

心磁圖의 評價 指標에 대한 文獻的 考察

- Pub Med에 등록된 心磁圖 관련 214편의 평가지표 고찰 -

김호일 · 남동현 · 박영재 · 박영배 · 홍인기* · 이동훈** · 허 영***

경희대학교 한의과대학 진단·생기능의학과학교실, *한국산업기술대학교 컴퓨터공학과,

주식회사 컨버테크 기술연구소 BM개발팀, *한국전기연구원

[Abstract]

A Study of Literature on the Index for Estimating the Ability of Magnetocardiography.

- A research on the index used in the 214 papers register Pub Med -

Ho-Il Kim, Tong-Hyun Nam, Yong-Jae Park, Young-Bae Park,
In-Ki Hong*, Dong-Hoon Lee**, Young Huh***

*Dept. of Biofunctional Medicine and Diagnosis, College of Oriental Medicine,
Kyung Hee University*

**Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Siheung, Korea*

***Bio-magnetism Development Team in ConverTech Research Center*

****Korea Electro-Technology Research Institute*

Magnetocardiography provides non-invasive three-dimensional electroanatomical imaging of cardiac electrophysiology. The aim of this study is to find the index for using the indicator of magnetocardiography. An object of this study is 214 papers registered on www.pubmed.com. The index used in magnetocardiography is the interval, morphology, amplitude and integrals of QRS complex, P wave, T wave. The current density and electric field map are used, too. A new try of the index is LAS, W-HEAD, Relative Smoothness index(RS index) etc.

Key Words: magnetocardiography, index for estimating,

교신저자 : 박영배 / 소속 : 경희대학교 한의과대학 진단·생기능의학과학교실

TEL : 02-958-9195 / E-mail : bmppark@khu.ac.kr

본 논문은 산업자원부(MOCIE)의 차세대신기술개발사업에서 지원되었음. (과제번호 MOCIE-10007443-2005-22)

I. 서론

心磁圖(Magnetocardiography, Magnetocardiogram, MCG)는 심장을 움직이는 심근세포의 전기적인 활성도를 피침습적이고 비파괴적인 방법으로 측정하는 기기이다. 심장은 인체 내 중요성으로 인해 오래전부터 중요한 연구 대상이었다. 심장을 연구하는 기기 중에서 보편적이고 효율적인 전통적인 기기는 心電圖이다. 그래서, 心磁圖를 心電圖에 많이 비교하며, 비교우위에 있음을 논하려고 한다. 실제로 상당수 논문들은 心磁圖의 전망을 높게 평가한다.

心磁圖를 이해하기 위해서는 다음의 사실들을 잘 알고 있으면 된다. 心電圖는 인체의 표면에 접촉해서 심장의 파형을 얻는다. 이 방식은 primary current를 얻는 것이 아니라, secondary volume current를 측정하는 방식이다. 心磁圖는 비접촉으로 자기장을 직접 측정해서 primary current에 대한 정보를 직접 얻는다.¹⁾ 心磁圖는 인체의 표면을 x축과 y축이라고 할 때, 표면과 수직하는 방향인 z축의 자기장을 측정할 수 있다. 이로 인해 心磁圖는 진폭을 心電圖에 비해서 보다 측정하기가 용이하다. 心磁圖는 센서를 여러 개 활용함으로써 심장의 공간에 대한 정보를 얻을 수 있다.

心磁圖는 심장의 자기장을 측정하는 기기인데, 이 신호는 약 50pT 정도로 아주 미약해서 지구자기장보다 약하다. 잡음제거가 아주 중요한 문제가 된다. 잡음을 제거하면 SNR은 좋아지나, 중요한 정보를 간과할 수 있다.

心磁圖는 최근 하드웨어와 소프트웨어의 기술

이 발달함에 따라 더욱 많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 논문들이 발표됨에 따라 논문들의 성과물을 공유하기 위한 노력들이 더욱 필요해졌다. 心磁圖는 아직 공인받은 표준이 존재하지 않는다. 논문들의 data를 공유하기 위해서는 자료수집과 자료처리, 자료 기록법 등 모든 부분에 대한 표준화가 필요하다. 여러 논문들로부터 발표된 心磁圖를 평가할 수 있는 지표를 종합하고 평가하여, 객관적이고 표준화된 평가지표가 시급히 요구된다.

본 논문에서는 心磁圖의 한의학적 응용을 위한 단서로 心磁圖의 평가지표를 개발하기 위해서 기존의 心磁圖를 연구한 논문을 고찰했다. 기존 논문에서 연구한 心磁圖의 평가지표를 이해하고, 적절한 평가지표에는 어떤 것이 있는지 문헌적으로 고찰해 보았다.

II. 연구방법

www.pubmed.com에서 검색어 “magnetocardiography”를 입력하고 검색을 시행, 216편(2006년 7월 현재)의 논문을 찾을 수 있었다. 이 중에서 한 편의 논문¹⁾이 중복이 되었고, 또 한 편의 논문²⁾은 心磁圖와 직접적인 관련성이 적어 보인다. 따라서, 214편의 논문에 대해서 문헌 고찰을 하였다. 검색을 통한 문헌 고찰의 한계는 다음과 같다. Pub Med에 등록되지 못한 논문을 평가할 수 없으며, 오래 전에 투고된 논문이나 영어 이외의 논문에 대해서 초록이 없거나 논문을 구할 수 없어 논문 제목을 통해 그 내용을 추론한 점이다.

III. 연구내용

년도와 국가별 언어로 등록된 논문을 살펴 보았다. 평가지표와 재현성과 반복성에 관계된 논문

1) 心磁圖가 primary current에 대한 정보를 心電圖에 비해서 직접 얻지만, 이는 inverse problem이라는 문제를 안고 있다. 수학적 방법으로 자기장으로부터 전류를 파악하지만, 이는 유일한 해를 가지는 문제가 아니라, 여러 가지 해가 가능하다. 따라서, 여러 가지 조건을 내세워 이 조건에 부합하는 하나의 실제적인 해가 나오게 하는 문제가 있다.

들을 위주로 살펴 보았다.

1. 년도에 따른 논문의 수

心磁圖 논문은 1960년대부터 발표되기 시작했음을 알 수 있다. 하지만, 그 논문 수가 미비했다. 1990년대에 논문 수가 55편으로 비약적인 연구가 진행됨을 알 수 있다. 2000년대에 들어와서 등록된 논문이 128편으로 1990년대까지 등록된 논문 수가 86편임을 감안하면 많은 발전이 있음을 알 수 있다.

내용면에서는 1980년대까지의 논문은 心磁圖를 소개하고, 心磁圖를 통해서 심장의 전기적인 활성도를 측정하고, 임상적인 응용을 시도하였다. 1990년대에 들어와서 心電圖에 비해서 心磁圖가 가지는 특징인 심장의 병변부위(심근세포의 전류 흐름이 원활하지 못해서 심장병을 불러 일으키는 곳, localization)를 心電圖로 진단하려는 시도가 많아졌다. 아울러, 1990년대 후반부부터 태아의 심장을 관찰하는 胎兒心磁圖의 시도가 많아졌다. 胎兒心電圖와 비교해서 비교우위에 있는 태아心磁圖를 적극적으로 활용하고 있다. 이는 아울러 心磁圖의 센서가 상당히 발달하고 있음을 암시하고 있다. 2000년대 들어와서는 심장의 병변을 찾

는 노력 이외에도, 心磁圖를 평가하기 위한 다양한 각도에서 평가지표를 만들어 제안하고 있다. 2003년도에는 태아心磁圖에 대한 표준을 제안하기도 하였다.³⁾

2. 국가별 논문 수

국가별 논문 수는 편의상 언어를 기준으로 하였다. 1990년대 후반에 독일어로 된 논문이 대부분 등록되었다. 1970년대 후반에 프랑스어로 된 논문이 등록되었다. 중국어나 일본어로 된 논문은 최근에 등록되었다. 1960년대와 1970년대에는 다양한 언어로 된 논문이 등록되었다.

3. 평가지표에 관한 고찰

논문의 경향을 보면, 초기 心磁圖의 논문은 주로 心電圖와 비교를 그 내용으로 하는 경우가 많다. 이는 心電圖가 보편적이고 널리 사용되며, 효율이 뛰어난 진단기기이기 때문이다. 心電圖는 그 표준이 정해져 있고, 1965년에 심벡터도를 활용해서 심장의 dipole의 특징을 모델링한 논문이 있을 정도로 연구가 잘 되어 있는 편이다.⁴⁾ 心磁圖는 心電圖가 보여주는 인체의 정보를 충분히 보여주면서 훨씬 더 정밀한 정보를 보여 주며, 나아가 心電圖에서 보여 주지 못하는 심장의 비대된 부위를 진단할 수 있게 한다고 논문들은 언급한다.

표 1 년도별 관련 논문 수

1960년대	3
1970년대	14
1980년대	14
1990년대	55
2000년	7
2001년	18
2002년	22
2003년	14
2004년	28
2005년	20
2006년	19
2000년대	128

표 2 국가별 관련 논문 수

독일	17
프랑스	5
러시아	10
폴란드	2
체코	1
일본	6
우크라이나	1
중국	1

표 3 평가지표별 논문 수

	관련 평가 지표	관련 논문 수
wave	interval(morphology 포함)	40
	QRS complex	30
	ST segment	16
	QT segment	14
	Amplitude	11
	integral	5
	slope	2
current	Current density	9
	magnetic field map	5
기타	localization	8

心磁圖 초기 논문들은 心磁圖의 전망에 대해 낙관적인 견해들을 피력한다. 앞서 언급한 것처럼, 1990년대에는 심장의 공간정보에 대해 많은 연구가 진행된다. 상대적으로 心磁圖보다 腦磁圖가 많이 연구되어 있는데, 심장은 그 박동시 움직이기 때문에 공간정보의 불확실성이 가중되나, 뇌자도는 심장에 비해 상대적으로 움직임이 적기 때문에 공간정보의 효율성이 극대화된다고 할 수 있다. 관상동맥에 생기는 여러 가지 질환은 다른 장비로도 충분히 알 수 있으나, 심근 자체에 대한 정보를 心磁圖만큼 제공하기란 쉽지 않다. 이런 점에서 心磁圖는 MRI나 ISPECT 등과 비교되고, 같이 사용하려는 시도들도 있다.⁵⁾

心磁圖는 心電圖의 波形과 많이 비교되었는데, 波의 有無, 波의 시간(duration 또는 interval의 비교 및 prolongation), 波의 形態(morphology, elevation 또는 depression) 등으로 비교하였다. 波의 有形에서는 QRS complex(30회 언급)와 ST segment(16회), 그리고 QT segment(14회 언급)가 많이 연구되었다. QRS complex의 경우는 interval, amplitude, integral 등 다양하게 연구되었다. 전통적으로 심장학 영역에서는 QRS complex, 또는 R파, T파가 많이 연구되었다. 이런 波形들은 심실의 수축과 확장과 관련되어 있는 波形이다. QT segment의 경우는 prolongation이 많이 보고되었

는데, 특히 胎兒心磁圖와 관계가 있음을 보고한다. 胎兒心磁圖에서는 胎兒의 개월수에 따라서 QRS complex가 특히 상관관계가 있음을 보고한다. 태아 심장의 발육 정도를 胎兒心磁圖가 보여준다고 한다.

心波의 interval은 2000년대 들어와서 더욱 구체적이고 세밀한 보고를 하고 있다. 이는 心磁圖 관련 기술의 발달을 의미한다. 특히 胎兒心磁圖와 밀접한 관련성을 보이면서, 선천적인 심장의 이상을 파악할 수 있는 비파괴적이고 비침습적인 心磁圖의 특징을 잘 반영한다고 할 수 있다. 波의 시간을 心磁圖를 평가하는 중요한 지표로 생각하는 경향으로 나타난다. 이것은 心電圖에서 심박수를 중요하게 다루었으며, 심박수가 심장의 기능을 반영하기 때문으로 보인다.

心磁圖의 波의 形態나, 波의 진폭에 관계된 論議에서 baseline을 어떻게 정할까 하는 것이 상당히 중요한 문제이다. baseline은 波形에 있어 진폭을 결정하는 要因이 된다. 心電圖의 波形에서는 진폭에 대한 정보를 신뢰하기가 어렵다. baseline을 결정하는 방법은 PR segment를 기준으로 하는 것이 낫다는 보고가 있다.⁶⁾

心磁圖의 波形에 있어서 진폭은 심근세포의 전기적인 활성도를 보여줄 가능성이 있다.⁷⁾ 心磁圖는 진폭을 心電圖에 비해서 보다 더 잘 반영한다.

磁氣場의 수직축 방향의 크기를 측정할 때 心磁圖의 단점은 심장과 센서와의 거리를 일정하게 하기 어려운 측면이 있다. 이것은 서로 다른 心磁圖 시스템을 이용해서 나온 data를 비교하게 어렵게 한다. 心磁圖 波形的의 진폭에 대한 연구는 운동부하 실험과 연관하여 많이 연구되었다. 운동부하 실험을 하면 심장의 활성도가 달라지므로 진폭에 대한 연구가 유리해진다. 이 점은 胎兒心磁圖에서는 胎兒의 개월수에 따른 QRS complex의 상관관계로 논의되어 진다.

心磁圖가 心電圖에 비해서 뛰어난 정보 중의 하나는 진류에 대한 직접적인 정보이다. 이는 공간정보에 자기장을 측정하면 진류의 흐름을 구체적으로 표현할 수 있다. 자기장의 유형 분류를 통해서 심장병의 질환의 종류를 구별하려는 시도들이 있으며, 관상동맥질환을 구별하려는 시도들이 있다.⁹⁾

2000년대에 들어와서 心磁圖 波形的의 면적을 이용하는 integral 방식을 논문에서 연구하고 있다.(5회와 비슷한 방식으로 intra QRS fragmentation이 있다.) 이 방식은 진폭을 보다 폭넓게 활용하는 방식이다. 波形的의 형태나 integral을 이용하면서도, 각 波의 기울기를 고려하는 논문들도 있다. ST segment에서의 기울기를 활용한 예가 있다.⁹⁾

평가지표를 나름대로 개발하는 방식도 이용되고 있다. LAS¹⁰⁾, W-HEAD¹¹⁾, Relative Smoothness index(RS index)¹²⁾¹³⁾ 등이 그러한 예이다.

평가지표를 고려할 때, 최근 논문들은 波形的의 전체를 고려하지 않고 일정부분을 정해서 평가하는 경우들이 있다. 심장의 파형은 P파, QRS파, T파 등으로 구별할 수 있지만, 실제의 data에서는 명확하게 나누어지지 않는다. 더욱이 심장질환은 가지고 있거나 경험한 경우에는 이 波形的의 변화가 있어 波形을 어떤 방식으로 구별지울까가 중요한 문제가 된다. 波의 시작이나 끝부분, 혹은 波의 진폭의 최고값에서 수십 milisecond의 값들을

평가지표로 이용하는 논문들이 있다.¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾

心磁圖의 신호는 대개 잡음을 제거하기 위해서 여러 cycle 동안 얻은 신호를 평균 내어서 사용한다. 심장의 활동이 항상 일정하다면 상관없이 없겠지만, 조기진단이라는 목적에서는 가끔 있을 수 있는 비정상적이고 비정규적인 신호가 중요한 정보가 될 수 있다. 얻은 신호를 무조건적으로 평균을 내는 것보다 적절한 조건은 갖춘 경우에만 평균에 활용하는 selective averaging을 고려하는 것이 심장에 대한 보다 정확한 정보를 얻을 수 있다.¹⁷⁾

본 문헌고찰은 心磁圖의 한의학적 응용을 위한 기초 연구로 心磁圖를 위한 평가지표를 개발하기 위해 선행되었다.

IV. 총괄과 고찰

현재까지 心磁圖를 평가하고 있는 지표들은 대부분 波形的의 시간(interval, duration)과 形態(Morphology)에서 시작해서, 점차적으로 current density와 자기장 맵을 활용하는 쪽으로 영역이 넓어지고 있다. 心磁圖 장비가 더욱 정밀해지면서 동시에 자료수집능력과 자료처리 능력이 좋아지면서, integral 방식이나, 새로운 평가지표를 만들어내고 있다. 또한 波形을 전체적으로 파악할 뿐만 아니라, 1/2 또는 1/4 씩 분할하거나 최대값 전후의 일정시간(수십 milisecond) 동안의 값들만을 평가하기도 한다. 다양한 평가지표는 心磁圖의 발전을 의미하는 한편, 心磁圖 평가의 표준화가 시급함을 의미할 수 있다.

V. 결 론

WWW.PUBMED.COM에 등록되어 있는 214편의 心磁圖 관련 논문을 참고하여 어떤 평가지표

를 사용했는지 고찰해서 다음의 결과를 얻었다.

1. 心磁圖는 2000년대에 들어와서 비약적인 연구활동을 보이고 있다.
2. 심파의 시간요인(interval)과 Morphology가 가장 많은 평가 지표로 사용되었다.
3. LAS, W-HEAD, Relative Smoothness index(RS index) 등과 같은 새로운 지표를 개발하고자 하는 노력들이 있었다.
4. 심파를 selective averaging하는 방식과 심파를 milisecond 단위로 나누어서 지표로 만드는 노력들이 있었다.
5. 아직까지 표준으로 확정된 평가지표는 없다.

참고문헌

1. Fenici R, Brisinda D. Magnetocardiography provides non-invasive three-dimensional electroanatomical imaging of cardiac electrophysiology. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2006 Jun-Aug;22(3-4): 595-7.
2. Rein AJ, O'Donnell C, Geva T, Nir A, Perles Z, Hashimoto I, Li XK, Sahn DJ. Use of tissue velocity imaging in the diagnosis of fetal cardiac arrhythmias. *Circulation*. 2002 Oct 1; 106(14):1827-33.
3. Grimm B, Haueisen J, Huotilainen M, Lange S, Van Leeuwen P, Menendez T, Peters MJ, Schlessner E, Schneider U. Recommended standards for fetal magnetocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003 Nov;26(11): 2121-6.
4. Analog Computer Model of the Vectorcardiogram RONALD H. SELVESTER, CLARENCE R. COLLIER and ROBERT B. PEARSON *Circulation* 1965;31:45-53
5. Tedeschi W, Muller HP, Schless B, Grebe O, Hombach V, Neves UP, Baffa O, Erne SN. A new strategy for easy volume conductor modelling in magnetocardiography. *J Med Eng Technol*. 2005 Jan-Feb;29(1):33-7.
6. Leder U, Unger R, Baier V, Haueisen J, Nowak H, Figulla HR. Effect of choice of baseline correction interval on localization of electrical heart activity *Biomed Tech (Berl)*. 2000 May;45(5):114-8. German.
7. Morguet AJ, Behrens S, Kosch O, Lange C, Zabel M, Selbig D, Munz DL, Schultheiss HP, Koch H. Myocardial viability evaluation using magnetocardiography in patients with coronary artery disease. *Coron Artery Dis*. 2004 May;15(3):155-62.
8. Kandori A, Miyashita T, Ogata K, Shimizu W, Yokokawa M, Kamakura S, Miyatake K, Tsukada K, Yamada S, Watanabe S, Yamaguchi I. Electrical space-time abnormalities of ventricular depolarization in patients with Brugada syndrome and patients with complete right-bundle branch blocks studied by magnetocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2006 Jan;29(1):15-20.
9. Takala P, Hanninen H, Montonen J, Korhonen P, Makijarvi M, Nenonen J, Oikarinen L, Toivonen L, Katila T. Heart rate adjustment of magnetic field map rotation in detection of myocardial ischemia in exercise magnetocardiography. *Basic Res Cardiol*. 2002 Jan;97(1): 88-96.
10. Korhonen P, Tierala I, Simelius K, Vaananen H, Makijarvi M, Nenonen J, Katila T, Toivo-

- nen L. Late QRS activity in signal-averaged magnetocardiography, body surface potential mapping, and orthogonal ECG in post-infarction ventricular tachycardia patients. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2002 Oct;7(4):389-98.
11. Kandori A, Miyashita T, Ogata K, Shimizu W, Yokokawa M, Kamakura S, Miyatake K, Tsukada K, Yamada S, Watanabe S, Yamaguchi I. Electrical space-time abnormalities of ventricular depolarization in patients with Brugada syndrome and patients with complete right-bundle branch blocks studied by magnetocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2006 Jan;29(1):15-20.
 12. Fenici R, Melillo G. Magnetocardiography: ventricular arrhythmias. *Eur Heart J.* 1993 Sep;14 Suppl E:53-60.
 13. Fenici RR, Melillo G, Masselli M. Clinical magnetocardiography. 10 years experience at the Catholic University. *Int J Card Imaging.* 1991;7(3-4):151-67.
 14. Hiyoshi Y, Sakurada H, Izumida N, Kawano S, Sawanobori T, Hiraoka M. Moving dipole analysis of normal and abnormal ventricular activation by magnetocardiography. *J Electrocardiol.* 2002 Apr;35(2):105-13.
 15. Leder U, Unger R, Baier V, Haueisen J, Nowak H, Figulla HR. Effect of choice of baseline correction interval on localization of electrical heart activity *Biomed Tech (Berl).* 2000 May;45(5):114-8. German.
 16. Makijarvi M, Montonen J, Toivonen L, Siltanen P, Nieminen MS, Leinio M, Katila T. Identification of patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction by high-resolution magnetocardiography and electrocardiography. *J Electrocardiol.* 1993 Apr;26(2):117-24.
 17. Huck M, Haueisen J, Hoenecke O, Fritschi T, Leder U, Nowak H. QRS amplitude and shape variability in magnetocardiograms. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2000 Feb;23(2):234-42.
 18. Hanninen H, Takala P, Korhonen P, Oikarinen L, Makijarvi M, Nenonen J, Katila T, Toivonen L. Features of ST segment and T-wave in exercise-induced myocardial ischemia evaluated with multichannel magnetocardiography. *Ann Med.* 2002;34(2):120-9.
 19. Kandori A, Miyashita T, Ogata K, Shimizu W, Yokokawa M, Kamakura S, Miyatake K, Tsukada K, Yamada S, Watanabe S, Yamaguchi I. Electrical space-time abnormalities of ventricular depolarization in patients with Brugada syndrome and patients with complete right-bundle branch blocks studied by magnetocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2006 Jan;29(1):15-20.
 20. Korhonen P, Husa T, Tierala I, Vaananen H, Makijarvi M, Katila T, Toivonen L. Increased intra-QRS fragmentation in magnetocardiography as a predictor of arrhythmic events and mortality in patients with cardiac dysfunction after myocardial infarction. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2006 Apr;17(4):396-401.
 21. Takala P, Hanninen H, Montonen J, Korhonen P, Makijarvi M, Nenonen J, Oikarinen L, Toivonen L, Katila T. Heart rate adjustment of magnetic field map rotation in detection of myocardial ischemia in exercise

- magnetocardiography. *Basic Res Cardiol.* 2002 Jan;97(1):88-96.
22. Korhonen P, Tierala I, Simelius K, Vaananen H, Makijarvi M, Nenonen J, Katila T, Toivonen L. Late QRS activity in signal-averaged magnetocardiography, body surface potential mapping, and orthogonal ECG in post-infarction ventricular tachycardia patients. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2002 Oct;7(4):389-98.
23. Kandori A, Miyashita T, Ogata K, Shimizu W, Yokokawa M, Kamakura S, Miyatake K, Tsukada K, Yamada S, Watanabe S, Yamaguchi I. Electrical space-time abnormalities of ventricular depolarization in patients with Brugada syndrome and patients with complete right-bundle branch blocks studied by magnetocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2006 Jan;29(1):15-20.
24. Fenici R, Melillo G. Magnetocardiography: ventricular arrhythmias. *Eur Heart J.* 1993 Sep;14 Suppl E:53-60.
25. Fenici RR, Melillo G, Masselli M. Clinical magnetocardiography. 10 years experience at the Catholic University. *Int J Card Imaging.* 1991;7(3-4):151-67.
26. Hiyoshi Y, Sakurada H, Izumida N, Kawano S, Sawanobori T, Hiraoka M. Moving dipole analysis of normal and abnormal ventricular activation by magnetocardiography. *J Electrocardiol.* 2002 Apr;35(2):105-13.
27. Leder U, Unger R, Baier V, Haueisen J, Nowak H, Figulla HR. Effect of choice of baseline correction interval on localization of electrical heart activity *Biomed Tech (Berl).* 2000 May;45(5):114-8. German.
28. Makijarvi M, Montonen J, Toivonen L, Siltanen P, Nieminen MS, Leinio M, Katila T. Identification of patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction by high-resolution magnetocardiography and electrocardiography. *J Electrocardiol.* 1993 Apr;26(2):117-24.
29. Huck M, Haueisen J, Hoenecke O, Fritschi T, Leder U, Nowak H. QRS amplitude and shape variability in magnetocardiograms. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2000 Feb;23(2):234-42.