

식사가 건강인의 심기능에 미치는 영향에 대한 심초음파도적 관찰

고신대학교 의과대학 내과학교실

이병준 · 차태준 · 김영곤 · 고용호 · 정인권 · 이재우

= Abstract =

The Effect of A Meal on Cardiac Function in Healthy Young Men Evaluated by Echocardiography

Byung Joon Lee, M.D., Tae Joon Cha, M.D., Young Gon Kim, M.D.,
Yong Ho Ko, M.D., In Gueon Jung, M.D., Jae Woo Lee, M.D.

Department of Internal Medicine, Kosin Medical College, Pusan, Korea

Cardiovascular changes has been reported during eating and digestion. Experimental studies showed an early rise in cardiac output during eating which was attributable to an increased heart rate. This changes reverted to baseline valuse at the end of eating.

To investigate postprandial cardiac functional change, we studied 20 healthy young men(average age 27 years) noninvasively with BP measurement, electrocardiography and M-mode echocardiography before, 30 minutes and 3 hours after a lunch(600 Kcal).

There was no significant changes in mean blood pressure after eating. On echocardiography, diastolic and systolic left ventricular internal dimensions were 4.9 ± 0.4 and 3.1 ± 0.4 cm before meal and 4.9 ± 0.4 and 2.9 ± 0.3 cm 30 minutes after eating. There was an average increase of 9% in cardiac output 30 minutes after meal. Fractional shortening was $36.4 \pm 6.4\%$ before meal and $40.4 \pm 6.1\%$ ($p < 0.05$) 30 minutes after eating. Ejection fraction changed from $73.5 \pm 7.9\%$ to $78.2 \pm 6.3\%$ ($p < 0.05$) at postprandial 30 minutes. Myocardial contractility index assessed by the ratio of systolic BP to end-systolic volume was 4.3 ± 1.6 mmHg/ml before meal and 5.3 ± 2.2 mmHg/ml 30 minutes after eating. Peripheral resistance index as the ratio of mean blood pressure divided by cardiac index changed from 2.536 ± 1.120 dynes \cdot S \cdot cm⁻⁵/m² to 2.048 ± 472 dynes \cdot S \cdot cm⁻⁵/m² at postprandial 30 minutes. Electorcardiographic study revealed no changes in ST segment, T wave and heart rate after a meal.

In conclusion, the increase of cardiac output after a moderate meal in healthy young men was associated with an increase in myocardial contractility and a decrease in peripheral vascular resistance.

KEY WORDS : Meals · Cardiac function · Echocardiography.

서 론

식사가 심혈관계에 미치는 영향에 대해서는 동물에서는 많이 연구되어서 잘 알려져 있지만 사람을 대상으로 연구가 많지 않아서 잘 알려져 있지 못하다. 동물실험상 정상적인 개에서는 식후에 심박출량, 심박수 및 혈압이 의미있게 증가하였다고 보고되어 있으며^{1,2)} 송아지³⁾와 돼지⁴⁾에서는 혈압 상승이 관찰되었다고 한다. 식사가 심혈관계에 미치는 영향은 종 간에 차이가 있다고 한다⁴⁾.

한편 건강한 사람을 대상으로 한 연구에서는 심박수, 혈압, 그리고 심박출량이 증가되었다는 보고가 있으나⁵⁾ 별 변화가 없다는 보고도 있다⁶⁾. 이 차이는 식사량, 식사후의 시간경과 및 심장병의 유무등에도 관계가 있다고 한다^{7,8,9)}. 그래서 본 연구자는 건강한 남자에게 중등도 양(600 Kcal)의 식사를 시킨후 나타나는 혈액동학적 변화를 비침습적 방법으로 관찰하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

건강한 남자 20명을 대상으로 하였으며, 연령은 19세에서 33세까지 평균 27세 였으며, 평균 체중은 66Kg이었고 그 범위는 58Kg에서 83Kg까지 였으며, 평균 신장은 173cm였고 범위는 165cm에서 178cm 였다.

2. 관찰 방법

검사 방법은 아침 식사후부터 커피, 담배, 식수,

음료수 및 간식을 금하였고, 낮 12시부터 15분 동안 침대에 누워서 안정을 취한 후 왼팔에서 혈압을 측정하였으며, M형 심초음파기기(Aloka SSD 880 with recorder)를 이용하여 흉골연 장축단면도에서 좌심실의 내경의 측정을 위한 영상을 얻었으며, 심전도 검사를 시행하였다. 그리고 심박수를 심전도 검사로서 측정하였다.

그후 간짜장 한 그릇(약 650gm, 600Kcal, protein 17%, fat 13%, carbohydrate 70%)의 식사를 하게 한후, 식후 30분과 식후 3시간에 식전과 같은 방법으로 혈압 측정, M형 심초음파도, 심전도를 다시 시행하여 비침습적인 방법으로 심혈관계의 변화를 관찰하였다.

M형 심초음파도로 측정한 좌심실 확장기 내경(left ventricular internal dimension in diastole : LVIDD)과 수축기 내경(left ventricular internal dimension in systole : LVIDS)은 Feigenbaum의 방법¹⁰⁾에 의하여 측정하였고 좌심실 확장기 용적(end-diastolic volume : EDV)과 수축기 용적(end-systolic volume : ESV)은 Pombo공식¹¹⁾으로 구하였다. 또 1회 심박출량계수(stroke volume index), 심계수(cardiac index), 박출계수(ejection fraction), 분별단축(fractional shortening), 심근수축계수(myocardial contractility index)^{12,13)}, 말초저항계수(peripheral resistance index)¹³⁾는 Table 1의 공식에 의거하여 산출하였다.

자료는 평균치와 표준차로 계산하였으며 각 시각의 평균치의 차이는 Student's paired t-test를 이용하여 P값을 구하였고 $p < 0.05$ 인 경우에 유의성을 인정하였다.

Table 1. Formula for calculating indices of left ventricular function and peripheral resistance index

End-diastolic volume index(EDVI)	$LVIDD^3/BSA(ml/m^2)$
End-systolic volume index(ESVI)	$LVIDS^3/BSA(ml/m^2)$
Stroke volume index(SVI)	$(LVIDD^3-LVIDS^3)/BSA(ml/m^2)$
Cardiac index(CI)	$(LVIDD^3-LVIDS^3)/\times HR/BSA(ml/m^2)$
Ejection fraction(EF)	$(LVIDD^3-LVIDS^3)/LVIDD^3(\%)$
Fractional shortening(FS)	$(LVIDD-LVIDS)\times 100/LVIDD(\%)$
Myocardial contractility index(MCI)	$SBP/ESV(mmHg/ml)$
Peripheral resistance index(PRI)	$80\times Mean\ BP/CI(dynes\cdot S\cdot cm^{-5}/m^2)$

LVIDD : Left ventricular internal dimension in diastole, LVIDS : Left ventricular internal dimension in systole, BSA : Body surface area, EDV : Left ventricular diastolic volume, ESV : Left ventricular systolic volume, HR : Heart rate, SBP : Systolic blood pressure, BP : Blood Pressure

Table 2. Changes of blood pressure

	Before meal	After 30 min	After 3 hours
Systolic BP(mmHg)	120.0± 12.8	119.7± 11.8	119.1± 10.5
Diastolic BP(mmHg)	74.2± 14.0	71.0± 10.9	73.0± 14.0
Mean BP(mmHg)	89.2± 12.9	87.2± 10.7	89.4± 14.7
Mean± S.D.			

Table 3. Electrocardiographic findings

	Before meal	After 30 min	After 3 hours
Heart Rate(beats/min)	65.1 ± 13.9	65.2 ± 8.1	63.1 ± 5.8
PR Interval(second)	0.16± 0.02	0.16± 0.02	0.16± 0.19
QRS Interval(second)	0.09± 0.01	0.10± 0.01	0.09± 0.01
QT Interval(second)	0.38± 0.03	0.38± 0.02	0.38± 0.02
QTC Interval(second)	0.39± 0.02	0.39± 0.02	0.39± 0.02
P axis(degree)	52.1 ± 23.8	55.3 ± 16.1	52.3 ± 22.5
QRS axis(degree)	63.3 ± 20.7	65.9 ± 17.5	64.1 ± 21.1
T axis(degree)	48.9 ± 12.3	51.4 ± 11.5	49.5 ± 14.7
RV5(mm)	19.0 ± 4.0	18.0 ± 4.0	19.0 ± 4.0
SV1(mm)	12.0 ± 5.0	11.0 ± 5.0	12.0 ± 5.0

Table 4. Electrocardiographic measurements of left ventricular dimensions and volumes

	Before meal	After 30 min	After 3 hours
LVIDD(cm)	4.9± 0.4	4.9± 0.4	4.9± 0.4
LVIDS(cm)	3.1± 0.4	2.9± 0.3	3.0± 0.4
EDV(ml)	120.7± 32.7	119.0± 26.8	118.8± 26.8
EDVI(ml/m ²)	67.5± 17.4	66.7± 14.4	66.5± 14.4
ESV(ml)	31.4± 10.4	25.7± 8.5	27.8± 9.1
ESVI(ml/m ²)	17.6± 5.8	14.4± 4.8	15.6± 5.3
SV(ml)	89.3± 29.2	93.4± 23.7	91.0± 23.6
SVI(ml/m ²)	49.9± 15.5	52.1± 12.8	50.9± 12.2

LVIDD : Left ventricular internal dimension in diastole, LVIDS : Left ventricular internal dimension in systole, EDV : Left ventricular diastolic volume, EDVI : Left ventricular diastolic volume index, ESV : Left ventricular systolic volume, ESVI : Left ventricular systolic volume index, SV : Stroke volume, SVI : Stroke volume index.

결 과

식사에 따른 혈압의 변화는 평균 혈압이 식사하기 전에는 89.2± 12.9mmHg였고 식사 후 30분과 3시간 후에는 각각 87.2± 10.7과 89.4± 14.7mmHg로 식후 30분에 평균 혈압의 감소가 있었고, 수축기 혈압과 확장기 혈압도 식후 30분에 감소 하였다. 그러나 이들의 감소는 통계학적 유의성은 없었다(Table 2).

심박동수의 변화는 식전에 분당 65.1± 13.9에서 식후 30분에 측정하였을 때는 65.2± 8.1 식후 3시

간에는 63.1± 5.8로 식후 3시간에서 다소 감소하였으나 통계학적으로 유의성은 없었다(Table 3).

식후의 심전도상의 변화는 PR 간격, QRS 간격, QT 간격, P axis, QRS axis, T axis, V5에서의 R파의 크기, V1에서의 S파의 크기 등이 각각 식후 30분과 식후 3시간에서 식전에 비해 유의하게 증가된 것은 없었으나, 1명에서 식전의 PR간격이 0.20초에서 식후 30분에는 0.20초 식후 3시간에는 0.22초로 PR 간격이 식후 3시간에 연장된 경우가 있었다(Table 3).

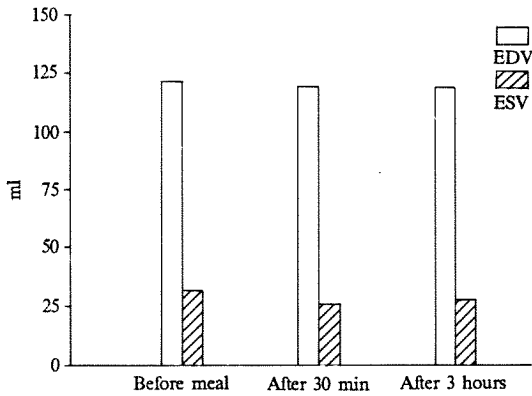


Fig. 1. Left ventricular End-Diastolic volume(EDV) and End-Systolic volume(ESV) before and after a Meal.

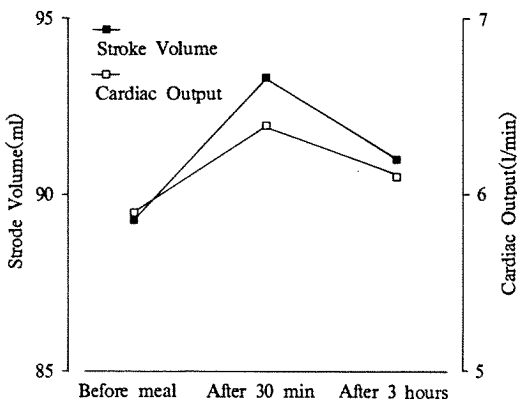


Fig. 2. Stroke volume and cardiac output before and after a meal.

심초음파도로 측정한 확장기 및 수축기의 좌심실 내경은 식전에는 4.9 ± 0.4 , 3.1 ± 0.4 cm 식후 30분에 4.9 ± 0.4 , 2.9 ± 0.3 cm이었고 식후 3시간에는 4.9 ± 0.4 , 3.0 ± 0.4 cm로 식후 30분에 수축기 좌심실 내경의

감소가 있었고 좌심실의 확장 종기 및 수축 종기 용적은 식전에는 120.7 ± 32.7 , 31.4 ± 10.4 ml 식후 30분에 119.1 ± 25.8 , 25.7 ± 8.5 ml이었고 식후 3시간에는 118.8 ± 26.8 , 27.8 ± 9.1 ml로 식후 30분에 좌심실 수축 종기 용적의 감소가 있었다. 그러나 이들의 감소는 통계학상 유의성은 없었다(Table 4, Fig. 1).

좌심실의 1회 구혈량은 식전에 89.3 ± 29.2 ml 식후 30분에 93.4 ± 23.7 ml 식후 3시간에 91.0 ± 23.6 ml로 식후 30분에서 증가하였고 좌심실의 심박출량은 1회 구혈량에 심박수를 곱하여 구하였는데 식전에는 5.9 ± 1.9 liter/min. 식후 30분에는 6.4 ± 1.9 liter/min으로 9% 증가되었다. 그러나 이들의 증가도 통계학상 유의성은 없었다(Fig. 2).

Fractional shortening은 식전에 $36.4 \pm 6.4\%$ 에서 식후 30분에 $40.4 \pm 6.1\%$ 로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 박출계수도 식전에 $73.5 \pm 7.9\%$ 에서 식후 30분에는 $78.2 \pm 6.3\%$ 로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$)(Table 5, Fig. 3).

수축기 혈압을 수축기 용적으로 나누어서 구한 심근수축계수는 식전에는 4.3 ± 1.6 mmHg/ml에서 식후 30분에 5.3 ± 2.2 mmHg/ml로 증가하였고, 평균혈압을 심계수로 나누어서 구한 말초저항계수는 식전 $2,536.0 \pm 1,120.0$ dynes \cdot S \cdot cm $^{-5}$ /m 2 에서 $2,048.0 \pm 472.0$ dyne \cdot S \cdot cm $^{-5}$ /m 2 으로 감소하였다. 그러나 이들의 변화는 통계학상 유의성이 없었다 (Table 5, Fig. 4).

고 안

1929년 Grollman¹⁵⁾이 식사후 심박출량이 증가한다고 보고한 이후 식후에 심박출량, 심박동수의 증가 그리고 장간막동맥 혈류의 증가가 있음을 후속

Table 5. Hemodynamic bata before and after a meal

	Before meal	After 30 min	After 3 hours
CO(l/min)	5.9± 1.9	6.4± 1.9	6.1± 2.0
CI(l/min/m 2)	3.3± 1.0	3.6± 1.0	3.4± 1.0
FS(%)	36.4± 6.4	40.4± 6.1*	38.8± 6.0
EF(%)	73.5± 7.9	78.2± 6.3*	76.5± 6.2
MCI(mm Hg/ml)	4.3± 1.6	5.3± 2.2	4.9± 2.3
PRI(dynes \cdot S \cdot cm $^{-5}$ /m 2)	2536.0± 112.0	2048.0± 472.0	2232.0± 592.0

CO : Cardiac output, CI : Cardiac index, FS : Fractional shortening, EF : Ejection fraction, MCI : Myocardial contractility index(SBP/ESV), PRI : Peripheral resistance index($80 \times$ Mean BP/CI)

* $p < 0.05$, compared with before meal

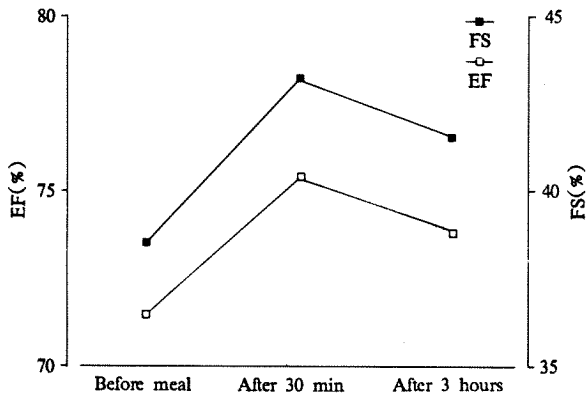


Fig. 3. Left ventricular ejection fraction(EF) and fractional shortening(FS) before and after a Meal.
* $p < 0.05$, before meal vs. after 30 min.

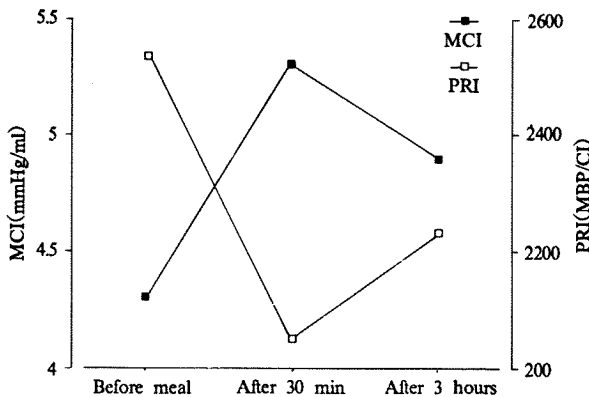


Fig.4. Myocardial contractility index(MCI) and peripheral resistance index(PRI) after a Meal.

연구들이 확인해 주었다^{1,2,14}). 마취되지 않은 동물에서 실시한 연구에서는 식사후 일시적인 심박출량, 혈압 그리고 심박동수의 증가를 관찰하였다²⁾¹⁵).

사람에 있어서 식사가 심혈관에 미치는 영향에 대해서는 건강인에나 심장병이 있는 사람에서나 연구된 것이 많지 않은 상태이며⁸⁾¹⁶), 연구된 것들도 서로 결과가 일치되지 않고 있다. 또한 식사가 심혈관에 미치는 영향중에는 심근수축력의 변화와 말초혈관저항에 대해서는 아직 연구가 되고 있지 않은 상태이다.

사람에 있어서 식사가 중심 혈액학(central hemodynamics)에 미치는 영향에 대한 최근의 보고는 Kelbak등⁹)에 의한 연구를 들 수 있으며 이들은 건강한 8명에게 1500Kcal의 식사를 하게한 후 중심

혈역학적 변화를 radionuclide cardiography로 측정하였던 바 1회 구혈량 및 심박출량은 의미있게 증가하였으나 혈압의 차이는 없었던 것으로 미루어 보아 총 말초혈관 저항의 감소가 있는 것으로 보고하였고, 좌심실의 확장기 및 수축기 용적이 증가하였으며 좌심실 박출계수는 변화하지 않았다고 보고하였다. 한편 Brown등²⁾은 16명의 심부전증 환자에서 700~900Kcal의 식사를 시킨 후 radionuclide cardiography로 좌심실의 박출계수를 구하였더니 심한 좌심실장애가 있는 경우는 좌심실 박출계수는 의미있는 증가가 나타나지 않았고 경한 좌심실 장애가 있는 경우에는 박출계수의 의미있는 증가가 나타난 것을 보고 하였는데 이것은 심한 좌심부전의 경우에는 만성적으로 교감신경계의 항진이 있는 상태으므로 음식에 의한 생리적 반응이 둔화되었거나 없어진 때문으로 생각하였다. 그러나 동물에서와는 다르게¹⁸) Young 등¹⁹⁾은 건강한 젊은 사람에게 식사를 하게 하였으며, Kelback 등⁹⁾도 식사후에 측정한 catecholamine의 농도가 식전에 비하여 증가하지 않았음을 보고 하였다. 그리고 Cornyn 등⁷⁾은 심부전이 있는 10명의 환자를 대상으로 검사를 하여 식후에 심계수의 증가를 보고 하였다.

본 연구에서는 평균 혈압은 식사전후에 의미있는 변화가 없었고 수축기좌심실 내경은 식후 30분에 식전에 비해 감소하는 경향이 있었으며 심박출량은 식후 30분에 식전에 비하여 9%의 증가가 있었다. 그리고 분별단축(fractional shortening)은 식후 30분에 10%의 의미있는 증가가 식전에 비하여 있었고 박출계수도 식전에 비해 식후 30분에 6%의 의미있는 증가가 있었다. 심근수축계수는 수축기 혈압을 수축기 용적으로 나누어서 구한 값인데 이것은 좌심실의 수축력을 정확하게 측정할 수 있는 것으로서²⁰⁾ 전부하의 후부하의 변화에 영향을 거의 받지 않는 지표인데^{21,22)} 식전에 비하여 식후 30분에 23%의 증가가 있었고, 말초저항계수는 식전에 비하여 식후 30분에 19%의 감소가 있었다. 이상의 결과를 통하여 건강한 젊은 남자에서 중등도의 식사를 한 후 나타나는 심박출량의 증가는 심근 수축력의 증가와 말초혈관저항의 감소 등과 관계가 있는 것 같다.

Fronek등²⁾은 개에서 음식을 소화하는 동안에

상장간막동맥(superior mesenteric artery)으로 가는 혈류의 증가를 보고 하였다. 다른 연구자들은 장관으로의 혈류의 증가는 식사후 30분에서 90분까지는 십이지장과 공장, 90분에는 회장의 점막과 점막하 조직으로 가는 많아진 혈류에 기인하며, 이 기간 동안 대장으로가는 혈류는 변화가 없다는 것을 보고하였다^{23,24,14)}. 이런 변화에는 vasoactive intestinal peptide가 관계가 있다고 한다²⁵⁾. 본 연구에서 식사후 30분에 나타난 말초혈관저항의 감소는 동물실험에서 나타난 것과 같이 십이지장과 공장으로 가는 혈류의 증가에 의한 것이 아닐까 생각된다.

식사에 의한 심전도상의 변화는 많이 양의 식사를 하였을 때 특히 탄수화물이 많은 음식을 섭취하였을 경우에는 ST 절의 하강과 T 파의 역전(inversion)이 발생할 수 있으며 이것은 세포내의 포도당 대상에 의한 칼륨의 세포내로의 이동에 의한 생리적 현상인데²⁶⁾, 본 연구에서는 ST 절의 하강이나 T 파의 역전등은 발생하지 않았다. 이것은 식사량이 중등도의 양이기 때문이 아닌가 생각한다. 그리고 한 예에서 식사후 3시간에 PR분절의 연장(1도 방실 전도 장애)이 발생하였는데 식전부터 PR 분절의 길이가 0.2초로 길었고 식사후 3시간에 발생하였기 때문에 식사에 의한 변화는 아닌 것으로 생각된다.

요 약

식후의 혈역동학적 변화를 알기 위하여 건강한 젊은 남자 20명(평균이 27세)을 대상으로 하여 중등도 양(600 Kcal)의 점심 식사를 하게 하여 시전, 식사후 30분과 식사후 3시간에 각각 혈압측정, 심전도 그리고 M형 심초음파도 검사를 시행하여 비침습적인 방법으로 심근수축력의 변화와 말초혈관저항의 변화 등과 다른 심혈관계의 변화를 관찰하였다.

평균 혈압은 식전에 89.2 ± 12.9 mmHg이었고 식사후 30분과 식사후 3시간에 각각 87.2 ± 10.7 그리고 89.4 ± 14.7 mmHg로 변화하였다. 그러나 이 변화는 통계학적으로 유의하지는 않았다. 심초음파 검사에서 확장기 및 수축기의 좌심실 내경은 식전에는 각각 4.9 ± 0.4 , 3.1 ± 0.4 cm였고, 식사후 30분에는 4.9 ± 0.4 , 2.9 ± 0.3 cm이었다. 좌심실의 심박출량은 식전에 비해서 식사후 30분에 9%가 증가되었다. 분별 단축은 식전에 $36.4 \pm 6.4\%$ 에서 식사후 30분에 $40.4 \pm$

6.1% 로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 박출계수도 식전에 $73.5 \pm 7.9\%$ 에서 식사후 30분에는 $78.2 \pm 6.3\%$ 로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 수축기 혈압을 수축기 용적으로 나누어서 구한 심근수축계수는 식전에는 4.3 ± 1.6 mmHg/ml에서 식사후 30분에 5.3 ± 2.2 mmHg/ml로 증가하였고, 평균 혈압을 심계수로 나누어서 구한 말초저항계수는 식전 $2,536 \pm 1,120$ dynes \cdot S \cdot cm⁻⁵/m²에서 $2,048 \pm 472$ dyne \cdot S \cdot cm⁻⁵/m²으로 감소하였다.

심전도 검사상 식사후 ST 분절의 하강이나 T 파의 역전 그리고 심박동수의 변화는 관찰되지 않았다.

결론적으로 건강한 젊은 남자가 중등도의 식사를 한후 발생하는 심박출량의 증가는 심근의 수축력의 증가와 말초 혈관저항의 감소와 관계가 있는 것으로 생각된다.

References

- 1) Ehrlic W, Tosheff J, Caldini P, Abbey H, Brady JV : *Adaptation of cardiac output, coronary flow and other circulatory functions in dogs to exercise and to eating.* Johns Hopkins Med J 130 : 120-234, 1972
- 2) Fronek K, Stahlgren LH : *Systemic and regional hemodynamic changes during food intake and digestion in nonanesthetized dogs.* Circ Res 23 : 687-692, 1968
- 3) Bloom SR, Edwards AV, Hardy RN, Malinkowaska K, Silver M : *Cardiovascular and endocrine responses to feeding in the young calf.* J Physiol(Lond) 253 : 135-155, 1975
- 4) Houpt KA, Baldwin BA, Houpt R, Hills F : *Humoral and cardiovascular responses to feeding in pigs.* Am J Physiol 244 : R279-284, 1983
- 5) Grollman A : *Physiological variations in the cardiac output of man.* Am J Physiol 89 : 366-370, 1929
- 6) Jones WB, Thomas HD, Reeves TJ : *Circulatory and ventilatory responses to postprandial exercise.* Am Heart J 69 : 688-676, 1965
- 7) Cornyn JW, Massie BM, Unverferth DV, Leier CV : *Hemodynamic changes after meals and placebo treatment in chronic congestive heart failure.* Am J Cardiol 57 : 238-241, 1986

- 8) Goldstein RE, Redwood DR, Rosing DR, Beiser D, Epstein SE : *Alterations in the circulatory response to exercise following a meal and their relationship to postprandial angina pectoris. Circulation* 44 : 90-100, 1971
- 9) Kelbæk H, Munck O, Christensen NJ, Godtfredsen J : *Central haemodynamic changes after a meal. Br Heart J* 61 : 506-509, 1989
- 10) Feigenbaum H : *Echocardiography : 4rd ed* : 625. Lea & Febiger, Philadelphia : 1986
- 11) Pombo JF, Troy BL, Russell RO : *Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circulation* 43 : 480, 1971
- 12) Michael FW, Bong HS, Charles PH, Ronald HL, Daniel JB : *Evaluation of left ventricular contractility index for the detection of symptomatic and silent myocardial ischemia. Am J Cardiol Dec 1* : 1176-1179, 1988
- 13) Michael FW, Bong HS, Gwendolyn AP, William RL : *Exaggerated pressure response to exercise in men at risk for systemic hypertension. Am J Cardiol Sep 15* : 731-736, 1990
- 14) Vatner SF, Patrick TA, Higgins CB, Franklin D : *Regional circulatory adjustments to eating and digestion in the conscious unrestrained primate. J Appl Physiol* 36 : 524-529, 1974
- 15) Vatner SF, Franklin D, Van Citters RL : *Mesenteric vasoactivity associated with eating and digestion in the conscious dog. Am J Physiol* 219 : 170-174, 1970
- 16) Cohen IM, Alpert JS, Francis GS, Vieweg WVR, Hagan AD : *Safety of hot and cold liquids in patients with acute myocardial infarction. Chest* 71 : 450-452, 1977
- 17) Brown JM, White CJ, Sobol SM, Luil RJ : *Increased left ventricular ejection fraction after a meal : potential source of error in performance of radionuclide angiography. Am J Cardiol* 51 : 1709-1711, 1983
- 18) Landsberg L, Young JB : *Fasting, feeding and regulation of the sympathetic nervous system. N Engl J Med* 298 : 1295-1301, 1978
- 19) Young JB, Rowe JW, Pallotta JA, Sparrow D, Landsberg L : *Enhanced plasma norepinephrine response to upright posture and oral glucose administration in elderly human subjects. Metabolism* 29 : 532-539, 1980
- 20) Grossman W, Brunwald E, Mann T, McLaurin LP, Green LH : *Contractile state of the left ventricle in man as evaluated from end-systolic pressure-volume relations. Circulation* 56 : 845-852, 1977
- 21) Nivatpumin T, Katz S, Scheure J : *Peak left ventricular systolic pressure/end-systolic volume ratio : a sensitive detector of left ventricular disease. Am J Cardiol* 43 : 969-974, 1978
- 22) Sagawa K : *The ventricular pressure-volume diagram revisited. Circ Res* 43 : 677-687, 1978
- 23) Chou CC, Hsieh CP, Yu YM, Kviety P, Yu LC, Pittman R, Dabney JM : *Localization of mesenteric hyperemia during digestion in dogs. Am J Physiol* 230 : 538-589, 1976
- 24) Gallavan RH, Chou CC, Kviety P, Sit SP : *Regional blood flow during digestion in the conscious dog. Am J Physiol* 238 : H220-225, 1980
- 25) Frase LL, Gaffney FA, Lane LD : *Cardiovascular effects of vasoactive intestinal peptide in healthy subjects. Am J Cardiol* 60 : 1356-1361, 1987
- 26) Goldman MJ : *Principles of clinical electrocardiography* : 11 ed : 84, Lange : 1982