

마이크로 컴퓨터를 이용한 다중 채널 심장 전기도 시스템 개발

장병철 김원기 김남현 정성현^o

*연세대학교 의과대학 흉부외과학교실
연세대학교 의과대학 의용공학과

Development of Multi-Channel Cardiac Mapping System Using Microcomputer

*Byung-Chul Chang, Won-Ky Kim, Nam-Hyun Kim, Sung-Hun Jung^o

*Yonsei Univ. College of Medicine
Yonsei Univ. Dept. of Medical Eng.

-abstract-

It is well known that multipoint and computerized intraoperative mapping systems improve the results of surgery for Wolff-Parkinson-White syndrome and show tremendous potential for opening an entirely new era of surgical intervention for the more common and lethal types of supraventricular tachyarrhythmias such as atrial flutter and atrial fibrillation. In addition, the ability to map and ablate the sometimes fleeting automatic atrial tachycardia is greatly enhanced by computerized mapping systems.

In this study, we have developed 16 channel computerized data analysis system using micro computer for basic research of electrophysiology and electrical propagation. This system is expected to enable us to study pathophysiology of cardiac arrhythmia and to improve the results of diagnosis and surgical treatment for cardiac arrhythmia.

거나, 한개의 전극을 이곳 저곳으로 옮겨가면서 전기신호를 각각 받아 분석하여 각 조직으로 전기가 전파되는 데 소요되는 시간을 측정하는 정도였기 때문에 불안정한 일과성의 심장부정맥의 기전을 연구하는데는 충분치 못하였다.

심장 기전의 자세한 연구를 위해서는 다중 채널에 의한 종합적인 분석이 요구되며, 특히 Wolff-Parkinson-White 증후군의 환자에서 나타나는 방실 회귀성 빈맥을 수술할 경우에는 방실 우회로의 위치를 정확히 찾아야 하는데 여러 채널에서 들어오는 신호를 분석, 처리하여 심장 전기도를 구성하면 시각적으로 쉽게 이상 부위를 알아낼 수 있다.

본 연구에서는 마이크로 컴퓨터를 이용한 16채널의 심장 전기도 시스템을 개발하고, 이를 실제로 심장 수술시에 적용함으로써, 심장의 전기전파경로 및 심장 부정맥의 원인이 되는 우회로(bypass tract)나 이소성 병소(ectopic focus)의 정확한 위치에 대한 정보를 제공하며 심장의 전기 생리의 연구에 도움이 되도록 한다.

1. 서론

심장부정맥의 기전을 밝혀내기 위하여 20세기 초부터 동물심장에서의 전기생리에 대한 연구가 진행 되어왔다. 1913년 Lewis 등은 심방에서의 전기전파를 연구하고자 동물심장을 노출시키고 이 심장의 심외막에 몇개의 전극을 부착하여 전기전파에 소요되는 시간을 측정하였다. 또한 Lewis는 이러한 방법으로 심방조동(atrial flutter) 및 심방세동(atrial fibrillation)의 기전을 구명하고자 많은 노력을 하였다. 그후 여러학자들이 심장에서의 전기전파 실험을 하여 부정맥의 기전을 연구하려 했으나, 1970년대까지는 그 연구방법이 몇개의 전극을 심장에 부착하

2. 심장 전기도(cardiac activation mapping)

심장 전기도는 심장의 전기적 전달 신호를 전극(electrode)을 통해 받아 들이고 이를 처리하여 전위(potential) 및 위상(phase) 또는 지연 시간(delay time)이 같은 위치를 연결하여 나타냄으로써 심장의 전기 생리적 활동을 입체적으로 알기 쉽게 인식하도록 하는 과정을 말한다. 이는 신호를 받는 방법에 따라 몸의 겉표면에 전극을 부착하여 처리하는 body surface potential mapping(BSPM)과 수술시에 심장 표면에서 직접 신호를 받아들여 처리하는 epicardial mapping(EM)으로 나눌 수 있는데 이 때 부착하는 전극의 수가 많을수록 심장의 전기적 활동을 더욱 정확하게 규명할 수 있으나 실제

로 연구 및 임상에 필요한 수준과 시스템 구성의 복잡성을 감안하여 전극의 수를 결정해야 한다.

심장의 전기 전파(electrical propagation)에 대한 심장 전기는 WPW(Wolff-Parkinson-White) 증후군에 따른 방실회귀성(atrio ventricular reentry)에 의한 상심실성 빈맥(supraventricular tachycardia) 환자를 외과적으로 수술할 때 중요한 정보를 준다. 즉, 심장의 일정 부위에 기준이 되는 전기적 자극을 줄 때 이 신호가 심장 각 부위에 전파되는 시간을 계산하여 나타냄으로써 비정상적으로 전파 시간이 빠른 우회로(bypass tract)의 위치를 알게 되는 것이다. 그림 1은 WPW 증후군에 따른 심전도

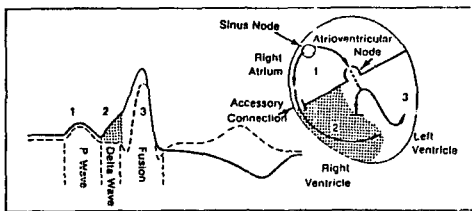


그림 1. WPW 증후군의 sinus rhythm시 심전도 및 심장 전기 전파 경로

및 우회로의 경로를 나타낸 것인데 심장의 전기 신호가 방실 우회로를 통해 전달될 경우 정상적인 경로를 지나서 전파될 때 보다 빨리 도달하게 되므로 심전도의 P-R interval이 줄어들고 상대적으로 길어진 QRS complex가 나타나게 된다. 따라서 방실구(atrioventricular groove)를 따라 심실측에 전극들을 부착하고 신호 도달 시간을 측정하여 심장 전기도를 구성하면 수술시 제거해야 할 우회로의 위치를 입체적으로 쉽고 정확하게 알 수 있다.

3. 다중 심장 전기도 시스템의 구성

본 연구에서 구현하려는 시스템을 신호 입력단과 신호 처리부로 나누면 다음과 같다.

3.1 신호 입력단

전극을 통해 들어오는 신호는 직접 처리하기에는 크기가 작고, 또한 주파수가 낮기 때문에 잡음에 대한 영향을 받기가 쉽다. 따라서 컴퓨터에 신호를 입력하기 전에 증폭을 하고 여파기(filter)를 통해 잡음을 제거하게 된다. 이런 과정을 거친 신호는 멀티플렉싱(multiplexing)을 한후 500Hz로 샘플링(sampling)을 하여 12비트 A/D(analog to digital)변환기를 통해 컴퓨터에 입력된다.

신호 입력단의 블록 다이어그램은 그림 2와 같다.

3.2 신호 처리부

본 시스템의 신호 처리부는 신호 입력의 제어와 이를 통해 입력된 데이터를 화면에 나타내고 이상 부위의 전파

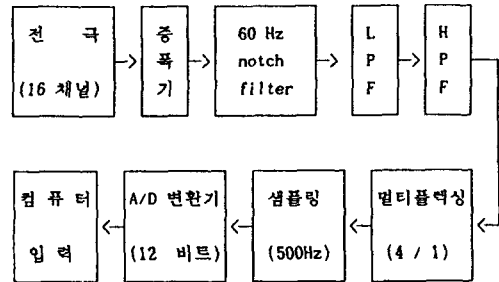


그림 2 신호 입력단의 블록 다이어그램

속도(conduction velocity)를 계산하여 비교함으로써 심장의 전기적 흐름에 대한 정보를 주는 작업을 한다.

프로그램의 진행 절차는 다음과 같다.

- 1) 신호 입력단을 통해 받아 들인 신호 중에서 기준이 되는 신호, 예컨대 ECG신호 및 atrial reference 신호, ventricular reference 신호 등을 화면에 나타낸다.
- 2) 이러한 신호를 보면서 전기 전파 속도를 계산할 구간을 찾는다. (windowing)
- 3) 구간이 정해지면 모든 채널의 신호를 부분별로 보여주고 기준점부터 펄스가 나오는 곳까지의 시간 지연(time delay)을 계산하여 그 위치를 표시한다.
- 4) 이렇게 하여 최종적으로 얻은 시간 지연 값으로 심장 전기도를 구성 함으로써 우회로의 위치를 시각적으로 쉽게 알 수 있도록 한다.

4. 실험 결과 및 검토

신호 입력단과 마이크로 컴퓨터(Macintosh IIx)를 이용해 제작된 16채널 심장 전기도 시스템을 임상에 적용하여 보았다.

먼저 수술시에 심장 외막의 심방과 심실 사이에 16개의 전극이 달린 띠를 부착한다. 이를 통해 들어오는 신호는 신호 입력단에서 증폭 및 잡음 제거 과정을 수행한 후에 컴퓨터에 입력된다. 이 때 임시로 사용되고 있는 신호 입력단은 한번에 8채널만 입력될 수 있으므로 스위칭을 통해서 세번에 나누어 입력된다. 그런 후에, 모니터 상에 나타난 기준 파형을 보고 처리할 구간을 정한다음 시간 지연 계산 및 심장 전기도를 구성한다.

그림 3, 그림 4 및 그림 5는 WPW 환자의 수술시 sinus rhythm일 때에 각 전극에 전달된 파형과 도착시간을 나타낸 것으로서, 정상인의 경우에는 거의 일정한 시간 지연 값을 갖게 된다. 기준이 되는 신호로서 Chr1은 ECG신호이고 Chr2는 atrial reference 또는 ventricle reference 신호를 나타내며 나머지는 전극의 위치여따라

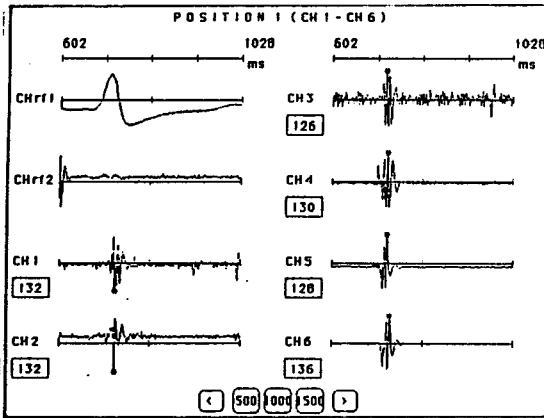


그림 3 Position 1 (채널1 - 채널6)에서의 시간 지연 계산

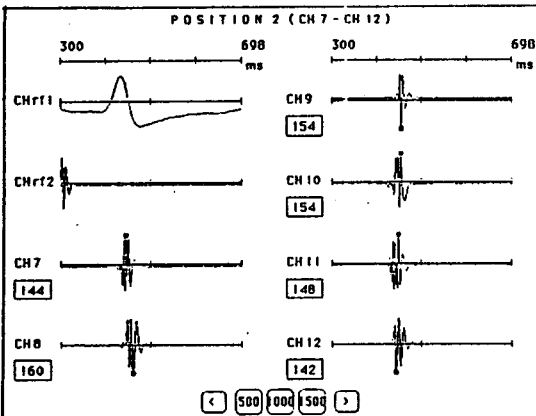


그림 4 Position 2 (채널7 - 채널12)에서의 시간 지연 계산

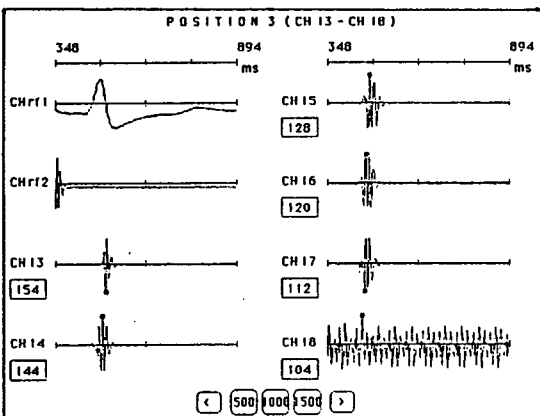


그림 5 Position 3 (채널13 - 채널16)에서의 시간 지연 계산

번호를 붙여 CH1, CH2 등으로 표시했다. 네모안의 값은 기준점으로 부터 각 채널의 최대치 까지의 시간 지연 값이며, 최대치에 '*' 표시를 함으로써 혹시 잘못 계산된 지연 값인지를 알 수 있도록 하였다.

채널에 따라 Position 1, 2, 3로 나누어 처리된 값을 그림 6에 한꺼번에 나타내었다. 그림에서 채널3과 채널16 부근의 시간 지연이 가장 짧으며, 따라서 이 부근에 방실 우회로가 있음을 알 수 있다.

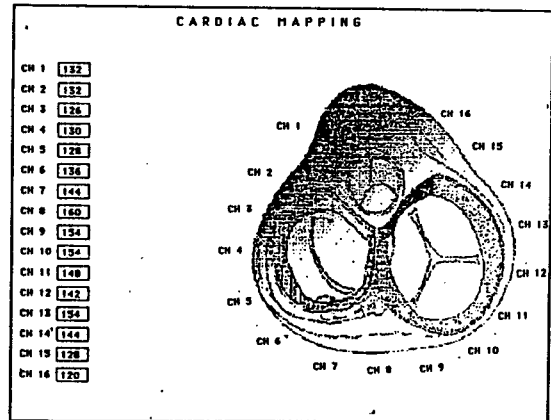


그림 6 모든 채널에서의 시간 지연 계산

5. 결론

본 연구에서는 WPW 증후군에서 나타나는 방실 우회로의 위치를 진단하는데 필요한 16채널 심장 전기도 시스템을 구성해 보았다. 제작된 시스템은 심장의 sinus rhythm 시에 발생하는 전기 신호가 각 부위에 도달하는 시간을 계산하여 이를 시각적으로 나타냄으로써 수술 부위를 정확하고 쉽게 알 수 있도록 하였다.

그러나, 심장 수술시의 적용에는 16채널의 시스템으로도 가능하나 심장의 전기 생리를 자세히 규명하고자 하는 경우에는 좀더 많은 채널의 심장 전기도 시스템이 요구된다.

앞으로의 연구는 64채널 이상으로 시스템을 확장하는 것이며, 채널의 증가에 따른 신호를 효과적으로 처리하여 임체적이고 시각적인 심장 전기도를 구성함으로써 전기 생리 연구 및 실제 수술시에 도움을 주고자 한다. 특히 64 채널 이상의 심장 전기도 시스템은 심장의 전기 생리 연구 이외에도 다중 채널의 신호분석을 요구하는 중추 신경 전달 체계의 연구 및 말초 신경 등의 전기 생리를 연구하는 데에도 적용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. Allesie MA, Lammers WJEP, Bonke IM et al.: Intra-atrial reentry as a mechanism for atrial flutter induced by acetylcholine and rapid pacing in the dog. *Circulation* 70:123-135, 1984
2. Boineau JP, Schuessler RB, Mooney CR et al.: Multicentric Origin of the Atrial Depolarization Wave the Pacemaker Complex:Relation to Dynamics of atrial conduction P-Wave changes and heart rate control. *Circulation* 58:1036-1048, 1978
3. Chang BC, Schuessler RB, Stone CM, et al.: Computerized Activation Sequence Mapping of the Human Atrial Septum. *Ann Thorac Surg* 49:231-41, 1990
4. Cox JL :Intraoperative computerized mapping techniques:do they treat our patients better surgically? in brugada P, Wellens HJJ, eds. *Cardiac arrhythmias: where to go from here: New York: Futura, 1987:613-37*
5. Cox JL: The status of surgery for cardiac arrhythmias. *Circulation* 71:413-417, 1985
6. Goodman D, Van Der Steen ABM, Van Dam RT: Endocardial and epicardial activation pathways of the canine right atrium. *Am J. Physiol.* 220:1-11,1971
7. Janse MJ, Van Capelle FJL, Freud GE, Durrer D: Circus movement within the AV node as a basis for supraventricular tachycardia as shown by multiple microelectrode recording in the isolated rabbit heart. *Circ res* 28:403-414, 1971
8. Kramer JB, Corr PB, Cox JL, et al.: Simultaneous computer mapping to facilitate intraoperative localization of accessory pathways in patients with Wolff-Parkinson-White Syndrome. *Am J Cardiol* 56:571-576, 1985
9. Lewis T, Meakins J, White PD: The Excitatory Process in the dog's Heart. *Philosophical Transactions Royal Society of London* 205:375-420, 1914
10. McInain DH: Drawing contours from arbitrary data points. *Comput J* 17:318-24, 1974
11. Puech P, Esclavissat M, Pallares DS et al.: Normal auricular activation in the dog's heart. *Am Heart J* 4:174-191, 1953