

## Análise das Variáveis Hemodinâmicas em Pacientes com Hipertensão Arterial Sistêmica Submetidos ao Exercício Físico

Sérgio Ferreira de Oliveira, José Antônio F. Ramires, Maria Cecília Solimene, Miguel Ratti, Silvio G. Lage, Protásio L. da Luz, Fúlvio Pileggi  
São Paulo - SP

**Objetivo** - Verificar as alterações hemodinâmicas durante o exercício em pacientes com hipertensão arterial moderada.

**Métodos** - Vinte e nove pacientes foram submetidos ao exercício em cicloergômetro (50w, 100w) em posição supina durante o cateterismo cardíaco. Mediram-se: índice cardíaco (IC), índice sistólico (IS), resistência vascular sistêmica (RVS), resistência vascular pulmonar (RAP), pressões capilar pulmonar (PCP), arteriais sistólica (PS), diastólica (PD), média (PAM) e atrial direita (PAD). Os pacientes, quanto à função cardíaca, foram divididos em dois grupos: GI  $IC > 2,5$  ml/min/m<sup>2</sup> e GII  $IC < 2,5$  ml/min/m<sup>2</sup>.

**Resultados** - Houve comportamento idêntico (=) entre GI e GII em relação às variáveis PAM, PAD, PCP e FC, e diferente (#) em relação ao IS, RVS e RAP. Quanto às três condições de exercício, repouso (R), 50w, 100w, observou-se: a)  $R=50=100$  para RAP (GI); b)  $R\#50=100$  para PAM, PAD, PCP, IS, RVS (GI); c)  $R\#50\#100$  para FC, RVS e RAP (GII). Não se observou correlação entre função cardíaca (IC, IS) e adaptação circulatória (RVS, RAP) e curva de pressão (PS, PD, PAM) além da FC.

**Conclusão** - Os resultados observados sugerem que no GI a função cardíaca depende mais do inotropismo, enquanto que no GII mais da pós-carga (RVS e RAP). Neste último grupo, a adaptação circulatória é mais tardia e com tendência de se aproximar aos níveis do GI, por redução do tônus da parede vascular.

**Palavras-Chave:** hipertensão arterial, hemodinâmica, exercício físico

### Hemodynamic Variable Analysis in Patients with Systemic Arterial Hypertension Submitted to Exercise

**Purpose** - To verify the exercise-induced hemodynamic changes in moderate hypertensive patients.

**Methods** - Twenty nine patients were studied and they were submitted to cycloergometer supine exercise (50w and 100w) during cardiac catheterization. The hemodynamic variables were measured: cardiac index (CI), stroke volume (SV), systemic arterial resistance (SAR), pulmonary arterial resistance (PAR), wedge pressure (WP), right atrial pressure (RA), systolic arterial pressure (SP), diastolic arterial pressure (DP), mean arterial pressure (MP) and heart rate (HR). To evaluate the cardiac function, the patients were divided in two groups: GI with  $CI > 2,5$  ml/min/m<sup>2</sup> and GII  $CI < 2,5$  ml/min/m<sup>2</sup>.

**Results** - During exercise, patients from GI and GII were similar-according to MAP, RA, WP, and HR. On the other hand, GI and GII exhibited different (#) behavior regarding SV, PAR and SAR. During the three exercise conditions, rest (R), 50w and 100w it was observed: a)  $PAR - R = 50 = 100$  (GI); b) MP, PAR, WP, SV, SAR -  $R\#50\#100$  (GI); c) HR, PAR and SAR -  $R\#50\#100$  (GII). There was no correlation between the cardiac function (CI, SV) and the circulatory adjustment (PAR and SAR) or the pressure curve (SP, DP, MP) and HR.

**Conclusion** - The results suggest that the cardiac function of GI patients depends, mainly, on the inotropism, while in GII patients it depends on the decrease of the afterload (PAR and SAR). Those changes may appear even in the late exercise stage (100w), with a bias to attain the GI levels. Those observations suggest functional changes in vasomotor tone of GII patients.

**Key- words:** arterial hypertension, hemodynamic, exercise.

Arq Bras Cardiol, volume 60, n° 6, 395-398, 1993

Instituto do Coração do Hospital das Clínicas - FMUSP

Correspondência: Sérgio Ferreira de Oliveira - InCor

Av. Enéas C. Aguiar, 44 - CEP 05403-000 - São Paulo, SP

Recebido para Publicação em 10/12/92

Aceito em 2/2/93

A pressão arterial é expressa pelo produto do valor do débito cardíaco (DC) pela resistência vascular sistêmica (RVS) sendo  $PA = DC \times RVS$ <sup>1,2</sup>. O comportamento do DC em repouso em pacientes hipertensos tem sido estudado, relacionando-se sua elevação secundária ao aumento da frequência cardíaca (FC) e ao do tônus simpático<sup>3</sup>.

Com o decorrer do tempo de evolução da hiperten-

são arterial (HAS) o valor do DC diminuiria enquanto que o da RVS aumentaria<sup>4</sup>. Posteriormente, estudos durante o exercício mostraram a redução dos valores iniciais da RVS após o exercício, sugerindo a participação de componente funcional dependente da ação do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o tônus da parede vascular<sup>5</sup>. Com o agravamento da hipertensão, esse padrão de RVS eleva-se durante o esforço, sugerindo possível presença de alterações anatômicas na parede dos vasos<sup>6,7</sup>. Entretanto, existem poucos estudos<sup>8</sup> de exercício analisando pacientes hipertensos com função cardíaca de repouso normal e deprimida que representariam estágios evolutivos distintos da HAS.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o padrão de resposta da função ventricular, que representaria fases evolutivas da HAS e a adaptação circulatória nos diferentes estágios do exercício físico.

### Métodos

Foram estudados 29 pacientes portadores de HAS<sup>2</sup>, sendo 13 do sexo masculino e 16 do feminino; 18 brancos, 10 pretos e 1 mulato, com idade variando de 33 a 67 (média 49) anos. O tempo de evolução da doença, segundo a informação dos pacientes, foi de 2 meses a 15 anos (tab. I). Os pacientes foram selecionados segundo os seguintes critérios: não ingestão de drogas anti-hipertensivas, PA diastólica entre 100 e 120mmHg, durante 4 semanas sem medicação e com avaliação clínica semanal, ausência de sinais ou sintomas de ICC, ausência de disfunções orgânicas ou doenças degenerativas, não apresentar outras cardiopatias associadas. Todos os pacientes foram informados sobre os objetivos do estudo e somente foram incluídos após consentimento do paciente, segundo normas da OMS e CBDM<sup>9</sup>. Todos os pacientes foram submetidos a esforço físico em posição supina, utilizando-se o cicloergômetro Funbec em cargas de 50 e 100w/s, a 60rpm durando cada estágio 3min e seguindo-se das medidas hemodinâmicas.

O estudo hemodinâmico foi realizado em repouso e exercício com a utilização do cateter de Swan-Ganz (93A-118-7F). O ponto zero de pressão foi estabelecido com a linha médio-torácica. Foram analisados os seguintes parâmetros hemodinâmicos: a) frequência cardíaca (FC); b) pressão média de átrio direito (PAD); c) pressão

média em artéria pulmonar (AP), capilar pulmonar (CP) e pressão arterial sistólica (PS), diastólica (PD) e média (PA) em mmHg (tab. II). A medida do débito cardíaco (DC) foi efetuada em 3 medidas pelo método de diluição de corante (cardiogreen 5mg) e considerada a média das três<sup>11</sup>. As medidas tríplexes foram usadas para evitar erros maiores que 5% entre elas. Os dados calculados foram: índice cardíaco (IC) = DC/superfície corpórea 1/min/m<sup>2</sup>, índice sistólico (IS) = IC/FC em ml/m<sup>2</sup>; resistência vascular sistêmica (RVS) = (PA-AD) 80/DC; resistência pulmonar total (RAP) - (PAD - PDAP) 80/ DC, sendo 80 o fator de

Tabela II - Ablação de vias acessórias com cheques de baixa energia.

Posição	Choques/ paciente	Sessões/ paciente	Energia/ paciente
VA LE*	5±4 <sup>1</sup>	1,1±0,4 <sup>2</sup>	110±147 <sup>3</sup> J
YA PS*	10±6	1,6±0,7	263±197 J
VA AS	12±14	2,4±1,3	288±388 J
VA LD	13±6	2,5±0,7	227±10 J

VA = Via acessória; LE= lateral esquerda; PS= póstero-septal; AS= ântero-septal; LD= lateral direita; J= joules; \* I-p= 0,018; 2-p=0,025; 3-p= 0,017.

Tabela II- Médias e desvios-padrão das variáveis hemodinâmicas

Variável	Grupo	Basal	50w	100w
FC	I	82,5 ± 13,9	116,08 ± 13,08*	145,5 ± 19,84**
	II	75 ± 9,72	111 ± 15,40*	149,9 ± 21,70**
PAD	I	3,18 ± 2,09	4,5 ± 2,90*	4,47 ± 3,61
	II	4,25 ± 3,49	6,5 ± 3,92*	-
PCP	I	7,29 ± 3,75	13,59 ± 6,94*	13,12 ± 8,64
	II	8,5 ± 3,75	23,17 ± 15,36*	18,64 ± 7,30
PS	I	171,76 ± 15,99	207,24 ± 26,97*	219,53 ± 32,81
	II	189,75 ± 32,53	228,67 ± 40,84*	239,08 ± 37,37
PD	I	106,35 ± 7,11	127,52 ± 11,34*	127,82 ± 17,47
	II	113,08 ± 15,70	131,75 ± 2 4,78*	134,17 ± 23,04
PA	I	132,53 ± 9,18	162,35 ± 17,32*	165,88 ± 20,72
	II	143,75 ± 22,99	173,50 ± 34,46*	177,75 ± 23,04

Diferença não significativa entre grupos. \* Diferença significativa entre condição basal e 50w (p<0,05); \*\* Diferença significativa entre 50w e 100w (p<0,05)

Tabela III - Médias e desvios-padrão das variáveis da função cardíaca e resistências arteriais

Variável	Grupo	Basal	50w	100w
IS*	I	41,38 ± 14,48	48,04 ± 10,42**	43,62 ± 10,27
	II	26,83 ± 3,27	36,15 ± 9,75**	34,5 ± 10,06
IC*	I	3,41 ± 0,88	5,61 ± 1,01**	6,34 ± 1,39
	II	2,01 ± 0,26	4,01 ± 0,10**	5,17 ± 1,55
RVS*	I	3263,6 ± 934,9	2359 ± 576,4**	2192 ± 761,6
	II	5700,2 ± 441,5	3445,3 ± 880,1**	2895 ± 1005,2***
RAP*	I	118,47 ± 61,83	106,88 ± 40,90	87,94 ± 65,45
	II	221,2 ± 74,4	158,3 ± 72,4**	108,2 ± 73,7***

\* Comportamento diferente entre grupos (p <0,05); \*\* comportamento diferente entre basal e 50w (p<0,05); \*\*\* comportamento diferente entre 50w e 100w (p <0,05)

conversão de mmHg x min/l para dynes x s/cm<sup>5-11</sup>.

Os pacientes foram divididos em 2 grupos quanto ao IC de repouso: grupo I (GI): IC >2,5 1/min/m<sup>2</sup>; grupo II (GII): IC <2,5 1/min/m<sup>2</sup>, com o objetivo de estudar o comportamento de cada variável, em ambos os grupos, em diferentes estágios do exercício basal 50 e 100 w/s e verificar as relações e as variações conjuntas entre a função

Tabela I - Ablação de vias acessórias com choques de baixa energia.

	VA LE (%)	VA PS (%)	VA AS (%)	VA LD (%)
Sucesso	18/22 (82)*	6/11 (54)	3/5 (60%)	1/2 (50%)
1ª sessão	15/22 (68)	3/11 (27)	2/5 (40%)	0/2 (00%)
2ª sessão	03/03 (100)	3/5 (60)	0/3 (00%)	1/2 (50%)
3ª sessão		0/2 (00)	1/3 (33%)	0/1 (00%)
4ª sessão			0/1 (00%)	

VA= via acessória; LE= lateral esquerda; PS= póstero-septal; AS= ântero-septal; LD= lateral direita; \* p 0,10814; tempo médio de seguimento - 9,5 a 4 meses.

ventricular (IC e IS) e a adaptação da circulação ao exercício (RAP e RVS) e a curva de pressão arterial.

Para se avaliar o comportamento de cada variável nos dois grupos, levando-se em consideração

nos dois grupos, levando-se em consideração a condição basal e exercício, foram ajustados modelos lineares; três hipóteses básicas foram testadas: HO1: hipótese de paralelismo através da qual verificamos se existe interação entre grupo e a condição observada; HO2: hipótese de igualdade de grupos através da qual verificamos se o comportamento dos grupos é idêntico; HO3: hipótese de igualdade de condições através da qual verificamos se o comportamento da variável em estudo não difere nas condições em que é observada. A esse conjunto de hipóteses denominamos análise de perfil (tab. II e III)<sup>12</sup>.

Na busca de verificar eventuais relações entre função cardíaca (IC, IS) e adaptação circulatória (RVS e RAP), curva de pressão e FC adotou-se o modelo multivariado<sup>12</sup>. Todos os cálculos foram feitos, utilizando-se o procedimento REG do "software" estatístico SAS (Statistical Analysis System)<sup>13</sup>.

## Resultados

Pertenciam ao grupo I, 17 pacientes e ao grupo II, 13. As características quanto à idade, sexo, tempo de evolução da HAS e eletrocardiograma estão expressas na tabela I. Nota-se o tempo de evolução bem mais prolongado nos pacientes do grupo II com disfunção ventricular presente.

As alterações das variáveis hemodinâmicas FC, PAD, PCP, PS, PD, PA do grupo I e II estão expressas na tabela II e figura 1. As alterações do IS, IC, RAP e RVS estão relacionados na tabela III e figura 2. Houve comportamento idêntico entre os grupos I e II em relação às variáveis PAM, PAD, PCP e FC (fig. 1) e diferente em relação às variáveis IS, RAP e RVS (fig. 2). Quanto ao comportamento das variáveis nas três condições (repouso, 50 e 100w/s) verificou-se (tab. II e III); a) comportamento idêntico nas 3 condições (R=50=100), RAP (GI); b) comportamento idêntico nas duas condições de exercício e diferença significativa em relação ao repouso (R # 50 = 100) para PD, PA, PAD, PCP, IS, RVS (GI); c) comportamento diferente nas três condições (R # 50 # 100) PS, FC, RAP (GII) e RVS (GII). Não se observou correlação entre função cardíaca (IC, IS) e adaptação circulatória e curva de pressão, além da FC.

## Discussão

A análise individual, em relação à função cardíaca, mostrou que o índice sistólico (IS) aumentou em 11 pacientes do grupo I, diminuiu em três e não se alterou em três. Em 10 casos de ambos os grupos não houve au-

mento do IS; quatro desses apresentaram elevação da RVS e baixa resposta cronotrópica (FC), sugerindo a presença de alteração estrutural da parede vascular e de baro-receptores influenciando na resposta inotrópica. Em um, a não elevação do IS deveu-se à diminuição da pressão de enchimento pois, observou-se diminuição concomitante da PAD e da PCP. Em cinco casos, a não elevação do IS foi provavelmente secundária ao comprometimento do relaxamento diastólico e de alterações da contratilidade miocárdica, pois, os demais parâmetros hemodinâmicos apresentaram resposta normal ao exercício. Os casos do grupo I que tiveram comportamento anormal do IS poderiam, na realidade, ser pertencentes ao grupo II, pois a medida inicial do IC pode estar superestimada por influência adrenérgica. Não se observou correlação entre função cardíaca (IC, IS) e adaptação circulatória (RVS e RAP) e curva de pressão, além da FC.

Observando o comportamento do IC (fig. 1), notou-se resposta semelhante nos dois grupos até a carga de 50w e melhor desempenho no grupo I em 100w. Possivelmente, esta diferença se deva às alterações de relaxamento diastólico e de contratilidade miocárdica presentes em pacientes do GII, a partir de FC mais elevada.

Houve diminuição da RVS na maioria dos pacientes com aumento concomitante do IC. A elevação do IC em três casos do GII e dois do GI dependeu mais do aumento da FC do que da redução da RVS. No GII (fig. 2) observa-se redução mais acentuada da RVS no primeiro estágio (50w), sugerindo maior participação de componente funcional neste grupo.

A elevação da RAP no GI ocorreu em quatro casos (50w/s) divergindo das demais variáveis que tiveram redução dos valores iniciais<sup>13</sup>. Esta observação sugere que a resistência oferecida pela circulação pulmonar em determinados casos prejudica o desempenho cardíaco inicial. Posteriormente (100w/s) por influência de fatores me-

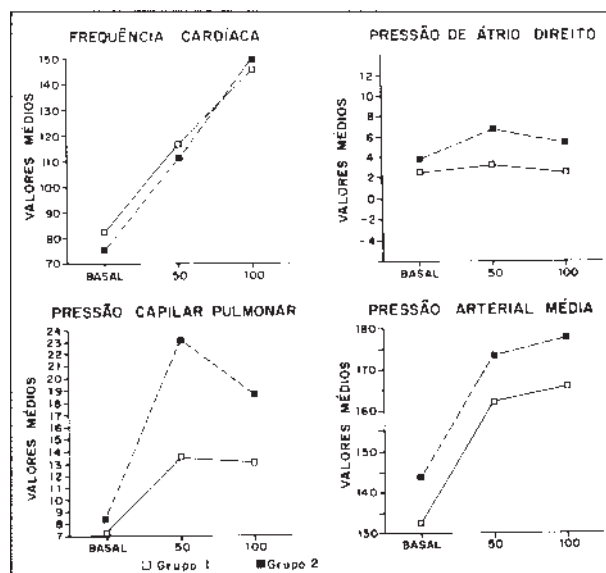


Fig. 1 - Comportamento cronotrópico e variáveis pressóricas, em repouso e exercício.

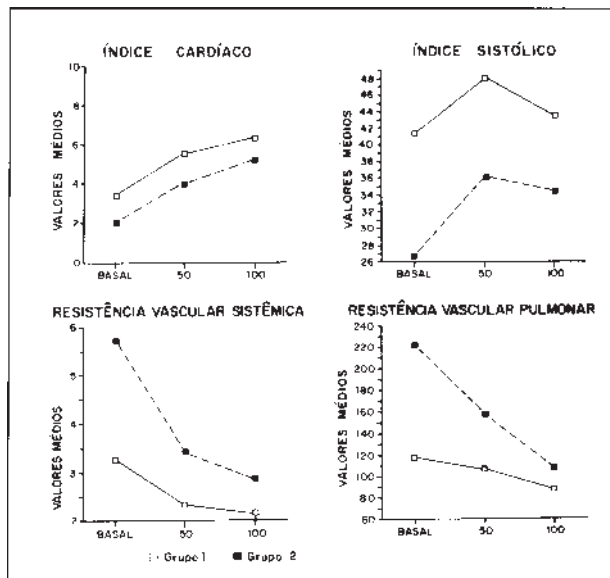


Fig. 2 - Comportamento das variáveis de função de bomba e de resistência, em repouso e exercício.

cânicos (pressão venosa, fluxo e volume sanguíneos pulmonares, pressões alveolar e intratorácica, edema pericapilar) e neurais (sistema nervoso autônomo, quimio-receptores intravasculares, neuro-regulação da ventilação), há diminuição da resistência pulmonar, aliviando o trabalho do ventrículo direito<sup>11</sup>. A RAP no grupo II (fig. 2) mostra a convergência de valores em carga de 100w, sugerindo que a adaptação circulatória, sob influência dos mecanismos acima descritos seja mais lenta do que a da RVS.

Em repouso, a FC, na maioria dos pacientes, apresentou valores médios superiores aos dos grupos controles estudados por Frohlich e col<sup>14</sup> e Tarazzi e col<sup>15</sup>, por aumento provável do tônus simpático na fase de expectativa ao exercício<sup>16</sup>. Porém, em dois casos, a FC era baixa por possível influência do tônus vagal. Durante o exercício, a resposta cronotrópica foi normal na maioria dos pacientes e diminuída em 7; esse comportamento talvez se deva à participação de mecanismo reflexo de baro-receptores<sup>17</sup>.

O aumento da PCP ocorreu na maioria dos pacientes, com diminuição em apenas 5 casos. Em três casos houve redução simultânea da PAD sugerindo aumento da capacitância venosa. Não houve diferença de comportamento da PCP nos dois grupos. O registro de médias com grande desvio-padrão pode ser secundário a dificuldades técnicas na impactação do cateter durante o exercício. O comportamento da maioria dos pacientes caracterizou-se pelo aumento concomitante de PAD, IC, IS e PCP e diminuição da RVS e RAP, mostrando a sua dependência em relação ao aumento do inotropismo e diminuição da pós-carga.

Concluindo, houve comportamento idêntico entre os grupos I e II, em relação às variáveis PS, PD, PA, PAD, PCP, FC, e diferente, em relação às variáveis IS, RAP, RVS. Essas observações sugerem que o GII representa estágio

evolutivo do GI, dependendo mais das variações da pós-carga (RVS e RAP) do que do inotropismo. Observou-se também; a) comportamento idêntico nas três condições (R=50=100) RAP (GI); b) comportamento idêntico nas duas condições de exercício e diferença significativa em relação à de repouso (R#50=100), PD, PA, PAD, PCP, IS, RVS (GI); c) comportamento diferente nas três condições (R#50 #100), PS, FC, RAP (GII) e RVS (GII). Estes resultados sugerem que a adaptação circulatória nos pacientes do GII seja mais tardia e com tendência a aproximar-se a do GI, devido à redução do tônus da parede vascular.

Da análise das relações entre as variáveis, conclui-se que não há qualquer relação entre as variáveis de função cardíaca (IC e IS) e o ajuste circulatório (RVS e RAP) e as variáveis de curva de pressão (PS, PD, e PA) ou FC.

## Referências

- Frohlich ED - Hemodynamics of hypertension. In: Genest J, Koiv E, Kuchel O. (ed.) Hypertension: Physiopathology and Treatment. New York, Mac GrawHill, 1977; p 15.
- Pickering GW - Hypertension. Definitions, natural histories and consequences. Am J Med. 1972; 52: 570.
- Widinsky J, Jandova R, Ressler J - Hemodynamics studies in juveniles hypertensives at rest and during supine exercise. Eur Heart J. 1981; 2: 307-15.
- Lund-Johansen P - Hemodynamics in early essential hypertension. Acta Med Scand, 1968; 482: 1-105.
- Ramires JAF, Rati M, Lage SHG, Galiano N, Garcia D, Bellotti G, Pileggi F - Análise dos mecanismos reguladores do débito cardíaco na hipertensão arterial leve. Estudo em repouso e exercício. Arq Bras Cardiol, 1982; 39(supl 1): 125.
- Conway J - A vascular abnormality in hypertension. A study of blood flow in the forearm. Circulation, 1963; 27: 520.
- Conway J - Hemodynamic aspects of essential hypertension in humans. Physiol Rev, 1984; 64: 617-59.
- Oliveira SF - Hemodinâmica em hipertensão arterial - Análise das funções cardíaca e sistêmica nas diferentes fases do exercício. Tese de Doutorado - Faculdade de Medicina da USP, 1985.
- Código Brasileiro de Deontologia Médica. Resolução nº 1.154/84 do Conselho Federal de Medicina, Jornal do CREMESP (separata), 1984.
- Frohlich ED, Kozul VI, Tarazi RC, Dustan HP - Physiological comparison of habit and essential hypertension. Circ Res, 1970; 26: 1-55.
- Grossman W - Cardiac Catheterization and Angiocardiography. Philadelphia, Lea Fabiger. 1974; p 61-84.
- Timm NH - Multivariate Analysis with Applications in Education and Psychology. Monterey, Brooks Cole, 1975.
- SAS Institute Inc SAS User's Guide. Statistics, 1982. Edition Cory NC, SAS Institute, Inc. 1982.
- Frohlich ED, Tarazi RC, Dustan HP - Clinical physiological correlations in the development of hypertensive disease. Circulation, 1971; 44: 446.
- Tarazi RC, Ibrahim MM, Dustan HP, Ferrario CM - Cardiac factors in hypertensives. Circ Res, 1974; 34 (suppl): 1-213.
- Sonnenblick EH, Lesch M - Exercise and Heart Disease. New York, London, S. Francisco, Grune Stratton, 1977; p 1-77.
- Krieger EM, Salgado HC, Michelini LC - Resetting of the baroreceptors. Physiol Rev, 1982; 26: 119.
- Lage SHG; Ramires JAF, Bellotti G, Rati M, Lima JGG, Tranchesi Jr B, Pileggi F - Análise do comportamento hemodinâmico da circulação pulmonar durante o exercício na hipertensão arterial leve. Arq Bras Cardiol, 1983; 41(supl 1): 85.