

肋膜穿刺가 胸廓 impedance 및 心機能에 미치는 영향

慶北大學校 醫科大學 內科學教室

李 秉 基 · 朴 周 星 · 郭 圭 植
全 在 殷 · 朴 義 顯 · 朴 熙 明

= Abstract =

Effects of Thoracentesis on Thoracic Impedance and Cardiac Performance

Byung Ki Lee, M.D., Joo Sung Park, M.D., Kyu Sik Kwak, M.D., Jae Eun Jun, M.D.
Wee Hyun Park, M.D. and Hi Myung Park, M.D.

Department of Medicine, School of Medicine, Kyungpook National University, Taegu, Korea

Effects of thoracentesis on thoracic impedance and cardiac performance were studied in patients with uncomplicated unilateral tuberculous pleural effusion. The speed of the removal of the pleural effusion in thoracentesis was essentially similar to that of a generally used for therapeutic purpose in daily practice. Thoracic impedance was measured in 23 cases before, 4 and 10 minutes after thoracentesis, and the relation of changes in thoracic impedance 4 and 10 minutes after thoracentesis to the amount of pleural effusion aspirated was observed. In 11 cases out of 23, the changes in cardiac performance as assessed by stroke volume, cardiac output, heart rate, Heather index and ratio of pre-ejection period to left ventricular ejection time(PEP/LVET) were observed 4 minutes after 150 ml to 1,000 ml of thoracentesis. In these cases, stroke volume, cardiac output, and Heather index were determined from impedance cardiograms, and PEP/LVET from mechanocardiograms recorded simultaneously with the former.

A significant increase in thoracic impedance was observed both 4 and 10 minutes after thoracentesis. There was a slight but a significant correlation between the changes in thoracic impedance and the amount of pleural fluid aspirated only 4 minutes after thoracentesis. Thoracentesis showed no consistent influence on cardiac performance as reflected to stroke volume, cardiac output, heart rate, Heather index and PEP/LVET. These facts suggest that measurement of thoracic impedance may be a useful method reflecting alterations in pleural fluid volumes, particularly when it occurs in a relatively short period of time, and the effects of thoracentesis of less than one liter on the cardiac functions as determined by the above-mentioned parameters were variable.

緒 論

여러가지 질환으로써 액체가 肋膜腔內에 저류하면 胸廓의 electrical impedance(Z_0)에 변화^{1~6)}를 초래할 뿐만 아니라 기존의 心肺疾患으로 이미 心肺機能에 장

애가 있는 예에서는 비록 肋膜腔內에 저류된 액체의 량이 소량이라 할지라도 환자의 心肺動態에 적지않은 부정적인 영향을 미치게 되며^{7,8)} 특히 대량의 액체가 급격히 저류하는 경우에는 더욱 그러할 것으로 예측된다. 따라서 肋膜穿刺에 따른 肋膜腔내 액체량의 변화가 Z_0 와 心血管系에 미치는 영향에 관한 연구는 이들 환자

의 합리적인 진료에 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 그러나 이 방법에 관한 업적은 많지 않을 뿐만 아니라 이때까지 보고된 성적에는 학자들 사이에 적지 않은 차이가 있다.

한편 Kubicek 등^{9,10)}에 의해서 개발된 Minnesota impedance cardiograph(MIC)은 心搏出量の 측정^{9,10)}과 心筋收縮力の 평가^{9,11)}에 널리 이용되고 있고, 또한 MIC로 측정한 Z_0 는 肋膜腔內나 肺實質 등 胸廓內液體容량의 변화도 예민하게 반영한다고 한다^{2~6,12,13)}.

저자들은 MIC를 이용하여 合併症이 없는 片側性結核性肋膜炎에서 肋膜液의 穿刺에 따른 肋膜腔內의 액체량의 변화가 胸廓 impedance에 미치는 영향, 穿刺液量과 Z_0 의 변동의 크기와의 相關關係, 그리고 일부에서는 肋膜穿刺後 心搏數, 驅血量 및 心搏出量과 아울러 心筋收縮力の 변화를 반영하는 지표인 Heather係數¹⁴⁾, 驅血前期(pre-ejection period, PEP)의 左心室驅血時間(left ventricular ejection time, LVET)에 대한 比(PEP/LVET)¹⁵⁾의 변화를 관찰하여 그 성적을

보고하는 바이다.

材料 및 方法

臨床所見을 비롯해서 胸部 X線이나 心電圖 등으로 다른 心肺疾患을 동반하지 않는다고 생각되는 片側性滲出性結核性肋膜炎患者 23예를 관찰대상으로 하였으며 이들 가운데 13예에서는 滲出液이 우측, 10예는 좌측에 있었다. 그리고 滲出液의 穿刺後 또는 疾病의 경과중에 肺實質에도 病變이 있는 것으로 판명된 예는 관찰대상에서 제외하였다. 그리고 관찰대상자의 평균연령은 41歲(19~59歲)였다.

胸廓 impedance(Z_0)는 肋膜穿刺前과 穿刺後 4분 및 10분에 MIC model 400으로 측정하였다. 이때에 肋膜穿刺의 속도는 원칙적으로 일반적으로 치료목적으로하는 그것에 준하였다. 그리고 23예 가운데 11예에서는 肋膜穿刺前과 穿刺後 4분에 MIC로 impedance cardiogram(ICG)을 그릴 때 心機圖도 동시에 기록하여 이들

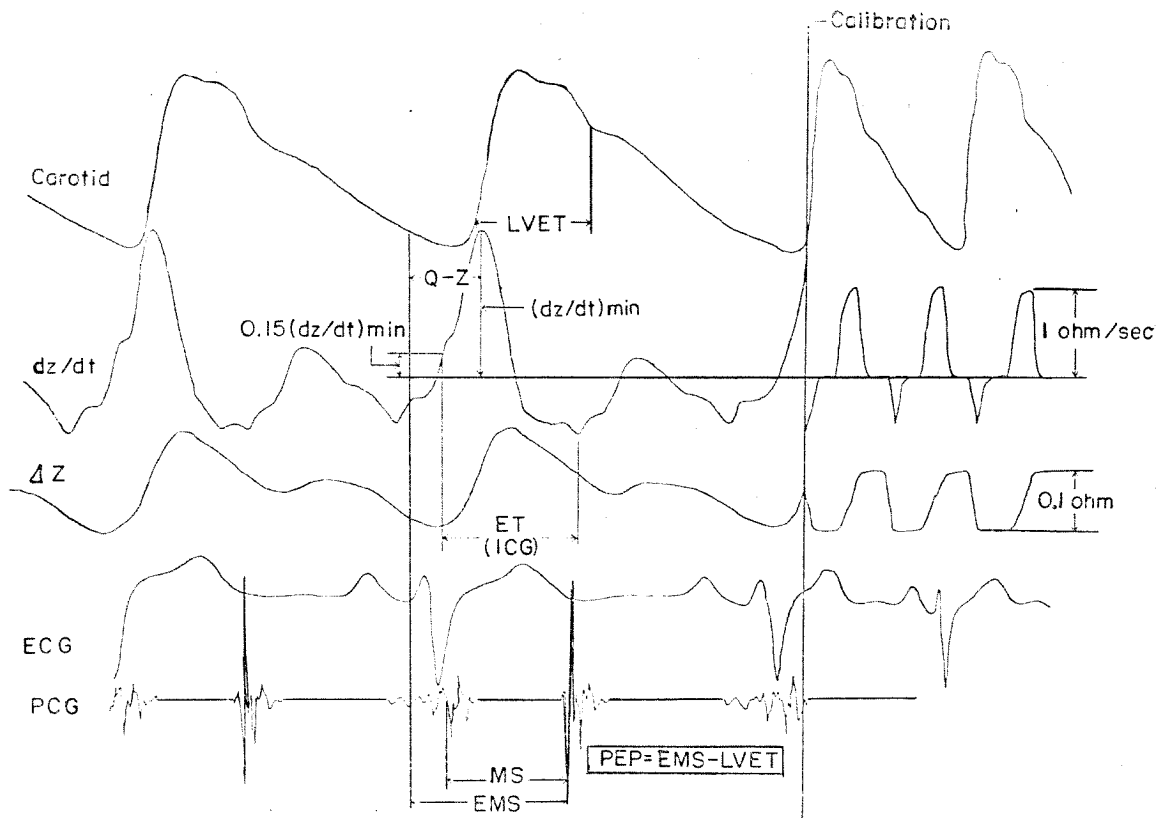


Fig. 1. Mechanocardiogram including impedance cardiogram(Abbreviations are explained in text).

Table 1. Changes in Thoracic Impedance(Z_0) before and after Thoracentesis

	Before(n=23)	4 min. after(n=23)	10 min. after(n=17)
$Z_0(\text{ohm})$	20.1 ± 3.19	$22.4 \pm 3.51^*$	$22.4 \pm 3.22^*$

Figures are mean \pm SD.

Asterisk indicates significant difference from the values before thoracentesis. * $p < 0.001$.

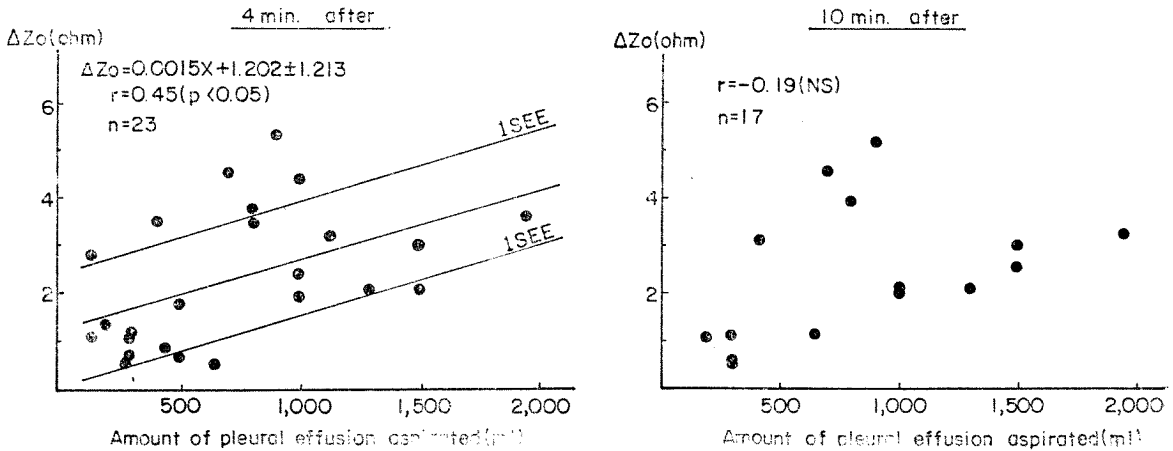


Fig. 2. Relationship of changes in thoracic impedance(ΔZ_0) after thoracentesis to amount of pleural effusion aspirated.

Table 2. Changes in Parameters Reflecting Cardiac Performance before and Four Minutes after Thoracentesis (n=11)

	Before	After
HR(/min.)	83.1 ± 15.21	78.5 ± 12.68
SV(ml)	55.4 ± 23.36	56.0 ± 18.35
CO(L/min.)	4.5 ± 1.85	4.3 ± 1.13
Heather index	8.9 ± 3.59	10.1 ± 3.07
PEP/LVET	0.48 ± 0.247	0.45 ± 0.220

HR=heart rate, SV=stroke volume, CO=cardiac output, PEP=pre-ejection period, and LVET=left ventricular ejection time.

Figures are mean \pm SD. Differences before and after thoracentesis are all insignificant.

로부터 驅血量, 心搏出量, Heather 係數, PEP/LVET 등도 구하여 肋膜穿刺에 따른 이들 지표들의 변화도 관찰하였다.

본 연구에서 Z_0 의 측정과 ICG 및 心機圖의 기록, 분석 내지 제측등의 구체적인 방법에 대해서는 앞서 본 교실의 손 및朴¹⁶⁾과李 및朴¹⁷⁾이 보고한 바와 동일하며 ICG의 ΔZ 및 dz/dt 波의 기록을 포함한 전형적인 心機圖는 Fig. 1과 같다. 한편 본 관찰에서 구한 여

러가지 제측치의 산출에 있어서 驅血量, 心搏出量 및 Heather 係數는 ICG로부터 구하였는데 전자는 Kubicek 등의 공식으로, 후자는 $(dz/dt) \text{ min. 의 } Q-Z$ 에 대한 비 $((dz/dt) \text{ min.}/Q-Z)$ 로 구하였으며 여기에서 $Q-Z$ 는 心電圖의 QRS의 기시점에서 dz/dt 波의 頂點까지의 時間間隔이다. 그리고 PEP와 LVET는 心機圖로부터 관례에 따라 제측하였다.

성績

肋膜穿刺前과 穿刺後 4분 및 10분후의 Z_0 의 변동은 Table 1과 같으며 肋膜穿刺後 Z_0 의 변동과 穿刺液量(150~1950 ml)사이의 相關關係 및 回歸方程式은 Fig. 2와 같다.

胸廓 impedance(Z_0)는 穿刺後 4분에는 전에 23예 모두에서 증가하여 그 평균치도 유의하게 증가하였으며 10분까지도 유의한 증가가 지속되었다. 그러나 穿刺後 10분까지 관찰이 가능하였던 17예 각각에서의 Z_0 의 변동을 보면 전에 모두에서 10분후에도 穿刺前의 그것보다는 증가되어 있었으나 穿刺後 4분에서의 그것에 비하면 7예에서는 감소하였고, 3예에서는 변화가 없었으며 나머지 7예에서는 증가하였다. 그리고 肋膜穿刺에 따른 Z_0 의 변동(ΔZ_0)과 穿刺液量과의 相關關係는 穿刺

後 4분에는 相關係數가 0.45($p < 0.05$)로 다소 유의하였으나 穿刺後 10분에는 이들 양자사이에 유의한 相關이 없었다.

한편 전에 23에 가운데 11에에서 肋膜穿刺前과 穿刺後(150~1000 ml) 4분의 心搏數, 驅血量, 心搏出量, Heather 係數 및 PEP/LVET의 변화는 Table 2와 같이 이들 지표들은 전체적으로도 穿刺前後에 유의한 차이가 없었고 또한 개개의 예에서도 일정한 경향의 변동이 없었다. 뿐만 아니라 이들 지표의 穿刺前後의 변화는 肋膜滲出液이 우측에 있는 예와 좌측에 있는 예 사이, 그리고 穿刺液의 용량에 따른 일정한 경향의 변동도 없었다.

考 察

Minnesota impedance cardiograph(MIC)은 心搏出量^{9,18~22}, 心筋收縮力^{3,11}, 一換量 및 呼吸數²³, 下肢의 循環血量^{2,3,24,25} 등의 측정에 이용될 뿐만 아니라 MIC로 구한 Z_0 는 胸廓內液體容량의 변화를 예민하게 반영하여 여러가지 원인에 의한 肋膜腔內 액체의 저류나 肺水腫을 조기에 진단할 수 있다고 한다^{5,12,13}. 그리고 이 방법에 의한 Z_0 의 측정은 환자에게 부담을 주지 않고 반복해서 실시할 수 있는 이점도 있기 때문에 질병의 경과를 관찰하거나 投藥이나 處置에 따른 변화를 평가하는 데도 유용하다^{5,12}. 한편 여러가지 원인으로 발생하는 水胸 또는 滲出性肋膜炎에서는 제한된 肋膜腔內에 액체가 저류됨으로써 肋膜腔內壓을 상승시키고 肺를 虛脫시키거나 압박하여 Z_0 나 循環에 영향을 미치게 된다. 이러한 경우 Z_0 의 변화나 循環障礙의 정도는 대체로 肋膜腔內에 저류된 액체의 양, 肋膜腔內壓 및 肺의 虛脫의 정도등에 의해서 좌우될 것이며 또한 기존의 心肺疾患의 경증과도 관계가 있다^{5,8,13}. 또한 Z_0 는 胸廓內組織의 電氣傳導度(electrical conductivity)의 영향도 받는데 肺含氣量이 많아지면 Z_0 는 증가하고 반면에 肺膜腔이나 肺實質에 액체가 저류되면 그것이 저하된다^{4,5,13}. Pomerantz 등¹²과 Denniston 및 Baker 등⁶은 實驗犬에서 人工的으로 水胸을 만든 후 MIC를 이용하여 Z_0 를 측정하였던 바 肋膜腔內로 注入한 액체량이 많을수록 Z_0 가 감소하고, 반면에 穿刺液량이 많을수록 Z_0 가 증가함을 관찰하고 肋膜腔內 액체량의 정도와 Z_0 와는 대체로 직선적인 관계가 있다고 하였다. 또한 Pomerantz 등¹²은 Kubicek 등⁹의 방법에 따라 Z_0 를 측정하면 肋膜腔內에 액체가 최소한 50 ml 정도만 저류되어도 진단될 수 있다고 하였다. 그리고 Van

De Water 등^{2,5}도 肋膜炎患者에서 肋膜液을 제거함에 따라 Z_0 가 점차 증가됨을 관찰하고 Z_0 의 증가는 아마도 肋膜液穿刺에 따른 胸廓內 액체량의 감소에 의한 胸廓의 電氣傳導度の 저하때문일 것이라고 하였다. Beriman 등¹³도 實驗犬에서 胸廓內液體容량이 증가하면 Z_0 가 감소함을 보고하고 Z_0 가 증가하는 機轉은 肺含氣量の 감소나 胸廓內 액체량의 증가에 기인한 胸廓電氣傳導度の 증가때문일 것이라고 하였다.

저자들의 성적에서도 肋膜穿刺後 4분에 Z_0 는 전에 모두에서 증가하였으며 穿刺液량과 Z_0 의 변동사이에 다소 유의한 相關關係가 있었다. 그러나 穿刺後 10분에는 Z_0 의 평균치가 穿刺前의 그것보다 유의하게 증가되어 있었으나 이때에는 穿刺液량과 Z_0 사이에 유의한 相關이 없었다. 본 관찰에서 肋膜液穿刺後 4분에 Z_0 가 증가하였고 또한 穿刺液량과 Z_0 와는 正相關關係가 있었던 것은 여러 학자들^{5,12,13}의 보고와 대체로 일치한다. 그리고 저자들의 성적에서 穿刺液량과 Z_0 사이에 穿刺後 4분에서는 다소나마 유의한 相關이 있었으나 穿刺後 10분에는 양자사이에 유의한 相關이 없었던 이유의 일부로는 穿刺後 4분에는 Z_0 가 전에 모두에서 穿刺前의 그것보다 증가한데 반하여 穿刺後 10분에는 Z_0 가 穿刺後 4분에서의 그것보다 7예에서는 감소하였고, 3예에서는 변화가 없었으며, 나머지 7예에서는 증가하는 등 Z_0 의 변동이 매우 다양했기 때문일 것으로 추측되며 이러한 성적으로 보아 Z_0 는 肋膜腔內 액체량의 조기 내지 급격한 변화를 더 예민하게 반영하는 것 같다.

한편 肋膜腔內 액체의 저류나 그것의 제거가 心搏數, 驅血量 및 心搏出量에 미치는 영향에 관해서는 학자들 사이에 의견의 차이가 있으며 그 機轉도 명확하지 않는 것 같다. 즉 Busacchi²⁶는 肋膜滲出液을 가진 환자에서 acetylene 방법으로 心搏出量을 측정한 결과 환자의 대다수에서 心搏出量의 현저한 감소가 있었고 肋膜滲出液이 감소함에 따라 心搏出量도 점차 정상으로 회복됨을 관찰하였다. 또한 Ihaya²⁷는 肋膜炎患者에서도 心搏出量에 큰 변동이 없음을 보고하였으나 대량의 肋膜滲出液을 가진 환자에서는 心搏出量이 감소할 것이라고 하였다. 그러나 Altschule 및 Zamcheck⁸은 肋膜腔內에 액체가 저류하면 肋膜腔內壓의 상승을 초래하고 그 결과 靜脈血의 環流가 장애되며 心搏出量은 감소될 수도 있을 것이라 하였다. 그러나 그들은 肋膜炎患者에서 Starr-Gamble²⁸의 ethyl iodide 방법으로 心搏出量을 측정하여 肋膜液穿刺後(1000~1200 ml)에도 穿刺前에 비하여 心搏數나 心搏出量에 큰 변동이 없음을 관찰하고 안정시에는 肋膜滲出液이 心搏出量에 큰

영향을 미치지 않는다고 결론하였다.

저자들의 성적에서 心搏數, 驅血量, 心搏出量, 그리고 心筋收縮力의 변화를 반영하는 지표의 하나인 Heather 係數 및 PEP/LVET 모두가 肋膜穿刺前과 穿刺後 (150~1000 ml)에 유의한 변화가 없었으며 본 관찰에서 肋膜穿刺後 心搏數 및 心搏出量에 변화가 없었던 것은 Altschule 및 Zamcheck⁸⁾의 성적과는 일치하나 Busacchi²⁶⁾의 그것과는 상이하였다. 그리고 보고자에 따른 이와같은 성적의 차이에 대한 이유의 일부로는 測定方法, 肋膜腔내 액체의 양이나 그것의 저류속도의 차이 등과도 관계가 있을 것으로 생각된다. 또한 본 관찰에서 肋膜穿刺前後에 心機能을 반영하는 여러가지 지표에 일정한 경향의 변화가 없는 또하나의 이유로는 이들 지표의 正確度 내지 銳敏度와도 관계가 있을 것으로 추측된다.

結 論

肋膜穿刺가 胸廓 impedance(Z_0) 및 心機能에 미치는 영향을 관찰하기 위하여合併症이 없는片側性滲出性結核性肋膜炎 환자 23예에서 일반적으로 치료목적으로 시행하는 속도로 肋膜穿刺를 시행하여 穿刺前과 穿刺後 4분 및 10분에 Z_0 를 측정하고 아울러 穿刺液량과 Z_0 의 변동과의 相關關係를 검토하였다. 또한 23예 가운데 11예에서는 150~1000 ml의 肋膜穿刺前과 穿刺後 4분에 心搏數, 驅血量, 心搏出量, Heather 係數 및 驅血前期(PEP)의 左心室驅血時間(LVET)에 대한比(PEP/LVET)의 변화도 비교관찰하였다. 心搏出量, 驅血量, Z_0 , Heather 係數는 impedance cardiogram (ICG)에서 구하였고 PEP/LVET는 ICG와 동시에 기록한 心機圖에서 측정하였다.

肋膜穿刺後 4분에는 Z_0 가 穿刺前에 비해 유의하게 증가하였으며 穿刺後 10분까지도 큰 변화없이 계속 유의한 증가가 지속되었다. 그러나 Z_0 의 변동과 穿刺液량과의 相關은 穿刺後 4분에서만 유의하였다. 한편 穿刺前後의 心搏出量, 驅血量, 心搏數, Heather 係數 및 PEP/LVET의 변화는 다같이 다양하였고 일정한 경향의 변동을 보이지 않았다. 이상의 사실로 보아 Z_0 의 측정은 肋膜腔內液體容량의 변동 특히 비교적 짧은 시간내에 일어나는 변동을 반영하는 유용한 방법의 하나라고 추측되며 또한 1,000 ml 미만의 肋膜穿刺는 위의 지표들에 반영되는 心機能에는 일정한 경향의 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

(본 연구에 器機를 기증해 주신 同門 崔泓斗 博士에게 충심으로 감사하는 바이다.)

REFERENCES

- 1) Nyboer, J.: *Electrorheometric properties of tissues and fluids*. Ann. N.Y. Acad. Sci., 170: 410, 1970.
- 2) Van De Water, J.M., Philips, P.A., Thouin, L.G., Watanabe, L.S., and Lappen, R.S.: *Bioelectric impedance*. Arch. Surg., 102:541, 1971.
- 3) Kubicek, W.G., Kottke, F.J., Ramos, M.U., Patterson, R.P., Witsoe, D.A., Labree, J.W., Remole, W., Layman, T.E., Schoening, H., and Garamela, J.T.: *The Minnesota impedance cardiograph-theory and applications*. Biomed. Eng., 9:410, 1974.
- 4) Pomerantz, M., Delgado, F., and Eiseman, B.: *Clinical evaluation of transthoracic electrical impedance as a guide to intrathoracic fluid volume*. Ann. Surg., 171:686, 1970.
- 5) Van De Water, J.M., Miller, I.T., Milne, E.N. C., Hanson, E.L., Sheldon, G.F., and Kagey, K.S.: *Impedance plethysmography*. J. Thor. Cardio. Surg., 60:641, 1970.
- 6) Denniston, J.C. and Baker, L.E.: *Measurement of pleural effusion by electrical impedance* J. Appl. Physiol., 38:851, 1975.
- 7) Cardon, L.: *Significance of small pleural effusion in cardiopulmonary disease, and some other observations on pleural fluid in general*. Ann. Int. Med. 53:765, 1960.
- 8) Altschule, M.D. and Zamcheck, N.: *The effects of pleural effusion on respiration and circulation in man*. J. Clin. Invest., 23:325, 1944.
- 9) Kubicek, W.G., Karnegis, J.N., Patterson, R. P., Witsoe, D.A., and Mattson, R.H.: *Development and evaluation of an impedance cardiac output system*. Aerospace Med. 37: 1208, 1966.
- 10) Kubicek, W.G., Patterson, R.P., and Witsoe, D.A.: *Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system*.

- Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 170:724, 1970.
- 11) Siegel, J.H., Fabian, M., Lankan, C., Levine, M., Cole, A., and Nahamad, M.: *Clinical and experimental use of thoracic impedance plethysmography in quantifying myocardial contractility. Surgery*, 67:907, 1970.
- 12) Pomerantz, M., Baumgartner, R., Lauriden, J., and Eiseman, B.: *Transthoracic electrical impedance for the early detection of pulmonary edema. Surgery*, 66:260, 1969.
- 13) Berman, I.R., Scheetz, LTC W.L., Jenkins, E. B., and Hufnagel, H.V.: *Transthoracic electrical impedance as a guide to intravascular overload. Arch. Surg.*, 102:61, 1970.
- 14) Heather, L.W.: *A comparison of cardiac output values by the impedance cardiograph and dye dilution technique in cardiac patients. Pages 247:258 in Progress Report Contract No. NAS 9-4500. (National Aeronautics and Space Administration, Manned Spacecraft Center, Houston, Texas, USA, July 1, 1968, to June 30, 1969). (Quoted by Kubicek³⁹)*
- 15) Weissler, A.M.: *Noninvasive methods for assessing left ventricular performance in man. Am. J. Cardiol.*, 34:111, 1974.
- 16) 全在殷, 朴熙明: Nitroglycerine 이 驅血量 및 心搏出量과 收縮期時間間隔과의 相關關係에 미치는 影響. 대한의학협회지, 24:981, 1981.
- 17) 李晟東, 朴熙明: 健康人의 心機圖. 대한내과학회잡지, 20:391, 1977.
- 18) Judy, W.V., Langley, F.M., McCowen, K.D., Stinnett, D.M., Baker, L.E., and Johnson, P. C.: *Comparative evaluation of the thoracic impedance and isotope dilution methods for measuring cardiac output. Aerospace Med.*, 40: 532, 1969.
- 19) Smith, J.J., Bush, J.E., Wiedmeier, V.T., and Tristani, F.E.: *Application of impedance cardiography to study of postural stress. J. Appl. Physiol.*, 29:133, 1970.
- 20) Gabriel, S., Atterhog, J.H., Oro, L., and Ekelund, L.G.: *Measurement of cardiac output by impedance cardiography in patients with myocardial infarction. Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 36:29, 1976.
- 21) Denniston, J.C., Maher, J.T., Reeves, J.T., Cruz, J.C., Cymerman, A., and Grover, R.F.: *Measurement of cardiac output by electrical impedance at rest and during exercise. J. Appl. Physiol.*, 40:91, 1976.
- 22) Boer, P., Roos, J.C., Geyskes, G.G., and Dorchout Mess, E.J.: *Measurement of cardiac output by impedance cardiography under various conditions. Am. J. Physiol.*, 237: H 491, 1979.
- 23) Lewis, F.J., Moses, V.K., Quinn, M.L., and Petrovick, M.: *Automatic measurement of tidal volume in postoperative patients. J. Thoracic & Cardiovas. Surg.*, 56:825, 1968.
- 24) Nathan, P.C., Van De Water, J.M., and Dmochowski, J.R.: *Noninvasive measurement of peripheral arterial flow. Arch. Surg.*, 102: 435, 1971.
- 25) Van De Water, J.M., Dmochowski, J.R., Gordon, B.D., and Couch, N.P.: *Evaluation of impedance flowmeter in arterial surgery. Surgery* 70:954, 1971.
- 26) Busacchi, V.: *La portata circolatoria e la gittata sistolica in condizioni normali e patologiche, Nota terza. Pleuritici. Arch. depat. e clin. Med.*, 18:140, 1938. (Quoted by Altschule⁴⁰)
- 27) Ihaya, H.: *Studien über die Alveolarluft, Blutgase, Vitalkapazität und Minuten und Schlagvolumen des Herzens bei Beriberi, Herzklappenfehler und Pleuritis. Mitt. D. Med. Gesellschaft. zu Tokyo*, 48:2167, 1934. (Quoted by Altschule⁴⁰)
- 28) Starr, I. and C.J. Gamble: *An improved method for the determination of cardiac output in man by means of ethyl iodide, Am. J. Physiol.*, 87: 450, 1928.