

휴대용 심박출량 모니터링 시스템의 설계와 알고리즘 연구

송철규¹, 변용훈², 김경섭³, 김남균⁴, 이명호⁵

¹전북대학교 전자정보공학부, ²전북대학교 대학원 의용생체공학과, ³건국대학교 의과대학 의공학부,

⁴전북대학교 생체정보공학부, ⁵연세대학교 전기·컴퓨터 공학부

A Study on the Algorithm and Design of Ambulatory Cardiac Output Monitoring System

C.G. Song¹, Y.H. Byun², K.S. Kim³, N.G. Kim⁴, and M.H. Lee⁵

¹Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University

²Dept. of Biomedical Eng., Graduate School, Chonbuk National University

³School of Biomedical Engineering, College of Medicine, Konkuk University

⁴Div. of Bioinformation Engineering, Chonbuk National University

⁵Dept. of Electrical & Computer Engineering, Yonsei University, Seoul, Korea

Abstract -본 연구에서는 종래의 심박출량 및 일회 심박동량 측정장치를 휴대용 시스템으로 구현하기 위한 회로 설계방법을 연구하였다. 휴대용 시스템의 설계를 위한 아날로그 부분은 인체 안전을 위한 아이솔레이션 증폭기, 변복조기, 0.1Hz 고역통과 필터 및 잡음제거 회로로 구성되며, 연속 심박출량 모니터링 및 연산을 위한 디지털 부분은 TMS32030C를 이용한 회로로 구성이 된다. 또한 기존의 방법에서의 문제점을 개선하기 위해 연속 심박출량 연산을 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 앙상블 평균수에 기존의 심전도 R피크 점을 기준으로 하지 않고, 임피던스 신호의 dZ/dt 최대점을 이용하는 방법을 적용하였다. 제안한 심박출량 신호처리 알고리즘을 이용하여 측정된 임피던스 신호를 분석한 결과 최대 25.5%까지 개선됨을 확인하였다.

1. 서 론

비관혈적인 방법의 임피던스 방식의 연속 심박출량, 심근 수축력, 일회 심박동량의 측정은 순환기계통의 진단과 운동부하에 따른 심장기능의 분석은 관상질환이나 심근장애, 대동맥 협착 및 다른 혈관계 질환 환자의 심장기능 모니터링에 매우 유용하며, 스포츠 의학 및 운동생리 분야에서 널리 활용되고 있다[1-3].

그러나 휴대용 시스템의 경우, 호흡에 의한 잡음, 몸의 움직임에 의한 잡음, 그리고 스텝에 의한 잡음을 정확히 연속 심박출량의 분석이 어렵게 된다. 본 연구에서는 휴대용 심박출량 모니터링 시스템의 설계를 위해 필요한 새로운 앙상블 평균법을 제안하였다. 그리고 제안한 방법의 타당성 검토를 위해 트레드밀 운동 중의 피검자를 대상으로 하여 종래의 방법과 비교를 통해 제안한 방법의 우수성을 평가하였다.

2. 시스템 설계

그림 1은 휴대용으로 적용된 4전극 임피던스 심장기록법 및 심전도 신호 검출을 위한 구성도이다. 그림1에서와 같이 고주파 정전류원(70KHz, 5mA)을 전극(1,5)를 통해서 흘려주고 혈류량 변화 감지전극(2,3)을 통해서 심박출량에 따른 혈류 임피던스 정보를 측정할 수 있다. 이 임피던스 변화를 1차 미분한 dZ/dt 파형으로 부터 좌심실에서 대동맥으로 박출시키는 1회 심박출량

(stroke

volume)이 계산된다. 이와 함께 좌심실 수축기 시간간격, 심근수축력, Cardiac Index(단위 신체표면적 당 심박출량) 및 Heather Index(dZ/dt 최대치 /심근수축력)에 대한 정보들을 얻을 수 있다.

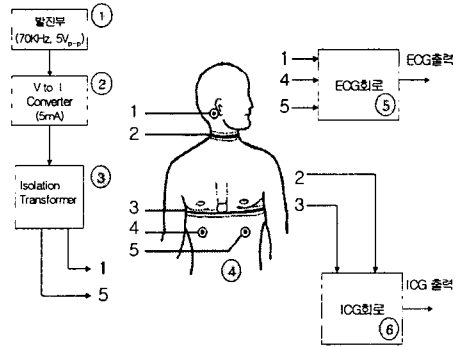


그림 1. 연속 심박출량 측정을 위한 4-전극 임피던스 심장기록법과 전극 배치

3. 제안한 앙상블 평균 알고리즘

기존의 심전도 R점 기준 앙상블 평균법의 구성은 심전도 신호에서 R점을 찾아내어 그 시점에 해당하는 dZ/dt 파형을 출발점으로 하여 매 주기를 평균하였으나 R점과 dZ/dt 의 최고점간의 시간간격이 그림3(b)와 같이 매 주기에 따라 변화하는 경우 dZ/dt 최고점의 스무딩(smoothing)이 생기므로 이러한 현상을 없애기 위해 본 연구에서는 R점을 찾은 후에 피검자의 운동 부하에 따라 적응적인 윈도우(adaptive window)를 형성하여 그 윈도우 내에서 dZ/dt_{max} 의 최고점을 찾아 그 점을 출발점으로 하여 평균 시키기 때문에 스무딩 현상이 제

거가 된다. 운동 중 데이터의 평균을 취하는 프레임의 크기는 심전도의 최소 R-R 간격으로 하고, 평균을 시키는 개수 K는 20프레임이다. 또한 비정상적인 심전도를 갖는 경우에는 9-point derivative 방법으로 최소 R-R 간격을 찾았다. dZ/dt_{max} 피크를 찾아 앙상블 평균을 하는 흐름도는 그림 2와 같다.

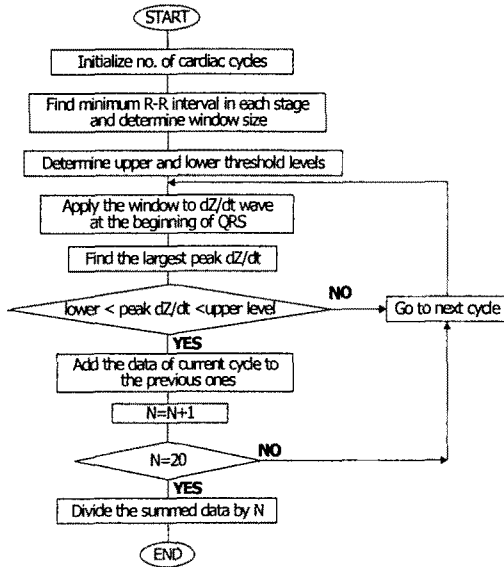


그림 2 제안한 앙상블 평균방법의 흐름도

그림3은 본 연구에서 제안한 앙상블 평균법과 기존의 방법과 비교한 예이다. 데이터는 트래드밀 운동 중의 피검자로부터 얻은 심전도와 임피던스 신호를 나타내고 있다. 그림3의 (c)와 (d)의 첫째 사이클은 그림3 (b)의 제1, 2주기동안을 평균시킨 파형이고, 그림3의 (c)와 (d)의 둘째 사이클은 그림3 (b)의 제1, 2, 3 주기동안을 평균시킨 파형이다. 그림 3(b)를 앙상블 평균한 그림 3(c), 3(d)가 약 10개의 주기를 평균한 이후부터는 안정되어짐을 알 수 있다. 제안한 알고리즘에 의한 앙상블 평균 결과(d)가 기존의 방법인(c)에서 보다 dZ/dt 피크가 스무딩되지 않고 약 8%정도 크게 나타남을 확인하였다. 심박출량의 계산시에 dZ/dt 피크 값은 중요한 변수이기 때문에 평균에 따른 스무딩 현상을 억제하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다.

결 론

본 연구에서는 일상생활 중의 심장기능변수를 측정하는 휴대용 임피던스 심장기록법의 설계를 위한 다양한 잡음 제거를 위한 앙상블 평균법을 제안하고, 기존의 평균법과의 비교 평가를 수행하였다. 제안된 평균법은 심전도와 임피던스 심장기록기로부터 얻어진 basal impedance, dZ/dt 신호에 대해 전원잡음, 고조파 잡음을 제거한 후, 새로운 앙상블 평균법을 적용하여 호흡, 모션 아티팩트, 트래드밀 운동 중의 스텝에 의한 잡음을 제거함은 물론, 기존 방법의 문제점인 dZ/dt 피크 신호의 스무딩 현상을 효과적으로 줄일 수 있는 있음

확인하였다. 본 연구 결과를 활용하여 SV, CO 이외에 심근수축력과 Cardiac Index 나 Heather Index 등의 심장기능 변수에 대한 정보를 연속적으로 모니터링하기 위한 시스템의 재현성과 정확도 평가를 위한 다양한 실험이 필요하다.

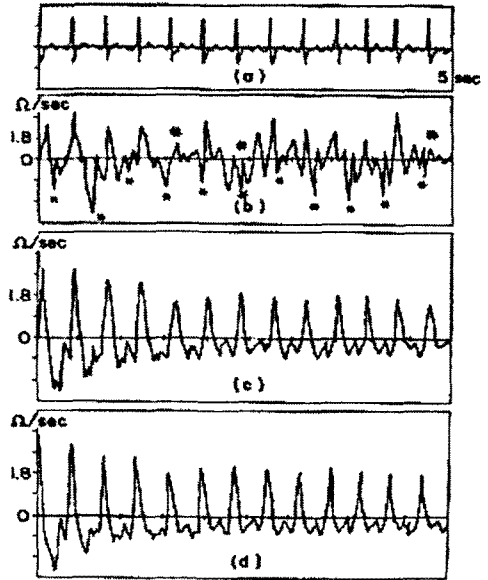


그림 3 트래드밀 운동 12분 중의 심전도, raw dZ/dt , 평균된 dZ/dt 파형. (a)심전도, (b)raw dZ/dt , (c) 기존의 심전도 R점을 기준으로 평균된 dZ/dt , (d) 제안된 dZ/dt 피크를 기준으로 평균된 파형

[참 고 문 헌]

- [1] D.W.Kim,S.K. Hwang, C.G.Song, M.H. Lee,"Measurement of cardiac output during exercise by impedance cardiography,"Proc. Korea-Japan joint Conf. on Biomedical Engineering, pp.100-104, 1989
- [2] G. Mancina, P.L.Gamba, S. Omboni, F. Paleari,"Ambulatory blood pressure monitoring," J. Hypertens. Suppl.14:S61-68, 1996
- [3] A. Sherwood, J.R. Turner," Hemodynamic responses during psychological stress: implications for disease process," Int. J. Behav. Med. 2, pp.193-212, 1995