 있으며, 최대치와 최소치의 발생 시간 및 형태가 다르게 나타남을 알 수 있다. 그림 4(b) 승모판폐쇄부전증(MR)과 그림 4(d) 심실중격결손증(VSD)은 다른 심잡음들과도 형태

학적으로 분류가 되며, 최대 적분량에 있어서 차이가 나타나며, 이들 두 심잡음 사이의 구별도 가능할 것으로 생각된다.

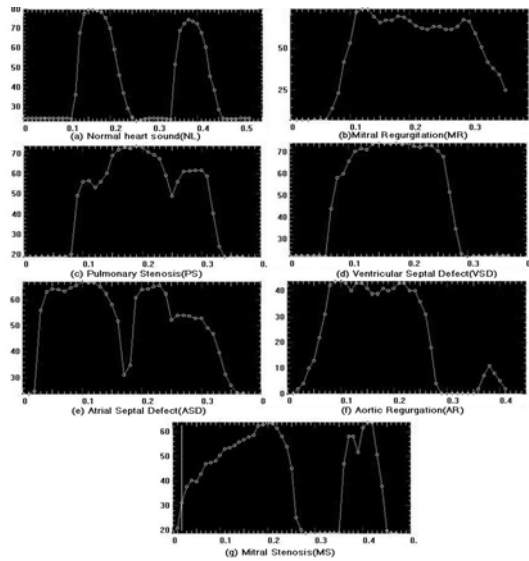


그림 4. 심잡음 신호의 밀도 스펙트럼.
Fig. 4. A Power Spectrum of Hear Murmur Signal
(X axis:sec, Y axis:Coefficient index).

IV. 결 론

본 논문에서는 심장 질환별 심잡음의 정확한 추출과 분석을 위하여 심잡음의 분리를 수행하였고, 질환 진단에 응용이 가능하도록 심잡음 에너지율(HMER)을 이용한 정량화를 수행하였다. 심음 신호는 전처리과정에서 실시간 추적이 가능하고, 최적 적응필터의 설계가 되는 위너 필터(Wiener filter)를 사용하여 기계적인 잡음과 폐음 등의 잡음을 제거하였다. 푸우리에 변환(fast fourier transform)을 이용하여 주기별 심음으로 분리하였으며, 심잡음 에너지(murmur energy)를 계산하여 심장 질환별 심잡음으로 정량화하였다. 실험 결과로 심잡음 에너지율을 사용하여 심장 질환별 심잡음들이 분류될 수 있음을 알 수 있고, 보다 많은 심잡음 신호들을 사용하여 정량화된 신호를 추출하면 심장질환 진단, 자동질환판별 시스템 등에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] L. G. Durand, and P. Pibarot, "Digital Signal Processing of the Phonocardiogram: Review of the Most Recent Advancements", *Critical Review of Biomedical Engineering*, 23(3/4), pp.163-219, 1995.
- [2] D. Barschdorff, "Phonocardiogram Signal Analysis in Infants based on Wavelet Transforms and Artificial Neural Networks", *Processing Annual Science Meeting Computer Cardiology*, pp.753-756, 1995.
- [3] Samit Ari and Goutam Saha, "On a Robust Algorithm for Heart Sound Segmentation", *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, Vol. 7, No. 2, pp.129-150, 2007.
- [4] L. Hamza Cherif, S. M. Debbal, and F. Bereksi-reguig, "Segmentation of Heart sounds and Heart Murmurs", *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, Vol. 8, No. 4, pp.549-559, 2008.
- [5] D. Kumar, P. Carvalho, M. Antunes, J. Henriques, A. Sae Melo, and J. Habetha, "Heart Murmur Recognition and Segmentation by Complexity Signatures", *30th Annual International IEEE Conference*, pp.2128-2132, 2008
- [6] 전성일, 배건성, "심음 포락선의 3차 모멘트를 이용한 심음의 주성분 검출" *한국정보통신학회*, 17권 12호, pp.3001-3008, 2013.
- [7] www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html
- [8] <http://i.imgur.com/HqvBUV0.png>