

남녀 및 나이에 따른 심자도 변수 차이 분석

임현균¹, 정남식², 이용호¹, 권혁찬¹, 정보영², 박용기¹

¹한국표준과학연구원, ²연세대학교 세브란스 심장병원 심장내과

(Received March 16, 2007. Accepted April 19, 2007)

Analysis of the Parameters of Magnetocardiography Depending on the Age and Gender

Hyun-Kyoon Lim¹, Nam-Sik Chung², Yong-Ho Lee¹, Hyuk-Chan Kwon¹,
Bo-Young Joung², Yong-Ki Park¹

¹Korea Research Institute of Standards and Science

²Yonsei University College of Medicine

Abstract

Magnetocardiography (MCG) is a device to measure the magnetic field from the heart. It is a noninvasive device and takes only few minutes to record magnetocardiogram from a subject. In this study, we compared the difference of MCG data recorded from 56 normal subjects in early twenties (28 males and 28 females, mean age=21.0±1.6 years) and 36 elderly subjects (20 males and 16 females, mean age=61.9±6.9 years) for the analysis of the age and gender difference. A total of 24 parameters used in the analysis were derived from QRS complex, R-wave, T-wave, and ST-T period. As a result, seven parameters including maximum current angle and map angle showed the significant difference ($p<0.01$ and $p<0.05$, respectively) between young males and young females. Significant difference ($p<0.05$) between elderly males and elderly females was found from a parameter, pole distance at T-wave peak. In the comparison of age difference, seven parameters regarding current moment, pole distance, and dynamics showed the significant difference between young and elderly males. Eight parameters also showed significant difference ($p<0.05$) between two younger and elderly female groups. Results showed that parameters regarding current moment, pole distance, and dynamics might be changed when people get older. In conclusion, gender and age difference should be considered when MCG data are analyzed for certain parameters.

Key words : magnetocardiography (MCG), gender difference, age difference, diagnostic parameters, non-invasive

1. 서론

심혈관 질환이 암 질환에 이어 한국인의 주요 사망 원인이 되고 있는 것은 이미 잘 알려져 있다. 특히 심장의 관상동맥 질환은 병증이 다양하고 발견이 늦은 경우 급성 심근 경색, 혹은 심근 괴사를 유발시키고, 더 나아가 뇌졸중까지 연관이 되어 있어 [1], 관상동맥 질환의 조기 발견은 매우 중요하다[2].

관상동맥 질환의 진단을 위해 많은 의료 장비들이 사용되고 있으나[3], 정상인에게도 유해하지 않고, 비침습적인 진단 방법은 많지 않다. 가장 빈번하게 사용되는 비침습적이면서 유해하지 않은 장비는 심전도(electrocardiogram, 이후 ECG)로서 미국 심장협회에서는 그 용도에 대한 자세한 가이드를 제공하고 있다[4, 5].

ECG의 유용성에 대한 선행 연구들은 매우 많은데, ECG가 많은 경우 기본적인 심장의 상태를 제공해 주고 있는 유용한 장비임에도 불구하고, 심근 경색과 같은 일부 질병의 진단에 대한 민감도와 특이도에 대한 평가는 높지 않다[6-12]. 또 다른 비침습적 방식으로 초음파 진단장비 (ultrasonography)가 있는데, 관상동맥의 심각한 석회화는 비교적 잘 찾아내고 있지만, 미소한 석회화에 대해서는 그리 높지 않은 민감도를 지니고 있다고 보고되고 있다[13]. 그 외 MRI가 심장 관상동맥의 협착 진단에 사용되는데, 이 방법은 기존의 침습적 방법인 coronary angiogram보다 50% 이상의 협착이 있는 경우는 더 좋은 해상도를 보이지만, 조기 진단을 위한 장비로 사용되기에는 아직 어렵다[3]. 무엇보다도 비 침습적이면서, 심장의 기능적인 측면을 관찰 할 수 있는 장비가 조기 진단을 위해 매우 요구 되고 있다.

심장의 전류신호를 측정하는 ECG와 비슷한 방식으로 심자도 (magnetocardiograms, 이후 MCG)가 있다[14, 15]. 이 장치는 심장의 전류원이 만들어 내는 자기장을 측정하여 전류원을 재 계

Corresponding Author : 임현균
한국표준과학연구원 생체신호계측단
Tel : 042-868-5775 / Fax : 042-868-5290
E-mail : hlim@kriss.re.kr

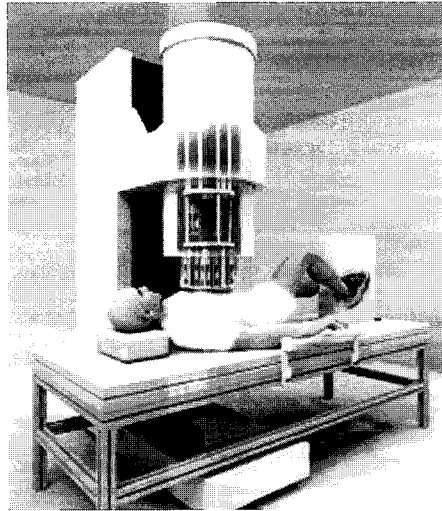


그림 1. 본 연구에 사용된 심자도 장치. 이 시스템은 64개의 채널을 가지고 있으며, 자기차폐실에서 동작된다.
Fig. 1. Magnetocardiography system used in this study. This system has 64 channels operated in the magnetically shielded room.

산하거나, 자기장 분포를 직접 분석하는 장치로 ECG와 같이 인체에 무해할 뿐만 아니라 전극의 접촉 등이 필요없는 비접촉 방식이어서 최근 진단 장비로 급부상하고 있다[16]. MCG는 주로 허혈, 부정맥, 그리고 태아 심장의 진단에 매우 효과적이고 그 활용도가 높다고 평가되고 있다[3, 17]. 그러나 MCG를 이용하여 정확한 병적 진단을 위해서 필요한 정상인에 대한 남녀 성별 차이 분석과 나이에 따른 차이 분석은 많이 이루어지지 않았다. 최근에 출간된 심자도를 이용한 임상 연구들 중에서 남녀 차이에 대한 보고[18, 19]들이 나타나기 시작했으나, ST 구간에 한정되어 있고, 변수들의 종류도 다양하지 못하다. 본 연구에서는 QRS 구간, R-파, T-파, 그리고 ST-T 구간(본 논문에서는 T-파의 정점의 1/3높이에서 T-파 정점까지 구간으로 정의함, 표기는 “TT_{1/3}”로 함)에서 추출한 다양한 변수들에 대하여 성별, 연령별 차이점을 비교하였다.

II. 방법

A. 피험자

본 연구에서 분석된 MCG 데이터는 연세의료원 심장혈관병원에

에서 측정되었다. 모든 실험의 과정은 연세의료원 심장혈관병원의 임상 승인 요청서에 준하여 실시되었다. 분석에 사용한 MCG 데이터는 정상인 20대 56명(남성 28명, 평균연령=20.6±1.4세 여성 28명, 평균연령=21.4±1.8세)과 60대 36명(남성 20명, 평균연령=61.8±7.0세 여성 16명, 평균연령=61.9±7.0세)으로부터 측정되었다(표 1). 참고로, 피시험자 중 60대라고 표기된 군은 50대가 15명, 60대가 18명, 70대가 4명이어서 정확히는 60대라고 볼 수 없으나 편의상 구성원이 가장 많은 연령층을 기준으로 60대라고 표기하였다.

본 원고에 사용된 피험자의 데이터는 매우 엄선된 과정을 거쳐 선정된 것이다. 20대 정상인의 경우 ECG 판독이 정상이고, 시험에 참가 당시 어떤 임상적 증세도 없으며, 과거 심장병력 및 고혈압, 당뇨병 혹은 신장병력이 없는 사람들 중에서 가급적 나이가 어린 20세 직후 사람으로만 선정하였다. 60대 피험자의 경우 비정상적 흉통으로 심장혈관병원에 방문한 사람들로서 ECG는 정상이었고, 심근 효소 검사(Troponin T test)는 음성이었으며, 혈관 조영 촬영(coronary angiogram)에서 40% 이하의 협착을 보인 사람들이었다. 일반적으로 혈관조영 촬영에서 50% 이상의 협착이 있

표 1. 피시험자들의 특징.

Table 1. Clinical characteristics of the study groups.

Groups		Number of subjects	Age (years)
A1	Young male	28	20.6±1.4
A2	Young female	28	21.4±1.8
B1	Elderly male	20	61.8±7.0
B2	Elderly female	16	61.9±7.0

Age (mean ± SD)

어려 임상적으로 유의한 환자로 취급되므로 본 데이터에 사용된 60대 피험자는 매우 정상에 가까운 피험자였다. 이들 중 15명은 어떤 부위에서도 협착이 없었고(=0%), 2명이 10%, 4명은 20%, 9명은 30%, 그리고 40%의 협착이 6명이었다. 40세 이후의 임의의 피험자가 심혈관 질환으로부터 정상인지 판단하는 것은 위에서 언급한 검사들을 하지 않고는 매우 어려운 판단이기 때문에 비록 40명이 넘지 않는 작은 수의 피험자이긴 하지만 이들은 매우 검증된 피험자이다.

B. 심자도 측정 시스템

심자도 장치는 한국표준과학연구원에서 제작되어 연세의료원 심장혈관병원에 설치되어 있는 64 채널 MCG 장비를 사용하였다

(그림 1). 이 장치는 자기차폐실 내에서 MCG를 측정하도록 제작된 것으로 피험자 입실 후 1분의 안정을 취한 뒤 30초 동안 측정하는 것으로 모든 측정을 마치게 된다. 모든 피험자는 천정을 보고 누운 자세를 취했고, 심자도 측정장치의 중심과 심장의 중심을 맞추기 위해 종방향 및 횡방향에 설치된 2대의 레이저 표시 교차점에 검사돌기 끝단이 오도록 하였다. 본시험에 사용된 MCG 장치는 SQUID 센서의 구동 회로를 간단하게 하는 장점을 지닌 DROS (double relaxation oscillation superconducting quantum interference device) 센서를 사용하였다. 또한 자기장의 가슴 표면의 접선 성분을 측정하는 평면형 일차 미분계를 사용하였다. 자기 차폐실 내부에서 시스템의 평균 잡음 스펙트럼 밀도 특성은 10 fT/√Hz(@1 Hz) 및 5 fT/√Hz(@ 100 Hz)였다. 실험에 사용된

표 2. 본 연구에 사용된 변수들의 이름, 약자, 그리고 정의.

Table 2. Name, abbreviation, and definition of parameters used in this study (see Fig. 1 also).

Full name & [unit]	Maximum current moment [nA · m]	Maximum current angle [degree]	Field map angle [degree]	Pole distance [mm]	Maximum to minimum ratio [no unit]
Abbreviation	MCM	CA	FMA	PD	MMR
Definition	Magnitude of the maximum current	Angle of the maximum current (32;33)	Angle between negative and positive pole (34;41)	Distance between negative and positive pole (21;34)	Amplitude ratio between the negative and the positive pole ¹ (34)
Related parameters	QRS_MCM, R_MCM, T_MCM	QRS_CA, R_CA, T_CA	QRS_FMA, R_FMA, T_FMA	QRS_PD, R_PD, T_PD	QRS_MMR, R_MMR, T_MMR
Note:	"QRS" is for integrated QRS complex, "R_" for the peak of R-wave, and "T_" for the peak of T-wave.				
Full name & [unit]	Map angle maximum [degree]	Map angle minimum [degree]	Map angle dynamics [degree]	Distance dynamics [mm]	Ratio dynamics [no unit]
Abbreviation	MAMx	MAMn	MAD	DD	RD
Definition	Maximum angles measured between the x-axis and a vector passing from the negative pole to the positive pole	Minimum angles measured between the x-axis and a vector passing from the negative pole to the positive pole	Maximum change of the map angle within the interval	Maximum distance change between the center of the negative pole and the center of the positive pole during the interval	Magnitude ratio between the positive pole and the negative pole during the interval
Related parameters	TT_MAMx	TT_MAMn	TT_MAD	TT_DD	TT_RD
Note	"TT_" is for the interval, T _{max/3} to T _{max} . (14)				
Full name	Current moment dynamics [nA · m]	Current angle maximum [degree]	Current angle minimum [degree]	Current angle dynamics [degree]	
Abbreviation	CMD	CAMx	CAMn	CAD	
Definition	Maximum magnitude change within the interval	Maximum value of the maximum current angle during the interval	Minimum value of the maximum current angle during the interval	Maximum change of the maximum current angle	
Related parameters	TT_CMD	TT_CAMx	TT_CAMn	TT_CAD	

Note that the term, dynamics, in this paper means the maximum rapid change of the magnitude in 30 ms within the given interval, T_{max/3} ~ T_{max}. ¹Positive pole could be a maximum pole and negative pole could be a minimum pole in some cases. (This table is reproduced with permission of Annals of Biomedical Engineering (20)). The names of three parameters, QRS_MCA, R_MCA, and T_MCA have been change to QRS_CA, R_CA, and T_CA respectively in this study and the current angle (CA) always indicates the maximum current.

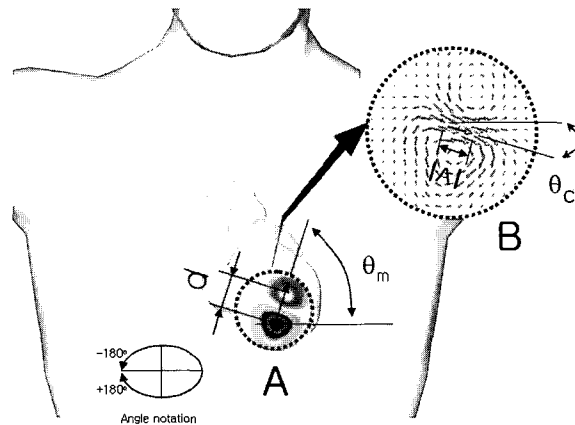


그림 2. 자기장 맵(A)과 전류맵 (B), 그리고 각도 정의. 극간 거리 (d), 자장 맵(θ_m), 최대전류크기 ($|A|$), 최대 전류원 각도 (θ_c)를 보여주고 있다.

Fig. 2. Magnetic field map (A) and current map (B), and angle notations used in the study. The pole distance (d), the field map angle (θ_m), the maximum current moment ($|A|$), and the maximum current moment angle (θ_c) parameters are also shown.

MCG 장비는 총 64개의 채널로 구성되어 있으며, 0.1 Hz의 고주파 통과 필터 및 100 Hz의 고주파 통과 필터, 그리고 60 Hz의 노치 필터가 사용되었다. 기록된 MCG 신호는 기준선 교정 (baseline correction) 후 신호대 잡음비를 높이기 위해 R-파 최고점을 기준으로 30초간 신호를 평균한 후 사용하였다. 자체 개발된 디지털 자동 필터링, 평균화 작업, 기준선 교정 등을 위한 기능을 가진 신호 후 처리를 위한 프로그램이 사용되었다.

C. 사용된 변수들

본 연구에서는 총 24개의 변수들이 사용되었다. 이 변수들은 저자들이 MCG 신호의 신뢰성 연구에 사용하였으며[20], QRS 구간, R-파 정점, T-파 정점에서 정의되는 최대전류크기 (maximum current moment, MCM), 최대전류각도(angle of the maximum current, CA), 자기맵각도(field map angle, FMA), 극간 거리 (pole distance, PD), 그리고 최대/최소 극 크기비(maximum to minimum ratio, MMR)로 이 구간에서 총 15개의 변수가 사용되었다[21-23, 24]. 또한 추가로 9개의 변수가 ST-T 구간($T_{max/3}$ to T_{max})에서 유도되었다 map angle maximum (MAMx), map angle minimum (MAMn), map angle dynamics (MAD), distance dynamics (DD), ratio dynamics (RD), current moment dynamics (CMD), current angle maximum (CAMx), current angle minimum (CAMn), and current angle dynamics (CAD). 변수들의 정의와 설명은 표 2 및 그림 2에 자세하게 제시하였다.

D. 통계분석

독립 표본 T 검정(Independent T test)이 사용되어 남녀, 연령 차이에 대한 분석에 사용되었다. 이 분석에서 20대 젊은 피험자

Group-A1과 Group-A2가 비교되었고, 60대 피험자 Group-B1과 Group-B2가 비교되었다. 또한 20대 그룹 전체와 60대 그룹 전체도 성별 구분 없이 나이로 나뉘어 비교되었다. 평균을 비교하기 위해 사전 데이터 분석을 수행하던 중 4개의 변수(TT_CAMx, TT_CAMn, T_CA, and QRS_CA)들의 일부에서 -100도보다 더 작은 변수값들이 평균에 영향을 주는 것이 발견되었다. 각도 변수들은 가슴 중심에서 왼쪽 밖으로 나가는 좌표를 0도축으로 정의하고, 데이터는 이 0도축 부근에 위치하고 있는 것으로 가정되어 정의된 것이다(그림 2). 따라서 그룹 평균이 0도에서 멀어지면, +/- 180도 부근의 데이터들은 절단된 형태를 띄게 된다. 따라서 이들 4개의 변수에 대한 MCG 데이터들에는 -100도 이하의 값들에는 모든 그룹에 일관되게 +360도를 더하여 평균값 계산에 사용하였다. 통계분석에는 SPSS(Ver 12.0)을 사용하였다.

III. 결과

A. 남녀의 비교

20대 남녀의 비교(Group-A1 과 GroupA2, 표 3)에서 24개의 변수 중 7개의 변수에서 통계적으로 유의한 수준에서($p < 0.05$) 남녀 차이를 발견하였다(표 3에서 * 혹은 **로 표시된 부분). 7개의 변수들은 R-파 정점에서의 극간 거리와 극의 크기비(R_PD , R_MMR), T-파 정점에서 자기맵과 극의 크기비(T_FMA , T_MMR), 그리고 T파 최고 정점의 1/3 지점에서 T-파 정점까지 구간에서 정의된 변수들 중에서는 최대 전류 각도와 최대/최소 맵 각도 (TT_CAMx, TT_MAMx, TT_MAMn)였다. 특별히 TT_CAMx 변수에 대한 남녀 차이(20.4도 차)가 두드러지게 차이가 났고 유의 수준도 낮게 분석되었다(남자 평균 60.7도, 여자 평균 40.3도, $p < 0.01$). 통계적 유의한 차이를 보이는 변수들은 공통

적으로 남성쪽이 여성보다 변수들 값이 모두 컸다(표 3: + 와 ++는 동일한 나이의 남녀 비교 결과임).

60대 남녀 비교(Group-B1 과 GroupB2, 표 3)에서는 T-파 정점에서 극간 거리차이를 나타내는 변수만이 남녀간 유의한 차이를 보였다(T_PD의 남녀 평균 차이= 11.7 mm). 남성쪽이 여성보다 변수들 값이 컸다.

B. 20대와 60대 비교

남녀 성별을 분리하여 20대와 60대의 비교에서, 남성 20대와 남성 60대간의 유의한 차이 (p<0.05 혹은 p<0.01)는 7개 변수에서

나타났다(표 3에서 * 및 **로 표시하였는데, 이는 성별을 구분한 20대와 60대의 비교 결과임): R_MCM, R_PD, T_MCM, T_PD, T_CMD, T_MAD, TT_DD. 여성 20대와 여성 60대 비교에서 유의한 차이를 보인 변수들은 8개 변수였다: QRS_MCM, QRS_MMR, R_MCM, R_PD, R_MMR, T_MCM, T_PD, TT_CMD. 여기서 남녀 공통적으로 나이에 따라 의미 있는 차이를 보인 변수는 R_MCM, T_MCM, T_PD, TT_CMD 이다(표 3). R파에서 최대 전류 크기(_MCM)는 60대가 20대 남녀보다 모두 작았고 (차이: 남 134.8 nAm, 여 117.6 nAm), T파에서 최대 전류 크기도 60대가 작았으며 (차이: 남 52.4 nAm, 여 64.4 nAm)

표 3. 각 그룹의 변수 평균 (평균±표준편차).

Table 3. Average value of each parameter for each group (mean ± SD).

Groups		Group A1	Group A2	Group B1	Group B2 Elderly female
Parameters		Young male (n=28)	Young female(n=28)	Elderly male(n=20)	(n=16)
QRS_	MCM	82.7±43.8	73.9±31.2	63.3±55.2	**44.4±22.4
	CA	72.1±71.0	74.0±32.9	88.8±55.1	63.6±43.4
	FMA	-5.15±70.8	-34.3±45.6	-11.4±53.3	-39.1±37.9
	PD	140.3±24.6	135.4±21.5	144.5±16.2	140.2±18.5
R_	MMR	0.49±0.23	0.42±0.11	0.54±0.22	*0.63±0.28
	MCM	392.9±169.0	334.7±122.1	**258.1±139.7	**217.1±86.33
	CA	44.3±15.8	47.4±15.2	47.4±39.9	38.7±29.4
	FMA	-52.7±13.7	-55.3±11.4	-45.1±28.1	-45.9±24.5
	PD	138.2±11.8	131.3±12.9 ⁺	*147.4±12.8	**146.1±16.4
T_	MMR	0.47±0.08	0.42±0.07 ⁺	0.59±0.46	**0.53±0.09
	MCM	124.4±51.6	111.1±46.3	**71.86±53.2	**46.7±32.2
	CA	42.2±18.6	34.2±11.4	59.4±48.9	55.8±54.6
	FMA	-52.7±11.5	-60.7±12.4 ⁺	-41.7±41.4	-41.5±50.0
	PD	133.0±11.7	126.5±12.5	**151.3±20.5	**139.6±11.4 ⁺
TT_	MMR	0.95±0.23	0.82±0.21 ⁺	0.85±0.57	1.06±0.69
	CMD	37.4±14.4	34.9±11.2	**21.0±12.1	**15.6±12.0
	CAMx	60.7±24.4	40.3±16.4 ⁺⁺	71.7±50.0	44.7±52.5
	CAMn	30.6±28.8	20.4±20.9	41.3±53.5	44.4±68.4
	CAD	25.2±31.7	14.4±8.58	23.9±20.7	41.3±71.5
	MAMx	-40.3±21.2	-53.4±17.7 ⁺	-27.3±50.8	-31.4±50.4
	MAMn	-60.1±8.45	-70.9±23.8 ⁺	-66.3±53.1	-59.6±61.6
	MAD	17.3±17.4	14.7±11.6	*33.6±29.3	24.9±32.0
	DD	20.2±9.31	17.4±10.4	**32.2±16.3	24.2±12.5
RD	0.39±0.48	0.35±0.20	0.37±0.23	0.59±0.46	

Symbols: + and ++ are used for the comparison between Group-A1 and Group-A2, and between Group-B1 and Group-B2. * and ** are used for the comparison between Group-A1 and Group-B1, or between Group-A2and Group-B2. Significant level: * and + <0.05, and **and ++ <0.01. In the table, cells in grey are the number that showed significant difference (p<0.01 or p<0.05) between two groups, respectively. Where "QRS_" for integrated QRS complex, "R_" for the peak of R-wave, "T_" for the peak of T-wave, and "TT_" is for the interval, T_{max3} to Tmax (34). The abbreviations for all parameters are maximum current moment (MCM), current angle (CA), filed map angle (FMA), pole distance (PD), maximum to minimum ratio (MMR), current moment dynamics (CMD), current angle maximum (CAMx), current angle minimum (CAMn), current angle dynamics (CAD), map angle maximum (MAMx), map angle minimum (MAMn), map angle dynamics (MAD), distance dynamics (DD), and ratio dynamics (RD).

극간 거리(PD)도 60대가 더 넓었다(차이: 남 18.3 mm, 여 13.1 mm). 전류 크기 변화(TT_CMD)는 60대가 더 작았다(차이: 남 16.4 nAm, 여 19.3 nAm). 더 자세한 내용은 표 3에 기술되어 있다.

성별을 구분하지 않고 나이만으로 비교한 분석에서, 11개의 변수들에서 20대와 60대 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (3 변수, $p < 0.05$; 8 변수, $p < 0.01$). 최대 전류의 크기를 의미하는 MCM이 QRS, R파, T파 공통으로 20대가 유의하게 값이 컸고 (QRS_MCM=23.4; R_MCM=123.9; T_MCM=57.0 nAm), 반면 극의 크기비(MMR)는 60대가 유의하게 컸으며(차이: QRS_MMR=0.12; R_MMR=0.12), 전류 각도(T_CA, 차이 19.6 도)도 60대가 컸다. 그 외 극간 거리, 자기장 각도 변화, 거리 변화 등도 구간별로 나이 차이에 따라 유의한 차이를 보였다(표 4).

표 4. 젊은 그룹과 나이드 그룹의 변수 평균 (평균±표준편차).

Table 4. Average value of each parameter for young and elderly groups (mean ± SD).

Parameters		Group (A1+A2) (n=56)	Group (B1+B2) (n=36)
QRS_	MCM	78.3 ± 37.9	54.9 ± 44.3 ⁺⁺
	CA	73.0 ± 54.8	77.6 ± 51.1
	FMA	-19.7 ± 60.8	-23.7 ± 48.5
	PD	137.8 ± 23.1	142.6 ± 17.1
R_	MMR	0.46 ± 0.18	0.58 ± 0.25 ⁺⁺
	MCM	363.8 ± 149.0	239.9 ± 119.2 ⁺⁺
	CA	45.9 ± 15.4	43.5 ± 35.4
	FMA	-54.0 ± 12.6	-45.4 ± 26.1
	PD	134.8 ± 12.7	146.8 ± 14.3 ⁺⁺
	MMR	0.44 ± 0.08	0.56 ± 0.35 ⁺
T_	MCM	117.7 ± 49.0	60.7 ± 46.3 ⁺⁺
	CA	38.2 ± 15.8	57.8 ± 50.8 ⁺
	FMA	-56.7 ± 12.5	-41.6 ± 44.7
	PD	129.7 ± 12.4	146.1 ± 17.8 ⁺⁺
	MMR	0.89 ± 0.23	0.95 ± 0.62
TT_	CMD	36.1 ± 12.9	18.6 ± 12.2 ⁺⁺
	CAMx	50.5 ± 23.0	59.7 ± 52.2
	CAMn	25.5 ± 25.5	42.7 ± 59.7
	CAD	19.8 ± 23.6	31.6 ± 50.0
	MAMx	-46.8 ± 20.4	-29.2 ± 49.9
	MAMn	-65.5 ± 18.5	-63.3 ± 56.3
	MAD	16.0 ± 14.7	29.7 ± 30.4 ⁺
	DD	18.8 ± 9.93	28.7 ± 15.1 ⁺⁺
	RD	0.37 ± 0.37	0.47 ± 0.36

IV. 토 의

본 연구에서는 20대 초반의 남녀와 60대 남녀의 심자도를 비교 하였다. 20대 남녀 비교에서는 7개의 변수들이 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 60대 남녀 비교에서는 한 개의 변수에서만 유의한 차이가 발견되었다. 연령별 비교에서는 7개의 변수들에서 20대와 60대의 남성들이 유의한 차이를 보였고, 11개의 변수에서 여성 20대와 60대에 차이가 있었다. 남녀 구분없이 20대와 60대를 비교한 결과에서도 역시 11개의 변수에서 유의한 차이를 보여 심자도에 있어서 일부 변수에서는 남녀 차이가 있으며, 전반적으로는 연령 별 차이가 있었다.

A. 남녀 차이를 보인 심자도 변수들

심장 질환에 관련되어 남녀 성별에 따라 변수들의 값에 차이가 있다는 보고는 종종 있었다 [18, 25, 26]. 특히 심부전(heart failure)에 있어서 여성이 남성보다 발생 빈도가 높다고 보고되고 있고[27], 급성 관상증후군 환자의 침습적 수술 시에도 여성환자가 더 많은 출혈성 복합장애를 일으키기도 하며[26], 폐경기 전에는 여성 호르몬인 에스트로겐에 의하여 보호 받다가, 폐경기 후에는 오히려 보호 능력이 떨어져 여성이 더 쉽게 심장 질환에 노출되는 것으로 보는 연구 보고도 있다[27]. 심전도를 이용한 연구들에서도 아이들의 성별에 따른 QRS 차이[28], 30대 정상인 남녀의 QT 차이[29], 30대와 60-70대 정상 남녀의 ST 높이 차이[30], ST 분절 상승은 동일하게 나타나지만 성별에 따라 다른 사망률과 증세들 [31] 등 다양하게 남녀의 성별에 따른 차이가 있음이 보고되었다. 저자들은 최근 연구 발표에서 정상인과 허혈 환자들에 대한 MCG의 재현성[20]과 정상인 군과 비 ST-분절 상승 심근경색(non ST-segment elevation myocardial infarction, NSTEMI) 환자군을 구분하는데 가장 민감한 변수들을 선별하였다[32]. 특히 후자에서는 혈관 조영 촬영 결과를 기준(gold standard)으로 하여, 나이가 비슷한 대조군과 NSTEMI 환자와 비교에서 몇 개의 변수들 (T_{CA} , T_{FMA} , TT_{MAMx} , TT_{CAMx} , TT_{CAMn})이 최대 81.4%의 정확도 및 86%의 민감도를 보여, 정상인과 심근경색 환자를 구별할 수 있는 매우 의미 있는 변수임을 밝혔다. NSTEMI를 구분하는데 민감하다고 분석된 T-파 정점에서 자기장 맵 각도(T_{FMA})와 ST-T 구간에서 변수들인 최대 자기장 각도(TT_{MAMx}), 최대 전류 각도(TT_{CAMx}) 등이 남녀성별에 따라 차이가 있다면(현재 분석 결과로는 20대에서 차이가 나고 60대에서는 차이가 없음), 진단의 기준을 마련할 때 남녀를 구분하여 범위를 정할 필요도 있을 수 있으므로, 엄선된 정상 피험자를 대상으로 연령별로 피험자를 추가한 시험은 더 필요할 것으로 판단된다. 본 연구에 사용된 20대 초반의 남녀 데이터는 심자도 측정 참여한 정상 피험자들 중에서 가장 나이가 적은 피험자들로서 특별히 선정된 사람들로 그 평균 연령은 20세 직후였다. 이렇게 낮은 연령을 선정한 이유는 이들이 성인성 질환에서 가장 자유로울 수 있는 나이라고 생각되었기 때문이다. 20대 남녀에서 유의한 차이를 보인 중요 변수들 대부분이 60대 남녀 비교에서는 유의한 차이는 없는 것으로 드러났고, 왜 20대에서 유의한 차이를 보인 변수들이 60대에서 차이가 없는 것으로 나타나는지 명확한 원인은 현재 분석으로는 알 수 없으나, 20세 남녀에서 통계적으로 의미 있는 차이($p < 0.05$)를 보인 MCG 변수들은 추후 30대와 40대의 정상인군을 대상으로 추가 분석하여 어느 시점에서 남녀 차이가 사라지는지, 나이에 따른 변화를 파악해야 할 것이다.

B. 연령에 따른 차이를 보인 변수들

정상인을 대상으로 하는 많은 연구에서 나이에 따라 유의한 차이가 있음은 자주 나타나는 현상이다. 특히 심장과 같은 장기의 경

우 나이에 따른 특성 변화는 매우 당연할 것으로 예측된다. 본 연구에서도 20대 남자와 60대 남자 분석에서 유의한 차이를 보인 변수들이 7개, 여성 20대와 여성 60대의 비교에서 8개의 변수에서 유의한 차이가 보였다. 유의한 차이를 보인 변수들이 탈분극이나 재분극 과정 중 어느 한쪽에 치우쳐 있지 않고 있으며, 주로 전류원의 크기가 줄어들고, 극간 간격의 변화가 유의하게 보이는 것은 나이가 들면서 심장의 운동을 일으키는 전류원의 크기가 현격하게 약해지고, 몸통의 크기도 커져서 상대적으로 차이가 발생하는 것으로 이해된다. 특이한 것은 남성의 MCG 변수들보다 여성쪽에서 더 많은 변화가 발생하고 있다는 점이다. 앞절에서 언급한 폐경기 이후의 여성 호르몬의 작용인지 본 연구의 결과에서는 알 수는 없으나, 나이에 따른 변화가 남성보다 여성에서 보다 다양한 변수들에서 유의한 차이가 있음은 매우 주목할 일이다. 이러한 변화는 나이에 따른 심근의 노화로 인하여 심근에서 작용하는 전기적 기전이 전반적으로 약해지고, 따라서 전류원이나 자기장 맵의 각도 차이보다는 전류 자체의 크기가 줄어드는 것으로 이해된다. ST 크기, T-파 크기 등의 변수들이 젊은 그룹에서 크기가 크고, 나이가 든 그룹에서는 유의하게 작은 것으로 나오는 것은 ($p < 0.01$) 이전의 선행 연구자의 결과[19]와도 일치하고 있다.

C. 심자도의 활용

심자도가 개발되어 연구된 지 적지 않은 시간이 흘렀다. 최근에 출판된 심자도에 대한 세편의 리뷰 논문들[16, 17, 33]은 심자도의 현재와 나아갈 방향을 잘 제시하고 있다. 특히 허혈, 부정맥, 태아 심자도 등에 심자도가 유용할 것으로 전망하고 있으며, 이와 관련된 연구들도 많이 발표되고 있다. 심자도는 비침습적이고, 빠르고, 간편하며, 인체에 무해한 측정법이라는 장점을 지니고 있는 반면, 장치의 전체 가격이 고가이고 아직 분석법이 표준화 되어 있지 않은 단점이 있다. 또한 깨끗한 신호를 얻기 위해서 지금까지는 자기 차폐실을 사용하고 있으나, 많은 연구자들은 가장 발전된 상태의 심자도 장치는 차폐실을 사용하지 않는 시스템이 되어야 한다고 생각하고 있다[16]. 이는 심자도 장치의 가격을 줄이는데 매우 큰 역할을 할 것이고, 더욱이 응급실에서 환자를 측정하기 위해서는 장비의 설치가 어느 곳에서도 가능해야 할 정도로 간편해야 되기 때문이다[34]. 그러나 무엇보다도 심자도가 의미있는 임상 진단 장비가 되기 위해서는 필요한 것은, 현재 사용되는 진단 방법들인 단백질 효소 분석법, 관상동맥 조영 촬영술, 초음파 영상, MRI, 그리고 ECG 등이 가지는 한계점을 뛰어넘어 명백한 병의 상태를 설명할 수 있는 능력을 의료진에게 보여야 한다. 만약 다른 장치로는 가능하지 않은 진단 능력을 심자도 장치만이 가지고 있음을 보인다면 가격이 비싸거나 설치가 어렵다 해도 그 가치를 인정받을 수 있기 때문이다. 현재 많은 진단 장비들이 침습적이고, 인체에 해롭거나, 조기 진단의 확률이 낮은 것에 비해, 심자도가 가지고 있는 여러 가지 장점과, 좋은 공간 분해능, 국소화(localization) 능력 등을 잘 부각시켜 심장의 전기 생리학적인 기능적 이상 (abnormal

function)을 명백하게 보여 준다면 심자도의 미래는 매우 밝을 것으로 예상된다.

D. 연구의 제한점

본 연구에 사용된 피험자는 임상에서 사용하는 여러 진단 과정을 거쳐 특별히 심장에 병이 없다고 판정된 사람들로 엄선하였지만 그 숫자가 충분히 많지 않고, 병원에 방문했을 때는 어떤 종류이든 심장부위에 통증이 있었던 사람들이다. 더욱이 혈압이 높은 사람들도 있었고, 기타 당뇨나 고지혈증이 있는 사람들이 섞여 있어, 잠재적으로 심장 질환이 있을 가능성이 있음을 염두에 두고 본 논문의 결과를 이해해야 할 것이다. 또한 30대, 40대, 60대 피험자의 MCG 변수값들이 일관적으로 커지거나 작아지는 모습을 보기 위해서는 여러 연령대의 정상인들에 대한 MCG 데이터를 더 취득하여 분석해야 할 것이다. 본 연구에서 피시험자들의 흡연 습관을 반영하지 않았고, 대사증후군과 같은 기타의 영향은 고려하지 않았다. 피험자수가 많아지면 이러한 영향도 반영해야 할 것으로 보인다.

V. 결론

본 연구에서는 64 채널의 심자도 장치를 사용하여 자기 차폐실 안에서 측정된 20대 남녀 56명과 60대 남녀 36명의 심자도 데이터를 분석 비교하였다. 탈분극 구간과 재분극 구간에서 추출한 총 24개의 변수에 대하여 남녀 성별차이, 나이에 따른 차이를 분석하였는데, 20대에서는 일곱개의 중요 변수에서 남녀 차이가 명백하게 나타났고, 연령에 따른 차이도 다수의 재분극에서 추출한 변수들에서 통계적으로 의미있게 차이가 있음이 발견되었다. 추후 심자도 연구에서는 이들 변수에 대해서 남녀 및 연령에 대한 차이를 고려하고 반영하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] M. A. Ikram, M. Hollander, M. J. Bos, J. A. Kors, P. J. Koudstaal, A. Hofman, J. C. Witteman, and M. M. Breteler, "Unrecognized myocardial infarction and the risk of stroke: the Rotterdam Study," *Neurology*, vol. 67, no. 9, pp. 1635-1639, 2006.
- [2] D. Nagahara, T. Nakata, A. Hashimoto, T. Takahashi, M. Kyuma, M. Hase, K. Tsuchihashi, and K. Shimamoto, "Early positive biomarker in relation to myocardial necrosis and impaired fatty acid metabolism in patients presenting with acute chest pain at an emergency room," *Circ. J.*, vol. 70, no. 4, pp. 419-425, 2006.
- [3] S. G. Worthley, H. M. Omar Farouque, G. Helft, and I. T. Meredith, "Coronary artery imaging in the new millennium," *Heart Lung Circ.*, vol. 11, no. 1, pp. 19-25, 2002.
- [4] E. Braunwald, E. M. Antman, J. W. Beasley, R. M. Califf, M. D. Cheitlin, J. S. Hochman, R. H. Jones, D. Kereiakes, J. Kupersmith, T. N. Levin, C. J. Pepine, J. W. Schaeffer, E. E. Smith, III, D. E. Steward, P. Theroux, R. J. Gibbons, J. S. Alpert, D. P. Faxon, V. Fuster, G. Gregoratos, L. F. Hiratzka, A. K. Jacobs, and S. C. Smith, Jr., "ACC/AHA guideline update for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction--2002: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on the Management of Patients With Unstable Angina)," *Circulation*, vol. 106, no. 14, pp. 1893-1900, 2002.
- [5] E. M. Antman, D. T. Anbe, P. W. Armstrong, E. R. Bates, L. A. Green, M. Hand, J. S. Hochman, H. M. Krumholz, F. G. Kushner, G. A. Lamas, C. J. Mullany, J. P. Ornato, D. L. Pearle, M. A. Sloan, S. C. Smith, Jr., J. S. Alpert, J. L. Anderson, D. P. Faxon, V. Fuster, R. J. Gibbons, G. Gregoratos, J. L. Halperin, L. F. Hiratzka, S. A. Hunt, and A. K. Jacobs, "ACC/AHA guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the 1999 Guidelines for the Management of Patients with Acute Myocardial Infarction)," *Circulation*, vol. 110, no. 9, pp. e82-292, 2004.
- [6] D. Anthony, "Diagnosis and screening of coronary artery disease," *Prim. Care*, vol. 32, no. 4, pp. 931-946, 2005.
- [7] S. A. Hahn and C. Chandler, "Diagnosis and management of ST elevation myocardial infarction: a review of the recent literature and practice guidelines," *Mt. Sinai J Med.*, vol. 73, no. 1, pp. 469-481, 2006.
- [8] D. K. Slater, M. A. Hlatky, D. B. Mark, F. E. Harrell, Jr., D. B. Pryor, and R. M. Califf, "Outcome in suspected acute myocardial infarction with normal or minimally abnormal admission electrocardiographic findings," *Am. J Cardiol.*, vol. 60, no. 10, pp. 766-770, 1987.
- [9] S. A. Achar, S. Kundu, and W. A. Norcross, "Diagnosis of acute coronary syndrome," *Am. Fam. Physician*, vol. 72, no. 1, pp. 119-126, 2005.
- [10] S. Atar and Y. Birnbaum, "Ischemia-induced ST-segment elevation: classification, prognosis, and therapy," *J. Electrocardiol.*, vol. 38, no. 4 Suppl, pp. 1-7, 2005.
- [11] G. W. Rouan, T. H. Lee, E. F. Cook, D. A. Brand, M. C. Weisberg, and L. Goldman, "Clinical characteristics and outcome of acute myocardial infarction in patients with initially normal or nonspecific electrocardiograms (a report from the Multicenter Chest Pain Study)," *Am. J Cardiol.*, vol. 64, no. 18, pp. 1087-1092, 1989.
- [12] R. H. Christenson and H. M. Azzazy, "Biochemical markers of the acute coronary syndromes," *Clin. Chem.*, vol. 44, no. 8 Pt 2, pp. 1855-1864, 1998.
- [13] G. J. Friedrich, N. Y. Moes, and V. A. Muhlberger, "Detection of intralumenal calcium in coronary arteries," *Circulation*, vol. 94, no. 3, pp. 588, 1996.
- [14] Y. H. Lee, K. Kim, J. M. Kim, H. Kwon, K. K. Yu, I. S. Kim, and Y. K. Park, "A low-noise multichannel magnetocardiogram system for the diagnosis of heart electric activity," *J. Biomed. Eng. Res.*, vol. 27, no. 4, pp. 154-163, 2006.
- [15] H. Kwon, Y. S. Jung, Y. H. Lee, J. M. Kim, K. Kim, K. Y. Kim, K. R. Park, and J. H. Bae, "Reconstruction of myocardial current distribution using magnetocardiogram and its clinical use," *J. Biomed. Eng. Res.*, vol. 24, no. 5, pp. 459-464, 2003.

- [16] R. Fenici, D. Brisinda, and A. M. Meloni, "Clinical application of magnetocardiography," *Expert. Rev. Mol. Diagn.*, vol. 5, no. 3, pp. 291-313, 2005.
- [17] S. Yamada and I. Yamaguchi, "Magnetocardiograms in clinical medicine: unique information on cardiac ischemia, arrhythmias, and fetal diagnosis," *Intern. Med.*, vol. 44, no. 1, pp. 1-19, 2005.
- [18] M. Gulati, P. Prapat, P. Kansal, J. E. Calvin, Jr., and R. C. Hendel, "Gender differences in the value of ST-segment depression during adenosine stress testing," *Am. J. Cardiol.*, vol. 94, no. 8, pp. 997-1002, 2004.
- [19] J. Chen, P. D. Thomson, V. Nolan, and J. Clarke, "Age and sex dependent variations in the normal magnetocardiogram compared with changes associated with ischemia," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 32, no. 8, pp. 1088-1099, 2004.
- [20] H. K. Lim, N. Chung, K. Kim, Y. G. Ko, H. Kwon, Y. H. Lee, J. B. Kim, J. R. Cho, J. M. Kim, I. S. Kim, and Y. K. Park, "Reproducibility of quantitative estimate of magnetocardiographic ventricular depolarization and repolarization parameters in healthy subjects and patients with coronary artery disease," *Ann. Biomed. Eng.*, vol. 35, no. 1, pp. 59-68, 2007.
- [21] H. Kanzaki, S. Nakatani, A. Kandori, K. Tsukada, and K. Miyatake, "A new screening method to diagnose coronary artery disease using multichannel magnetocardiogram and simple exercise," *Basic Res. Cardiol.*, vol. 98, no. 2, pp. 124-132, 2003.
- [22] S. Comani, S. Gallina, A. Lagatta, M. Orlandi, G. Morana, S. De Luzio, D. Brisinda, R. De Caterina, R. Fenici, and G. L. Romani, "Concentric remodeling detection by magnetocardiography in patients with recent onset arterial hypertension," *Pacing Clin. Electrophysiol.*, vol. 27, no. 6 Pt 1, pp. 709-718, 2004.
- [23] A. J. Morguet, S. Behrens, O. Kosch, C. Lange, M. Zabel, D. Selbig, D. L. Munz, H. P. Schultheiss, and H. Koch, "Myocardial viability evaluation using magnetocardiography in patients with coronary artery disease," *Coron. Artery Dis.*, vol. 15, no. 3, pp. 155-162, 2004.
- [24] H. Hanninen, P. Takala, M. Makijarvi, J. Montonen, P. Korhonen, L. Oikarinen, J. Nenonen, T. Katila, and L. Toivonen, "Detection of exercise-induced myocardial ischemia by multicannel magnetocardiography in single vessel coronary artery disease," *Ann. Noninvasive. Electrocardiol.*, vol. 5, no. 2, pp. 147-157, 2000.
- [25] J. D. McCully, Y. Toyoda, H. Wakiyama, A. J. Rousou, R. A. Parker, and S. Levitsky, "Age- and gender-related differences in ischemia/reperfusion injury and cardioprotection: effects of diazoxide," *Ann. Thorac. Surg.*, vol. 82, no. 1, pp. 117-123, 2006.
- [26] R. F. Redberg, "Gender differences in acute coronary syndrome: invasive versus conservative approach," *Cardiol. Rev.*, vol. 14, no. 6, pp. 299-302, 2006.
- [27] V. Regitz-Zagrosek, S. Brokat, and C. Tschope, "Role of gender in heart failure with normal left ventricular ejection fraction," *Prog. Cardiovasc. Dis.*, vol. 49, no. 4, pp. 241-251, 2007.
- [28] K. Kozlikova and J. Martinka, "Age and sex variability of initial parts of the QRS complex displayed in isointegral maps of young people," *Acta Medica.(Hradec.Kralove)*, vol. 47, no. 4, pp. 317-321, 2004.
- [29] B. Sredniawa, A. Musialik-Lydka, P. Jarski, Z. Kalarus, and L. Polonski, "Circadian and sex-dependent QT dynamics," *Pacing Clin. Electrophysiol.*, vol. 28, Suppl 1, pp. S211-S216, 2005.
- [30] S. Endres, K. A. Mayuga, A. de Cristofaro, T. Taneja, J. J. Goldberger, and A. H. Kadish, "Age and gender difference in ST height at rest and after double autonomic blockade in normal adults," *Ann. Noninvasive. Electrocardiol.*, vol. 11, no. 3, pp. 253-258, 2006.
- [31] M. Kosuge, K. Kimura, T. Ishikawa, T. Ebina, K. Hibi, K. Tsukahara, M. Kanna, N. Iwahashi, J. Okuda, N. Nozawa, H. Ozaki, H. Yano, T. Nakati, I. Kusama, and S. Umemura, "Differences between men and women in terms of clinical features of ST-segment elevation acute myocardial infarction," *Circ. J.*, vol. 70, no. 3, pp. 222-226, 2006.
- [32] H.K. Lim, N. Chung, K.W. Kim, Y.G. Ko, H.C Kwon, Y.H. Lee, J.M. Kim, B.Y. Joung, J.B. Kim, K.K. Yu, J.R. Cho, I.S. Kim, Y.K. Park, "Can Magnetocardiography Detect Patients with Non-ST-segment Elevation Myocardial Infarction?," *Ann Med in Press* 2007.
- [33] H. Koch, "Recent advances in magnetocardiography," *J. Electrocardiol.*, vol. 37, Suppl, pp. 117-122, 2004.
- [34] J. W. Park, P. M. Hill, N. Chung, P. G. Hugenholtz, and F. Jung, "Magnetocardiography predicts coronary artery disease in patients with acute chest pain," *Ann. Noninvasive. Electrocardiol.*, vol. 10, no. 3, pp. 312-323, 2005.