

Estudo da influência do número de ciclos por projecção no cálculo da fracção de ejeção ventricular esquerda em estudos Gated-SPECT

Lina Vieira^{1,3}, Diogo Faria², Joana Patrino², Cátia Nunes², Diogo Sousa², Líliliana Ribeiro², Pedro Almeida³, Durval Campos Costa²

1. Área Científica de Medicina Nuclear, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. lina.vieira@estesl.ipl.pt

2. HPP Medicina Molecular, SA.

3. Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

RESUMO: **Introdução** - Gated-Single Photon Emission Computed Tomography (Gated-SPECT) do miocárdio usa-se cada vez mais na avaliação conjunta da perfusão do miocárdio e da função ventricular esquerda. O objectivo deste estudo é analisar a possível interferência do número de ciclos cardíacos (ciclos/projecção) e contagens totais por aquisição no cálculo da FEVE (fracção de ejeção do ventrículo esquerdo). **Material e métodos** - Foram incluídos 35 indivíduos a quem foram realizados estudos Gated-SPECT do miocárdio por indicação clínica. Em todos os pacientes foram adquiridos dois estudos em esforço: um com 25 ciclos/ projecção (ES-25) e outro com 50 ciclos/ projecção (ES-50), e dois estudos em repouso: um com 25 ciclos/projecção (ER-25) e outro com 12 ciclos/projecção (ER-12). Os valores da FEVE obtidos nos diferentes estudos foram tratados estatisticamente com o recurso à versão 14 SPSS. **Resultados** - Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os valores de FEVE ES-25 e ES-50 ($p=0.504$) nem entre os valores de FEVE ER-25 e ER-12 ($p=0.243$). **Conclusão** - No caso da nossa amostra, o número de ciclos/projecção e conseqüentemente as contagens totais por aquisição não parecem ter influência de forma significativa no cálculo da FEVE%, nem em repouso nem após esforço.

Palavras-chave: Gated-SPECT, fracção de ejeção ventricular esquerda, volume telediastólico, volume telesistólico.

Study of the influence of cycles/frame numbers in LVFE (left ventricular function ejection) in Gated-SPECT studies

ABSTRACT: **Introduction** - Gated-Single Photon Emission Computed Tomography (Gated-SPECT) is being increasingly used for the simultaneous evaluation of myocardial perfusion and left ventricular function, at rest and under stress. The aim of this study is to investigate the influence of the number of cardiac cycles (cycles/frame) and total counts per acquisition in the calculation of LVEF (left ventricular ejection fraction). **Material and methods** - from our pool of routine clinical referrals for Gated-SPECT we studied 35 individuals (last of each day) twice after stress and twice at rest, following a one day stress-rest protocol. The two studies under stress were obtained with 25 cycles/frame (S-25) one of them and the other with 50 cycles/frame (S-50), whilst at rest one was performed with 25 cycles/frame (R-25) and the other with 12 cycles/frame (R-12). The statistical analysis was carried out with SPSS version-14. **Results** - There were no statistically significant differences between LVEF values under stress (S-25 versus S-50; $p=0.504$). There was also no statistically significant difference between the LVEF values calculated at rest (R-25 versus R-12; $p=0.243$). **Conclusion** - In our patient sample, the number of cycles/frame and total counts per acquisition did not interfere significantly in the calculation of LVEF either under stress or at rest, using Gated-SPECT.

Keywords: Gated-SPECT, left ventricular function ejection (LVFE), end-diastolic volume, end-systolic volume.

Introdução

Gated-SPECT do miocárdio é uma técnica de imagem que recorre ao uso de radiofármacos (como são exemplos: o Cloreto de Tálcio (^{201}Tl), o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -isonitrilos ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI) ou o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmina), para avaliar a distribuição do fluxo sanguíneo nutricional no músculo cardíaco e a viabilidade funcional dos miócitos¹. Caracteriza-se pela aquisição de projecções planares do fluxo sanguíneo no miocárdio em intervalos angulares igualmente espaçados e em sincronismo com o sinal electrocardiográfico a partir do "gatilho" inicial que é a onda R do complexo QRS²⁻³.

O Gated-SPECT do miocárdio diagnostica isquémia do miocárdio e aplica-se em: avaliação diagnóstica de doentes com factores de risco coronários; estratificação de risco após enfarte ou pré-cirurgia; monitorização terapêutica após revascularização coronária³.

As vantagens destes estudos são que combinam as características dos estudos de SPECT do miocárdio para avaliar a perfusão do miocárdio, a outros parâmetros mais quantitativos da função cardíaca, tais como: fracção de ejeção ventricular esquerda (FEVE), volume Telediastólico (VTD), volume Telesistólico (VTS) e quantificação do movimento e espessamento sistólico do miocárdio do ventrículo esquerdo³⁻⁴.

A realização prática desta técnica de imagem consiste em "duas etapas": uma em Esforço e a outra em Repouso. Isto porque, partindo do fundamento teórico, de que o coração é o órgão aeróbio que apresenta as maiores necessidades de oxigénio e que o débito cardíaco é a determinante para essas mesmas necessidades⁵, facilmente se compreende que o aumento do metabolismo cardíaco em conjugação com o uso de agentes de perfusão permite demonstrar anormalidades ao nível da perfusão do miocárdio, bem como na avaliação funcional da FEVE, e na determinação dos volumes VTD e VTS do miocárdio.

O aumento do débito cardíaco, referido anteriormente, poderá ser realizado recorrendo a duas modalidades de Esforço: esforço físico e/ou esforço farmacológico.

Por seu lado, o estudo Gated-SPECT do miocárdio em Repouso, tal como o nome indica, implica a simples administração do radiofármaco em repouso e posterior aquisição de imagens.

Quanto aos protocolos de aquisição destes estudos, eles poderão ser variados. Podem recorrer ao uso de diferentes radiofármacos, tanto o Cloreto de Tálcio (^{201}Tl), como o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -isonitrilos ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI) ou o $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmina. Podem ser protocolos de um dia se os estudos Esforço/Repouso ou Repouso/Esforço são realizados no mesmo dia, ou protocolo de dois dias se o estudo de Esforço e o estudo de Repouso são realizados em dias diferentes⁴. As projecções dos referidos estudos podem ser adquiridas em tempos fixos (n° de segundos/projecção) ou em número de ciclos cardíacos pré-definidos (n° de ciclos cardíacos/projecção). As orientações ("Guidelines") da European Association of Nuclear Medicine (2005)⁶ não são específicas na escolha do melhor método de aquisição em tempo ou número de ciclos cardíacos por projecção³, por falta de evidência sobre a

superioridade de um método em relação ao outro. No presente estudo, e tendo por base o protocolo de rotina clínica da instituição onde foi realizado, este trabalho reporta estudos adquiridos com pré-definição do número de ciclos cardíacos por projecção⁷.

Numerosos estudos^{2,8-14} têm sido desenvolvidos para validar o uso do estudo Gated-SPECT do miocárdio. Neste âmbito e segundo vários autores¹²⁻¹⁴, já foram desenvolvidos vários estudos de validação que demonstraram existir um acordo entre o cálculo das fracções de ejeção ventriculares determinadas pela técnica de imagem Gated-SPECT do miocárdio, Angiografia de Radionuclídeos de Equilíbrio, Angiografia de Radionuclídeos de Primeira Passagem e a Ecocardiografia.

No entanto continuam a persistir algumas dificuldades: nas *American Society of Nuclear Cardiology Imaging Guidelines for SPECT*⁴ é considerado que a optimização de protocolos é uma área ainda não completamente definida, i.e. "*Optimizing protocols for which both stress and rest gated data are acquired remains an area of investigation*" (p.91).

Os protocolos padrão dos estudos Gated-SPECT do miocárdio requerem tempos longos de aquisição por estudo, em média de 20 minutos^{3-4,12}. Por outro lado, a posição especial dos membros superiores (em elevação acima da cabeça) para evitar artefactos de reconstrução e aproximar os detectores tanto mais quanto possível da fonte de sinal – o miocárdio – é incómoda para os pacientes, e pode frequentemente introduzir outro tipo de artefactos, de movimento⁴ durante a aquisição. É importante reduzir o mais possível a duração total do período de aquisição. Porém, sabe-se que esta redução temporal provoca diminuição das contagens (mantendo a dose de radiofármaco administrada em níveis aceitáveis, de acordo com ALARA – do acrónimo inglês *As Low As Reasonably Achievable*) por secção de aquisição e levanta dúvidas quanto à validade dos valores de FEVE calculados.

O objectivo fundamental deste estudo consiste em analisar a possível interferência do n° de ciclos cardíacos/projecção) e concomitantemente das contagens totais por aquisição, no cálculo da FEVE%, quer em repouso, quer após esforço físico e/ou sobrecarga farmacológica.

Pretende-se com este estudo contribuir para a melhoria da colaboração dos pacientes, diminuindo o tempo de aquisição sem comprometer os resultados dos estudos Gated-SPECT do miocárdio, em especial nos parâmetros de quantificação da função cardíaca através da FEVE%.

Material e Métodos

Foram incluídos neste estudo trinta e cinco pacientes (9 de sexo feminino e 26 de sexo masculino), com idades compreendidas entre os 33 e os 86 anos, referidos por razões clínicas para Gated-SPECT do miocárdio. Todos os pacientes referenciados realizaram em primeiro lugar o estudo de esforço físico e/ou sobrecarga farmacológica e mais tarde, no mesmo dia o estudo em repouso (protocolo de um dia).

Os critérios de exclusão absoluta foram:

a) *Pacientes com fibrilhação auricular (FA)*, porque a validade de informação obtida com o Gated-SPECT do miocárdio depende do batimento regular e do sincronismo com o sinal electrocardiográfico. Uma taxa de batimentos cardíacos irregulares resulta numa perda de dados durante a aquisição do estudo e pode conduzir a erros de cálculo da FEVE^{3,15};

b) *Pacientes que iniciaram o protocolo pelo estudo em repouso.*

Todos os pacientes foram submetidos a dois estudos após esforço: um com 25 ciclos/projecção (ES-25) – estudo padrão⁷ e outro com 50 ciclos/projecção (ES-50), e dois estudos em repouso: um com 25 ciclos/projecção (ER-25) – estudo padrão⁷ e outro com 12 ciclos/projecção (ER-12). Isto porque o estudo em repouso, sendo o segundo do dia, permite uma maior taxa de contagens (dose maior administrada para colmatar a influência residual da dose administrada para o estudo após esforço físico e/ou sobrecarga farmacológica). Assim, os estudos ES-25 e ER-12 possuem taxas de contagens semelhantes, respectivamente às dos estudos ER-50 e ES-25.

Gated-SPECT

Protocolo de Aquisição

Nos estudos Gated-SPECT do miocárdio, após a prova de esforço, fosse ela física e/ou de sobrecarga farmacológica, cada paciente recebeu por via endovenosa aproximadamente 370 MBq do radiofármaco (^{99m}Tc-Tetrofosmina). O estudo ES-25 foi iniciado entre 30 a 60 minutos, após a injeção em esforço realizando-se o estudo ES-50 imediatamente a seguir ao estudo ES-25.

Os estudos Gated-SPECT do miocárdio, em repouso foram realizados cerca de 3 a 4 horas após a realização da prova de esforço. A actividade administrada foi em média 3 vezes superior à actividade administrada para o estudo de esforço. A aquisição do ER-25 realizou-se entre 30 a 60 minutos após a 2ª injeção de radiofármaco (em repouso). O ER-12 teve lugar imediatamente a seguir ao fim de ER-25. Para realizar a aquisição dos diferentes estudos: ES-25, ES-50, ER-25 e ER-12, recorreu-se a uma Câmara-Gama com dois detectores (modelo Millennium MG, GE Healthcare, Milwaukee, USA) em geometria posicional de 90°, equipados com colimadores de baixa energia e alta resolução; rotação de 180°; órbita em modo circular *step-and-shoot* (com início em Oblíqua Anterior Direita e fim em Oblíqua Posterior Esquerda); 72 projecções (36 por detector); com um número de ciclos cardíacos por projecção variável consoante o estudo (50, 25 ou 12 ciclos/projecção); 8 imagens/ciclo cardíaco; janela de aceitação de intervalos RR de 20%; matriz 64*64; pico de energia de 140 keV; janela de energia de 20%; *off set* 3% descentrada no sentido das altas energias^{4,7}.

Protocolo de Processamento

Para avaliação qualitativa das imagens os estudos

Gated-SPECT do miocárdio foram reconstruídos usando retroprojecção filtrada e o filtro Butterworth* com uma frequência de corte de 0.3, ordem 10, sem correcção para atenuação⁷. Todos os estudos foram apresentados nos cortes oblíquos habituais, pelo que os cortes transaxiais iniciais foram reorientados de acordo com o eixo longo do ventrículo esquerdo (VE)¹⁵.

Usou-se posteriormente o software *Quantitative Gated SPECT/Quantitative Perfusion SPECT* (QGS/QPS - Cedars-Sinai Medical Center) para calcular em cada estudo, a FEVE, e os volumes VTD e VTS a partir dos dados adquiridos em forma tridimensional.

Este cálculo consiste na circunscrição dos limites do endocárdio e do epicárdio do VE, tendo em conta as modificações de contractilidade do miocárdio durante o estudo. Uma vez determinados estes limites, a área definida entre a extremidade do endocárdio e a válvula mitral representa a cavidade do VE. A área definida entre endocárdio, epicárdio e válvula mitral representa o miocárdio do VE. O volume do VE é determinado pelo produto do número de pixels da cavidade do VE pelo tamanho do *pixel*†. O maior e o menor volume do VE encontrado representa o volume Telediastólico e o volume Telesistólico respectivamente. A FEVE deriva da fórmula (VTD-VTS)/VTD³.

Posteriormente foram ainda registados os números de contagens totais presentes em cada estudo.

Análise Estatística

Os valores da FEVE, VTD, VTS e número de contagens, obtidos nos diferentes estudos foram tratados estatisticamente com o recurso ao programa de computador *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS)¹⁶.

Visto estarmos perante duas amostras emparelhadas[†] (ES-50 e ES-25; ER25 e ER12), usou-se o teste t de *Student* para amostras emparelhadas na comparação dos FEVE, VTD e VTS nos estudos ES-50 vs ES-25 e ER-25 vs ER-12. Recorreu-se ainda, a estudos de correlação¹⁷ para analisar a correlação entre o número de contagens totais nos diferentes estudos e o valor da FEVE, VTD e VTS, e ao teste de Bland-Altman para comparação das médias entre os diferentes estudos¹⁸.

Resultados e Discussão

A FEVE é a fracção do volume Telediastólico expulsa pelo VE durante a sístole, i.e. igual ao volume sistólico do VE a dividir pelo volume no fim da diástole ventricular:

* Filtro *Butterworth* - caracteriza-se por diminuir as frequências altas e eliminar o ruído. Este filtro é dado pela seguinte expressão: $w(f) = 1/\sqrt{1 + (f/f_c)^p}$, onde $w(f)$ é a função filtro, f representa as frequências espaciais da imagem, f_c é o máximo de frequência ou frequência crítica do filtro e p é o factor de poder do filtro. O filtro *Butterworth* tem valores de 1 a 0 frequências e diminui até zero.

† *Pixel* – elemento mais pequeno da matriz

‡ E tendo-se verificado a normalidade dos dados através do ajustamento do teste de *Shapiro-Wilk*

Tabela 1: Valores de FEVE%, VTD e VTS determinados nos estudos ES-50, ES-25, ER-25 e ER-12.

Nº Paciente	Avaliação Funcional Gated-SPECT do miocárdio											
	FEVE% ES-50	FEVE% ES-25	FEVE% ER-25	FEVE% ER-12	VTD ES-50	VTD ES-25	VTD ER-25	VTD ER-12	VTS ES-50	VTS ES-25	VTS ER-25	VTS ER-12
1	47%	46%	42%	45%	110	119	133	127	58	65	77	70
2	49%	57%	46%	44%	75	69	66	74	39	30	36	42
3	46%	42%	48%	43%	102	105	113	104	55	61	58	59
4	53%	62%	63%	63%	47	40	40	44	22	15	15	16
5	38%	38%	45%	44%	117	135	153	144	72	83	84	81
6	54%	49%	58%	54%	121	102	89	98	56	52	38	45
7	44%	44%	50%	40%	133	124	112	97	75	69	55	58
8	44%	45%	47%	51%	94	105	103	98	52	58	54	48
9	43%	40%	42%	40%	174	171	188	170	99	102	110	102
10	18%	14%	19%	20%	335	317	308	310	275	272	250	250
11	23%	27%	18%	15%	162	154	193	198	125	112	159	168
12	70%	70%	67%	70%	69	71	57	56	21	22	19	17
13	50%	48%	56%	53%	115	127	118	119	57	65	52	56
14	66%	60%	64%	56%	130	135	131	138	44	54	47	60
15	50%	53%	53%	55%	126	129	136	135	63	61	64	61
16	59%	54%	65%	68%	63	78	73	70	25	36	25	22
17	51%	52%	53%	49%	118	104	129	118	58	50	61	60
18	55%	64%	64%	70%	47	75	62	66	22	27	22	20
19	58%	65%	53%	53%	98	99	106	108	41	35	50	51
20	58%	50%	56%	61%	87	83	85	82	37	41	37	32
21	58%	54%	62%	64%	73	71	71	76	31	32	27	27
22	30%	30%	30%	27%	220	232	208	203	154	163	145	150
23	56%	53%	66%	66%	90	91	86	94	40	42	29	33
24	55%	58%	54%	56%	125	119	128	125	57	50	59	55
25	32%	36%	40%	38%	134	139	125	131	92	89	75	81
26	60%	49%	59%	60%	70	70	63	71	27	36	26	29
27	70%	66%	66%	66%	40	39	39	35	12	13	13	12
28	46%	52%	55%	55%	116	106	102	108	63	51	46	50
29	77%	72%	90%	90%	47	46	34	44	11	13	3	4
30	57%	59%	63%	63%	104	103	95	98	45	43	36	36
31	45%	39%	47%	47%	83	90	74	77	45	55	39	41
32	62%	60%	72%	67%	98	94	88	96	37	38	25	32
33	53%	42%	59%	56%	122	122	106	122	58	71	43	54
34	31%	31%	35%	28%	104	108	97	90	71	74	73	65
35	45%	50%	50%	45%	100	87	94	90	54	43	46	50

$$FEVE = \frac{VTD - VTS}{VTD} \times 100$$

$$FEVE\% = \frac{VTD - VTS}{VTD} \times 100$$

Onde o VTD corresponde ao volume Telediastólico e o VTS corresponde ao volume Telesistólico do VE.

A FEVE pode ser ainda expressa como a percentagem do volume Telediastólico ejetado durante a sístole, pelo que a expressão acima será representada como:

No presente estudo, realizado a 35 pacientes (25,7% de sexo feminino e 74,3% de sexo masculino) foram calculados para cada paciente e para os diferentes estudos os valores de FEVE%, VTD e VTS (c.f. Tabela 1).

Procedeu-se posteriormente à análise dos valores encontrados para a FEVE%, VTD e VTS nos diferentes estudos.

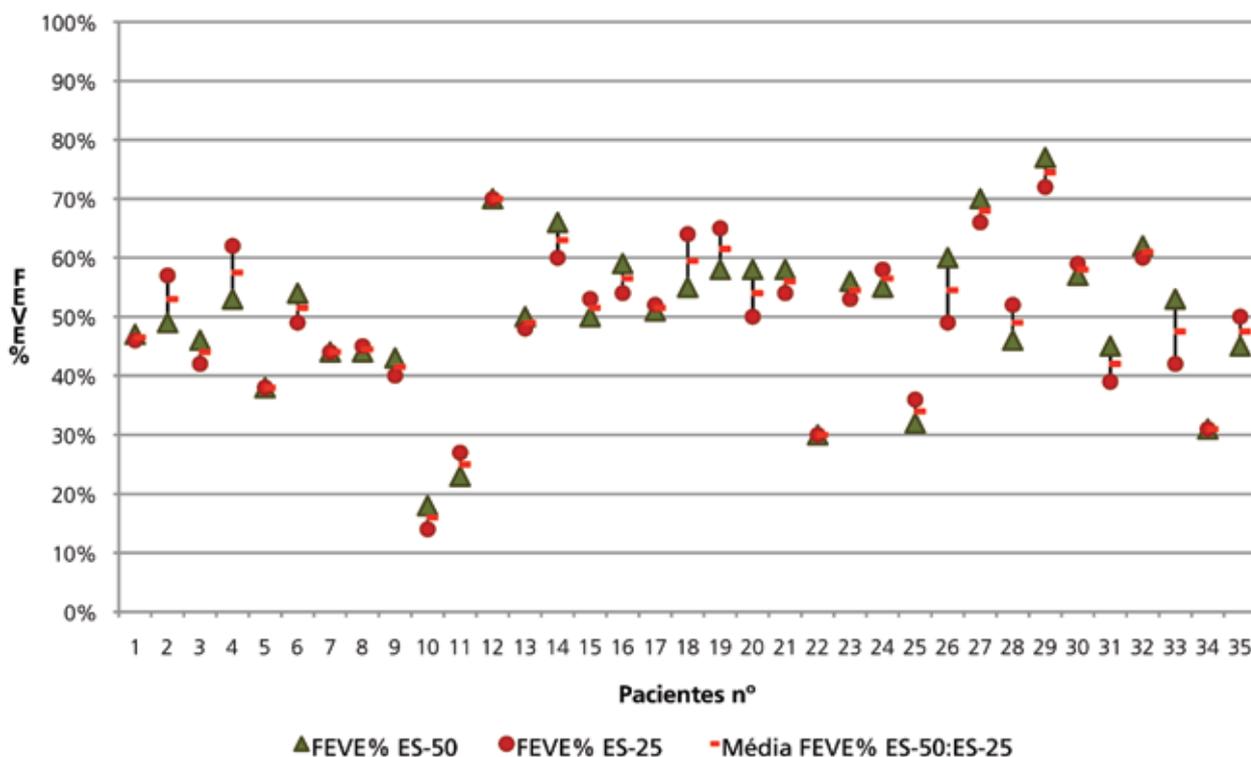


Figura 1: Valor médio da FEVE% nos estudos ES-50 e ES-25 e respectiva diferença entre os valores médios da FEVE% e os valores reais da FEVE% nos estudos ES-50 e ES-25.

A Tabela 1 e a Figura 1, permitem constatar que os valores de FEVE% dos estudos ES-50 e ES-25 são muito aproximados em 21 pacientes, (apresentam diferenças entre si para um mesmo paciente inferiores ou iguais em +/-4 pontos percentuais).

Nos restantes 14 estudos (c.f. Figura 1), apesar das diferenças entre os valores reais da FEVE% nos estudos ES-50 e ES-25 serem superiores a +/-4 pontos percentuais, apenas em 4 estudos atingem valores de diferença de 10 a 12 pontos percentuais, (pacientes nº: 4, 18, 26 e 33).

No paciente nº 18, considera-se que a diferença registada entre o valor de FEVE% nos estudos ES-25 e ES-50 se deve a um problema com o estudo ES-50. Neste estudo, não foram registadas quaisquer contagens nas imagens nº 6, 7 e 8 do ciclo cardíaco. Tal facto, poderá estar relacionado com uma preparação inadequada da pele no local onde foram colocados os eléctrodos, ou com algum movimento involuntário ou voluntário que o paciente tenha feito durante a aquisição do estudo¹⁵, e que tenha levado à perda de contacto com o sinal do electrocardiograma. Pensa-se contudo, que não deverá estar relacionado com o número de ciclos cardíacos rejeitados por arritmias que tenham ocorrido durante a realização do estudo, (c.f. Material e Métodos, Protocolo de Aquisição). Isto porque, no referido estudo foram aceites 1758 ciclos cardíacos e só 33 ciclos cardíacos foram rejeitados.

Nos pacientes nº 4, 26 e 33 considera-se que as diferenças registadas poderão estar relacionadas com problemas de sincronismo com o sinal do electrocardiograma durante a

Tabela 2: Teste t de *Student* na análise de duas amostras emparelhadas ES-25 e ES-50.

	Média	Desvio Padrão	Valor de p
FEVE ES-25	-0,0060	0,05254	0,504
FEVE ES-50			

Tabela 3: Teste t de *Student* na análise das duas amostras emparelhadas ES-25 e ES-12.

	Média	Desvio Padrão	Valor de p
FEVE ES-25	0,00735	0,03604	0,243
FEVE ES-12			

aquisição dos estudos. O Gated-SPECT do miocárdio requer a estabilidade e consistência do ritmo cardíaco, e o que aconteceu nestes pacientes foi que constatamos um aumento de registo de ciclos cardíacos rejeitados durante a realização dos estudos (uma média de 20% de ciclos cardíacos rejeitados do total do número de ciclos cardíacos adquiridos). Embora seja aceitável¹⁵ que a(s) última(s) imagem(ns) do ciclo cardíaco, contenha(m) menos contagens devido à interferência da variação da respiração na frequência cardíaca, se um grande número de imagens no final dos ciclos cardíacos possuir taxas de contagens baixas devido a arritmias que ocorreram durante a aquisição do estudo, a curva correspondente ao volume da porção diastólica apresenta-se

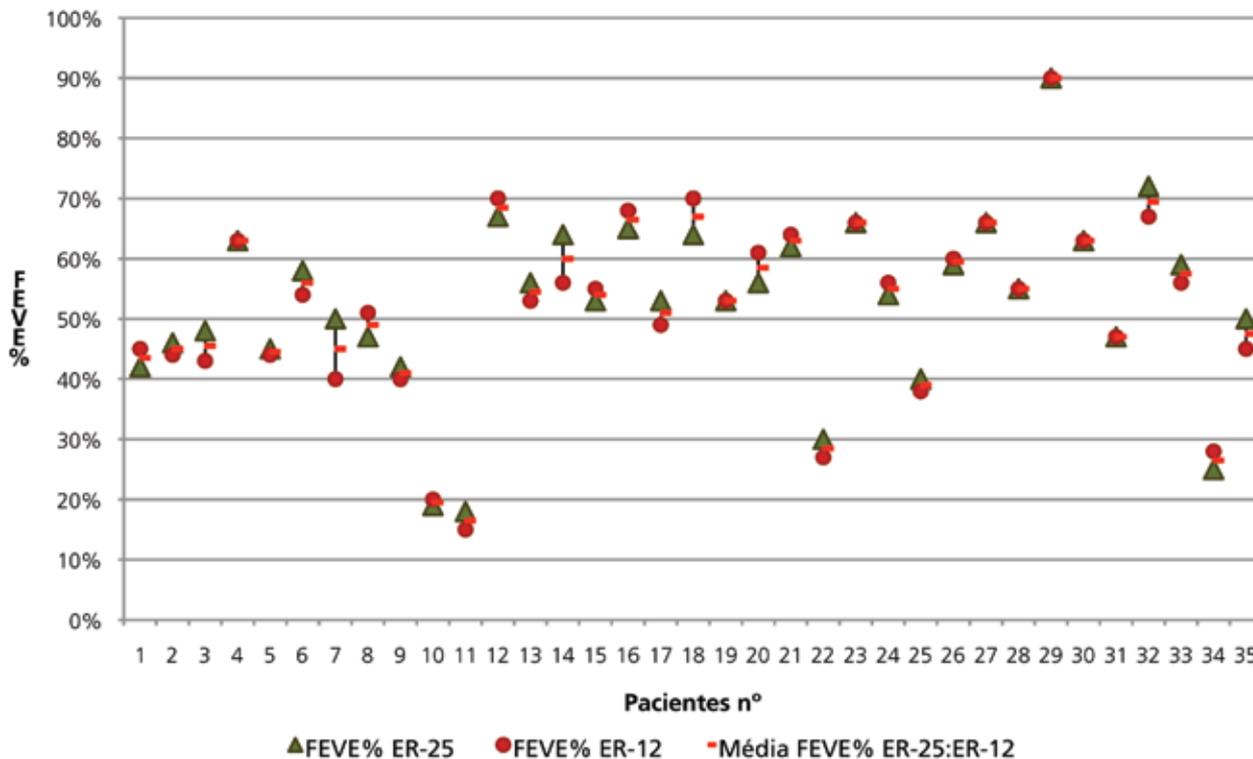


Figura 2: Valor médio da FEVE% nos estudos ER-25 e ER-12 e respectiva diferença entre os valores médios da FEVE% e os valores reais de FEVE% nos estudos ER-25 e ER-12.

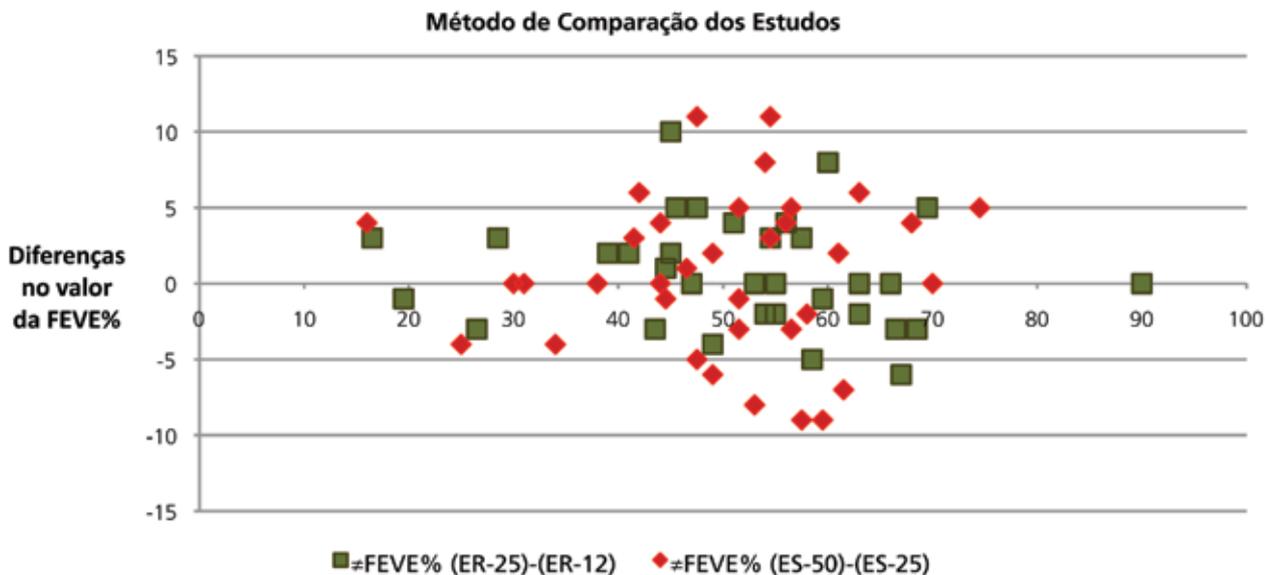


Figura 3: Teste de Bland-Altman, na avaliação das diferenças nos valores da FEVE% nos estudos ES-50 vs ES-25 e ER-25 vs ER-12.

significativamente distorcida (p. 87) e conseqüentemente leva a erros de cálculo no valor de FEVE%.

Relativamente à FEVE%, foram ainda determinadas as médias para o valor da FEVE%, em cada estudo (ES-50 e ES-25). Nesta análise, quando considerados os estudos ES-25, apesar do valor médio da FEVE% (0,4946) ter sido ligeiramente inferior ao valor da mesma quando considerados os estudos ES-50 (0,5006), constata-se pelo teste t de Student, que a diferença encontrada não é estatisticamente

significativa, tendo em conta o valor de p obtido (valor de p 0,504>0,05), (c.f. Tabela 2).

Os valores de FEVE% nos estudos em repouso: ER-25 e ER-12 são muito próximos em 30 pacientes. Apresentam diferenças reais entre si para um mesmo paciente inferiores ou iguais em +/-4 pontos percentuais (c.f. Figura 2).

Nos restantes estudos (5) apesar das diferenças entre os valores reais da FEVE% nos estudos ER-25 e ER-12 serem superiores a +/-4 pontos percentuais, apenas num estudo,

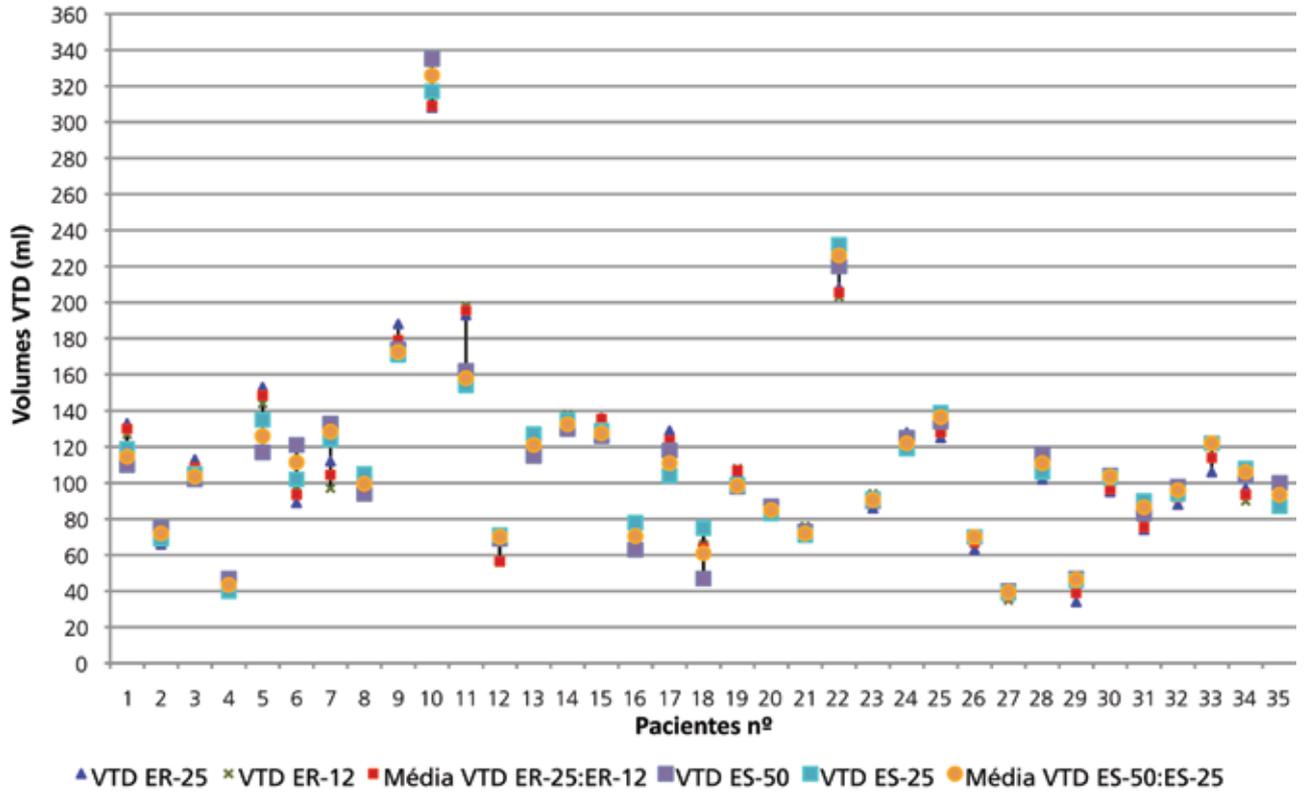


Figura 4: Volumes Telediastólicos determinados nos estudos Gated-SPECT do miocárdio: ES-50 e ES-25, ER-25 e ER-12.

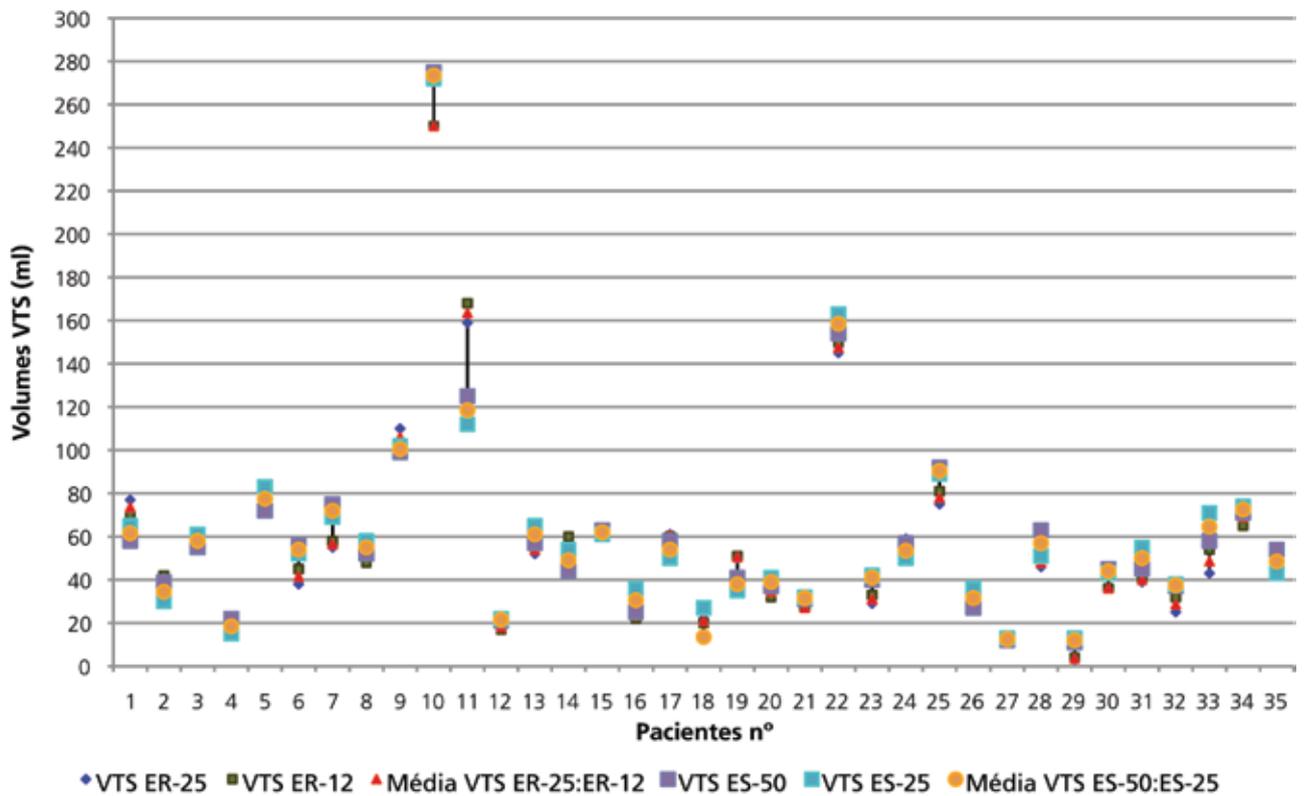


Figura 5: Volumes Telesistólicos (em ml) determinados nos estudos Gated-SPECT: ES-50 vs ES-25, ER-25 vs ER-12.

Tabela 4: VTD nos estudos ES-25 e ES-50.

		N	Média	Valor de p
VTD	VTD_ES_25	35	110,1243	0,880
	VTD_ES_50	35	109,8571	

Tabela 6: VTD nos estudos ER-25 e ER-12.

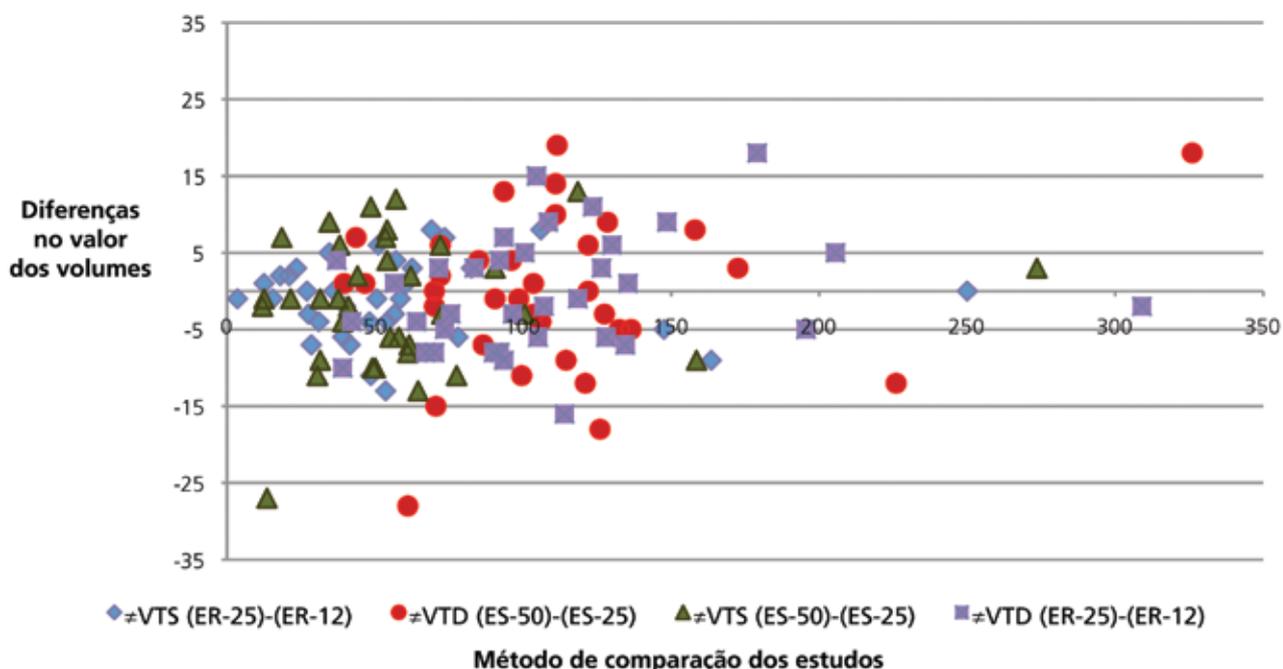
		N	Média Ranks	Valor de p
VTD	VTD_R_25	35	105,6857	0,842
	VTD_R_12	35	105,9429	

Tabela 5: VTS nos estudos ES-25 e ES-50.

		N	Média	P-value
VTS	VTS_ES_25	35	60,6000	0,329
	VTS_ES_50	35	59,1714	

Tabela 7: VTS nos estudos ER-25 e ER-12.

		N	Média Ranks	Valor de
VTS	VTS_R_25	35	55,6571	0,222
	VTS_R_12	35	56,7429	

**Figura 6:** Teste de Bland-Altman na avaliação das diferenças em ml dos VTD e VTS nos estudos ES-50 vs ES-25 e ER-25 vs ER-12.

paciente nº 7, atinge um valor de diferença igual a +/-10 pontos percentuais (c.f. Figura 2). Neste estudo, e à semelhança do descrito para as diferenças encontradas nos valores reais de FEVE% dos estudos ES-25 e ES-50, para os pacientes nº 4, 26 e 33, registou-se uma diminuição da taxa de contagens nas duas últimas imagens do ciclo cardíaco (Figura nº 7 e 8). Considera-se que esta diminuição no registo de contagens poderá ter sido a causa da diferença encontrada entre os valores de FEVE% nos estudos ER-25 e ER-12.

Nesta amostra, e para os estudos em repouso, parece existir uma maior aproximação entre os valores de FEVE% dos estudos ER-25 e ER-12, quando comparado à mesma análise efectuada sobre os valores da FEVE% encontrados para os estudos de esforço ES-50 e ES-25. Este facto, poderá estar relacionado com os tempos de aquisição dos estudos em repouso serem mais curtos que os tempos de aquisição dos estudos em esforço, logo menos propícios a artefactos provocados por movimentos voluntários dos pacientes¹⁵.

E, conseqüentemente ao facto de se encontrarem menos ansiosos (por sua vez com um ritmo cardíaco mais estável), por se tratar da segunda parte do estudo, em que já têm conhecimento de como irá decorrer a parte final do estudo.

Como na análise dos estudos ES-50 e ES-25, também nos estudos ER-25 e ER-12 foram encontradas ligeiras diferenças nas médias obtidas para o valor da FEVE%. Os estudos adquiridos com mais ciclos/projecção (ER-25) apresentam um valor médio de FEVE% ligeiramente superior (0,5276) quando comparado com o valor médio da FEVE% determinado nos estudos ER-12 (0,5203). No entanto e após análise inferencial usando o teste t de *Student* conclui-se que para a referida amostra o valor de *p* é de 0,243 > 0,05. Logo, a diferença encontrada na referida amostra não é estatisticamente significativa (c.f. Tabela 3).

No entanto, o gráfico da Figura 3 revela que para qualquer valor de FEVE% existe uma tendência para que a diferença entre os valores registados seja igual a zero.

Procedeu-se também neste estudo, à comparação dos

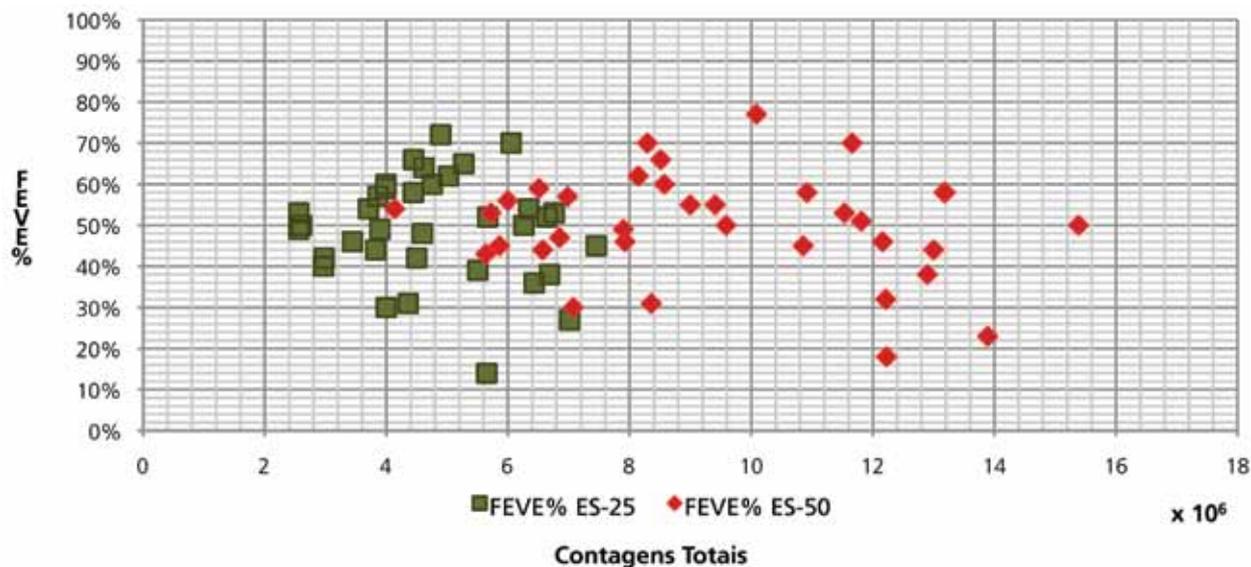


Figura 7: Influência do número de contagens totais no cálculo da FEVE% nos estudos ES-50 e ES-25.

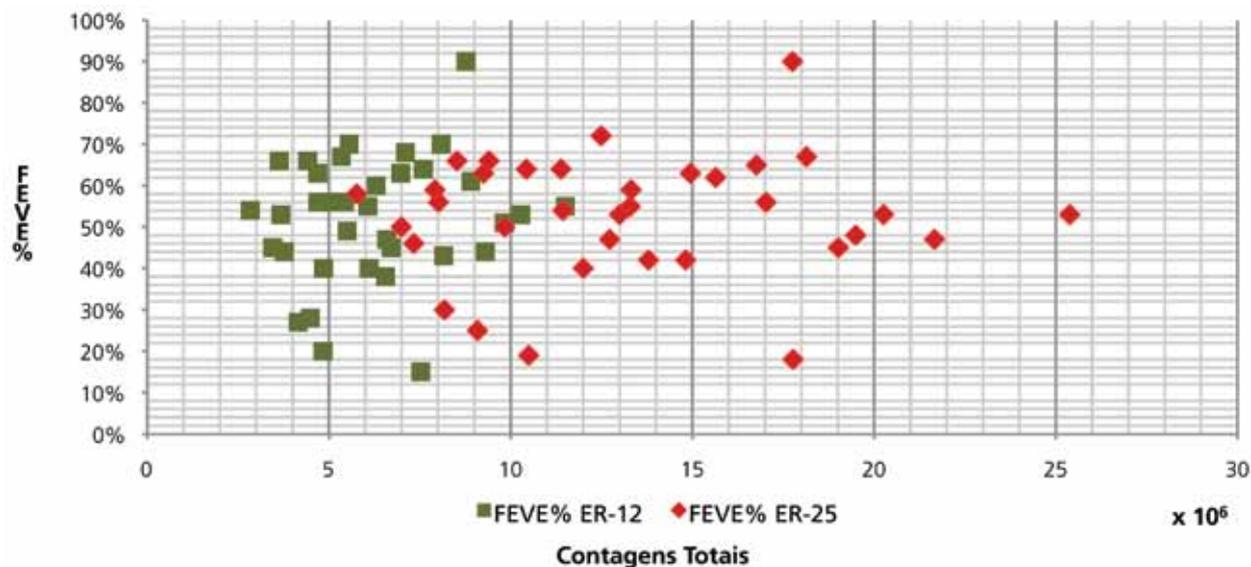


Figura 8: Influência do número de contagens totais no cálculo da FEVE% nos estudos ER-25 e ER-12.

valores dos volumes VTD e VTS determinados nos estudos Gated-SPECT do miocárdio em esforço: ES-25 vs ES-50, bem como à comparação dos valores dos volumes VTD e VTS determinados nos estudos Gated-SPECT do miocárdio em repouso: ER-25 vs ER-12, (c.f. Tabela 1 e Figura 4).

Pela análise da Figura 4 constata-se que em 34 pacientes não existem grandes diferenças na determinação dos VTD nos diferentes estudos. Apenas o paciente nº 11, apresenta uma maior discrepância (38mL) entre o valor médio dos VTD nos estudos ES-50 vs ES-25 e ER-25 vs ER-12. Considera-se que esta diferença poderá estar relacionada com o facto de o paciente apresentar uma acentuada captação do radiofármaco a nível hepático e intestinal, a qual se sobrepõe à parede inferior do coração. Segundo vários autores¹⁹⁻²¹, uma das maiores limitações à análise e interpretação dos estudos Gated-SPECT do miocárdio é sem

dúvida a acentuada captação dos radiofármacos marcados com Tecnécio-99m, usados na realização destes estudos (^{99m}Tc-MIBI ou o ^{99m}Tc-Tetrofosmina) a nível gástrico, hepático e intestinal.

Tal como foi referido para a determinação dos VTD (c.f. Figura 4) também os VTS determinados nos diferentes estudos não apresentam grandes diferenças entre si (c.f. Figura 5). Apenas os pacientes nº 10 e 11 se destacam na Figura 5, com uma maior discrepância entre os valores médios dos VTS nos estudos ES-50 vs ES-25 e ER-25 vs ER-12. Salienta-se que nestes dois estudos não foram registados números de batimentos rejeitados que justifiquem tais diferenças (no paciente nº 10 foram rejeitados uma média de 38 batimentos por estudo, no paciente número 11 foram rejeitados uma média de 5 batimentos por estudo), nem alterações de sincronismo com o sinal electrocardio-

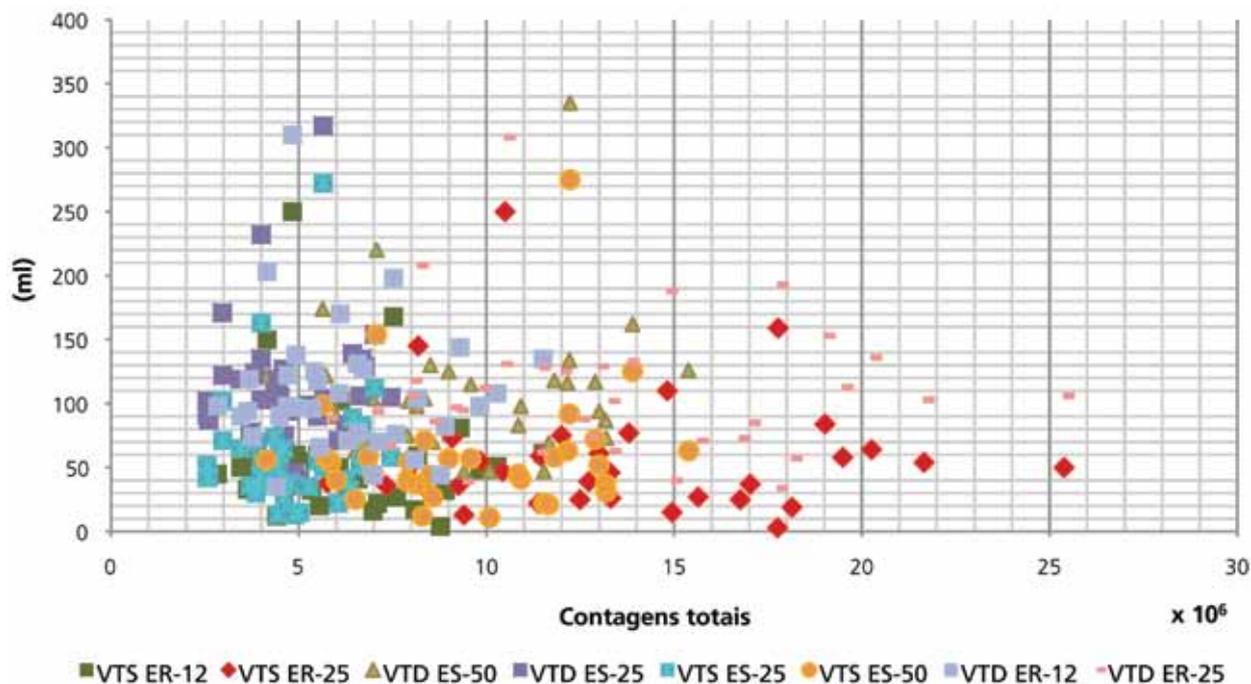


Figura 9: Influência do número de contagens totais no cálculo do VTD e VTS nos estudos ES-50 versus ES-25 e ER-25 versus ER-12.

gráfico durante a aquisição. Acreditamos que a causa desta alteração esteja relacionada com a situação clínica do paciente nº 10, miocardiopatia dilatada com insuficiência cardíaca, susceptível de provocar erros mais acentuados e maior variabilidade no cálculo dos volumes intraventriculares.

O paciente nº 11, apresentou imagens com sobreposição significativa do sinal radioactivo hepático e intestinal na parede inferior do miocárdio, tal como já foi referido anteriormente.

Tendo em conta os estudos ES-25 e ES-50, os resultados obtidos mostram que os valores do VTD parecem ser superiores quando considerados os 25 ciclos (c.f. Tabelas 1 e 4 e Figura 4), no entanto o valor de p obtido no teste t de Student mostra-nos que esta diferença não é significativa ($0,880 > 0,05$).

O mesmo acontece quando se analisa os VTS nos estudos de esforço. Os VTS nos estudos ES-25 parecem ser superiores aos encontrados nos estudos ES-50, no entanto o valor de p é de 0,329 (c.f. Figura 5 e Tabela 5).

Quando se procede à análise dos estudos em repouso, constata-se que tanto o valor de p encontrado para a análise dos VTD, valor de $p=0,842$ (c.f. Figura 4 e Tabela 6), como o valor de p encontrado para a análise dos VTS, valor de $p\text{-value}=0,222$ (c.f. Figura 5 e Tabela 7), não apresenta diferenças estatísticas significativas.

Em síntese, com base no anteriormente já descrito e na análise da Figura 6, pode afirmar-se que no presente estudo as médias das diferenças dos VTD e VTS determinados nos diferentes estudos, não apresentam diferenças significativas. Existe uma tendência para que a diferença entre os valores registados seja igual a zero.

Com o objectivo de responder à segunda parte do objectivo

inicialmente proposto "se existe interferência das contagens totais por aquisição no cálculo da FEVE", procedeu-se à análise dos dados da amostra dos 35 pacientes. Nomeadamente tentou-se determinar se o número de contagens totais nos diferentes estudos influenciava os cálculos dos valores de FEVE%, VTD e VTS.

Quando relacionamos o número de contagens totais com o valor da FEVE% nos estudos ES-25 e ES-50, parece existir uma associação em sentido negativo entre as variáveis ($r = -0,113$), isto é, à medida que o número de contagens totais aumenta parece haver uma ligeira diminuição do valor da FEVE%. No entanto, e tendo em conta o valor de p obtido (0,524), esta associação não é significativa em termos estatísticos.

Já quando relacionamos o número de contagens totais com o valor de FEVE% nos estudos ER-25 e ER-12 (c.f. Figura 8), parece existir uma associação, mas em sentido positivo ($r=0,012$), ou seja, à medida que as contagens totais aumentam o valor da FEVE% parece aumentar também. No entanto, também neste estudo, a associação não apresenta diferenças estatísticas significativas atendendo a que o valor de p é de 0,947.

No entanto, considera-se que o facto dos estudos em esforço adquiridos com um maior número de contagens, o ES-50, aparentarem uma ligeira diminuição do valor da FEVE%, em oposição ao que acontece com os estudos em repouso, poderá estar relacionado com o efeito de volume parcial. Sendo o efeito de volume parcial definido como uma perda aparente que ocorre quando um objecto ocupa parcialmente o volume sensível do instrumento em termos de tempo ou de espaço.

O coração²², segundo refere Hutton & Osiecki (1998)²²

demonstra uma perda de volume parcial adicional, devido à motilidade contrátil do miocárdio, que desloca a parede no tempo, podendo causar uma redução aparente de atividade. O que poderá levar a uma subestimação da fracção de ejeção do ventrículo esquerdo em alguns pacientes.

Na análise da influência do número de contagens totais na determinação dos volumes VTD e VTS (c.f. Figura 9), constata-se nesta amostra, que apesar de os valores dos VTD e VTS parecerem ser superiores, quando considerados os estudos com menores contagens (ES-25 vs ES-50 e ER-12 vs ER25), na verdade quando se procedeu à análise estatística inferencial recorrendo ao teste t de *Student*, para amostras emparelhadas, não se encontraram diferenças estatísticas significativas, dado que o valor de *p* tomou sempre valores superiores a 0,05.

Conclusão/Considerações finais

No presente estudo o número de ciclos/projecção e consequentemente as contagens totais por aquisição não interferem de forma significativa no cálculo da FEVE%, quer nos estudos em repouso quer nos estudos pós esforço. Os resultados deste nosso trabalho são concordantes com os de Mazzanti¹², que encontrou valores para a FEVE% semelhantes entre estudos Gated-SPECT do miocárdio pós esforço adquiridos durante um tempo total de 19,3 minutos e estudos Gated-SPECT do miocárdio pós esforço adquiridos num tempo total de 6,7 minutos.

Podemos assim inferir que é aceitável, sempre que a colaboração do paciente esteja em risco, reduzir o número de ciclos/projecção e consequentemente as contagens totais na aquisição sem que a FEVE e os volumes intraventriculares esquerdos sejam comprometidos de forma significativa nos estudos de rotina clínica.

Mesmo assim os dados apresentados, pela dimensão reduzida da amostra, merecem confirmação numa população maior.

Referências bibliográficas

- Pennel D, Prvulovich E. Clinicians guide to nuclear medicine: nuclear cardiology. London: British Nuclear Medicine Society; 1995.
- Berman DS, Hayes SW, Shaw LJ, Germano G. Recent advances in myocardial perfusion imaging. *Curr Probl Cardiol*. 2001 Jan;26(1):1–140.
- Paul AK, Nabi HA. Gated myocardial perfusion SPECT: basic principles, technical aspects, and clinical applications. *J Nucl Med Technol*. 2004 Dec;32(4):179–87.
- American Society of Nuclear Cardiology. Guidelines and standards [Internet]. Bethesda-MD: American Society of Nuclear Cardiology; 2006 [cited 2008 Jan 4]. Available from: www.asnc.org/imageuploads/Imaging%20Guidelines%20SPECT.pdf
- O'Connor M. The Mayo clinical manual of nuclear medicine. New York: Churchill Livingstone; 1996.
- Hesse B, Tägil K, Cuocolo A, Anagnostopoulos C, Bardiés M, Bax J, et al. EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion imaging in nuclear cardiology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2005 Jul;32(7):855–97.
- Faria D, Patrino J. Cintigrafia de perfusão do miocárdio: medicina molecular. [s.l.]: HPP-Medicina Molecular; 2004.
- Go V, Hendel RC. Basics of ECG-Gated-SPECT imaging. In Heller GV, Hendel RC, editors. *Nuclear cardiology: practical applications*. New York: McGraw-Hill; 2004. p. 1–14.
- Wolf GE. Simulated frame-loss artifacts in myocardial perfusion SPECT imaging: the difference between single- and dual-headed systems. *J Nucl Med Technol*. 1998 Dec; 26(4):248–51.
- Jin M, Yang Y, King MA. Reconstruction of dynamic gated cardiac SPECT. *Med Phys*. 2006 Nov;33(11):4384–94.
- Hambye A, Vervaeke A, Dobbeleir A. Variability of left ventricular ejection fraction and volumes with quantitative gated-SPECT: influence of algorithm, pixel size and reconstruction parameters in small and normal-sized hearts. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2004 Dec;31(12):1606–13.
- Mazzanti M, Germano G, Kiat H, Friedman J, Berman DS. Fast technetium 99m-labeled sestamibi gated single-photon emission computed tomography for evaluation of myocardial function. *J Nucl Cardiol*. 1996 Mar-Apr;3(2):143–9.
- Liu YH, Sinusas AJ, Khaimov D, Gebuza BI, Wackers FJ. (2005). New hybrid count-and geometry-based method for quantification of left ventricular volumes and ejection fraction from ECG-gated SPECT: methodology and validation. *J Nucl Cardiol*. 2005 Jan-Feb;12(1):55–65.
- Vourvouri EC, Poldermans D, Bax JJ, Sianos G, Sozzi FB, Schinkel AF, et al. Evaluation of left ventricular function and volumes in patients with ischaemic cardiomyopathy: gated single-photon emission computed tomography versus two-dimensional echocardiography. *Eur J Nucl Med*. 2001 Nov;28(11):1610–5.
- Wackers F, Bruni W, Zaret B. *Nuclear cardiology: the basics*. New Jersey: Humana Press; 2004.
- SPSS Inc. *SPSS base 9.0: brief guide*. New Jersey: SPSS Inc; 1999.
- Pestana D, Velosa S. *Introdução à probabilidade e à estatística*. Vol. I. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 2002.
- Altman DG, Bland JM. *Measurements in medicine: the analysis of method comparison studies*. *Statistician*. 1983; 32:307–17.
- Hurwitz GA, Clark EM, Slomka PJ, Siddiq SK. Investigation of measures to reduce interfering abdominal activity on rest myocardial images with Tc-99m sestamibi. *Clin Nucl Med*. 1993 Sep;18(9):735–41.
- Iqbal SM, Khalil ME, Lone BA, Gorski R, Blum S, Heller EN. Simple techniques to reduce bowel activity in cardiac SPECT imaging. *Nucl Med Commun*. 2004 Apr;25(4):355–9.
- Shih WJ, McFarland KA, Kiefer V, Wierzbinski B. Illustration of abdominal abnormalities on 99mTc tetrofosmin gated cardiac SPECT. *Nucl Med Commun*. 2005 Feb;26(2):119–27.
- Hutton BF, Osiecki A. Correction of partial effect in myocardial SPECT. *J Nucl Cardiol*. 1998 Jul-Aug;5(4):402–13.

Artigo recebido em 02.09.2008 e aprovado em 16.12.2008.