

Influência da escala de cores na avaliação qualitativa das imagens de cintigrafia de perfusão do miocárdio

Andreia Figueiredo¹, Emília Ramos¹, Elisabete Carolino², Tânia Vaz³, Lina Vieira^{3,4}

1. Licenciatura em Medicina Nuclear, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. emiliaaramos@gmail.com
2. Área Científica de Matemática, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa.
3. Área Científica de Medicina Nuclear, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa.
4. Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

RESUMO: Introdução – A cintigrafia de perfusão do miocárdio (CPM) é utilizada no diagnóstico e seguimento de pacientes com doença arterial coronária, sendo a sua avaliação frequentemente realizada através da análise visual dos cortes tomográficos. A escala de cores selecionada é essencial na interpretação clínica das imagens de perfusão do miocárdio. **Objetivo** – Avaliar a influência de diferentes escalas de cores na avaliação qualitativa das imagens de CPM e estudar quais as mais adequadas para análise visual. **Métodos** – Trinta e cinco estudos de CPM foram avaliados visualmente por 16 estudantes da licenciatura em medicina nuclear nas escalas de cores *Cool*, *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm*. Para a escala de cores *Cool*, a análise das imagens de CPM foi realizada através de um sistema de classificação semiquantitativo por *scores*. As restantes escalas de cores foram avaliadas por comparação com a análise das imagens efetuada com escala de cores *Cool*. **Resultados/Discussão** – Para a escala de cores *Cool*, a variabilidade interoperador revelou a existência de diferenças estatisticamente significativas entre todos os participantes ($p < 0,05$), o que se pode atribuir à subjetividade da avaliação visual. Os resultados relativos às escalas de cores *Gray* e *Gray Invert* foram os mais próximos da perfusão do miocárdio observada com a escala *Cool*, considerando-se escalas de cores alternativas na análise visual dos estudos de CPM. Para as escalas de cores *Thermal* e *Warm* os resultados foram mais divergentes, não se considerando adequadas para a avaliação visual dos estudos de CPM. **Conclusão** – A escala de cores influencia a avaliação qualitativa da perfusão na CPM.

Palavras-chave: Análise visual; Avaliação qualitativa; Cintigrafia de perfusão do miocárdio; Escala de cores

Influence of the color scale in qualitative assessment of myocardial perfusion imaging

ABSTRACT: Introduction – Myocardial perfusion imaging (MPI) is a widely accepted study applied in the diagnosis and follow-up of coronary artery disease. Interpretation of myocardial perfusion images requires visual analysis of the reconstructed slices. The color scale selected can have a significant effect on the final appearance of the image and on the clinical interpretation of myocardial perfusion. **Aim** – Evaluate the influence of the color scale in the qualitative analysis of MPI and study which one should be preferably used for visual interpretation of myocardial perfusion. **Methods** – Thirty five MPI studies were visually interpreted by 16 nuclear medicine technologist students in the following color scales: *Cool*, *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* and *Warm*. Visual analysis of *Cool's* color scale relied on a semi-quantitative scoring system. The remaining color scales were evaluated by comparison with *Cool*. **Results/Discussion** – For *Cool's* color scale, inter-operator variability has shown statistically significant differences among all the participants ($p < 0.05$),

which can be assigned to the subjectivity of the visual evaluation. The results obtained for *Gray* and *Gray Invert* colors scales were the closest for the myocardial perfusion observed with *Cool*, being alternative color scales suited for this purpose. Regarding *Thermal* and *Warm* color scales the results were divergent, showing that they are not the optimal choice for myocardial perfusion interpretation. **Conclusion** – The color scale selected can influence the qualitative assessment of MPI.

Keywords: Visual analysis; Qualitative assessment; Myocardial perfusion imaging; Color scale

Introdução

A cintigrafia de perfusão do miocárdio (CPM) é uma técnica de medicina nuclear (MN) utilizada para diagnóstico e seguimento de pacientes com doença arterial coronária¹⁻³. A tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT, do acrónimo inglês *Single Photon Emission Computed Tomography*) permite a avaliação da perfusão e viabilidade miocárdicas^{1-2,4}. Quando sincronizada com o sinal eletrocardiográfico (*Gated-SPECT*) também fornece informação relativa à função ventricular esquerda^{1-2,4}.

A avaliação da perfusão do miocárdio é realizada de forma qualitativa através da análise visual dos cortes tomográficos do curto eixo (CE) e longos eixos vertical (LEV) e horizontal (LEH)^{1,4-5}. Quando aplicada a segmentação do ventrículo esquerdo (VE) por paredes, os defeitos de perfusão devem ser caracterizados relativamente à sua localização nas paredes anterior, inferior, lateral, septal e apical, mas também quanto à sua extensão e severidade^{1,5-6}. Para sistematizar a interpretação das imagens de SPECT do miocárdio, Berman e colaboradores definiram um sistema de classificação semiquantitativo por *scores*⁷, complementar à análise visual da captação do radiofármaco (*cf.* Tabela 1)^{1,4-8}.

Tabela 1. Sistema de classificação semiquantitativo por *scores* para análise visual da perfusão do miocárdio (adaptação⁷)

Score	Captação do radiofármaco
0	Normal
1	Ligeira redução de captação
2	Redução moderada de captação
3	Redução severa de captação
4	Ausência de captação

Apesar de este sistema de classificação ter como intuito aumentar a reprodutibilidade da avaliação qualitativa, a interpretação visual do estudo de perfusão do miocárdio é considerada essencial, apesar de constituir um processo intrinsecamente subjetivo^{5,9-11}. Esta pode ser influenciada pela experiência e *know-how* do avaliador⁶, assim como pela escala de cores^{5,11}. Vários estudos indicam que a escala de cores selecionada pode ter um papel importante na interpreta-

ção clínica da perfusão do miocárdio^{5,7,11}. A escala de cores permite representar o número de contagens em cada *pixel*, convertendo-o num nível de cinzento ou numa cor correspondente¹¹⁻¹³. Como tal, a aplicação de diferentes escalas de cores pode alterar a perceção da captação do radiofármaco observada nos cortes tomográficos analisados^{5,11}.

A *guideline* da *European Association of Nuclear Medicine* recomenda a utilização de escalas de cores contínuas¹, nas quais existe a transição suave entre as várias tonalidades de cor¹³⁻¹⁴. Este tipo de escala de cores apresenta maior reprodutibilidade na interpretação da CPM¹⁰ em oposição às escalas de cores descontínuas^{10,15}. Atualmente, a escala de cores com maior aplicação clínica é a *Cool* (também designada *GE Color*)¹¹, constituída pelas cores preto, azul, rosa, violeta, amarelo e branco^{1,7,16-17}. As escalas de cinzentos, de entre as quais a *Gray* – que varia gradualmente do preto até ao branco^{5,11,14,16} – e a *Gray Invert* – que representa essa variação de cores inversa¹² – também são recomendadas para avaliação de defeitos de perfusão do miocárdio^{5,17}, sendo facilmente reconhecida a gradação dos níveis de cinzento^{13-14,16}. A escala de cores *Thermal* apresenta uma variação do preto até ao branco, passando por diferentes tonalidades de laranja¹⁶, uma ordenação de cores naturalmente percecionada^{13,16}, sendo também aplicada em cardiologia nuclear¹⁷. A escala de cores *Warm*, na qual as cores preto, azul, roxo, vermelho e amarelo representam níveis de captação do radiofármaco crescentes, é uma escala de cores menos utilizada¹⁷⁻¹⁸.

Apesar de serem recomendadas várias escalas de cores na interpretação visual da CPM, não foi encontrado consenso na literatura^{1,5,7,11,17} relativamente a esta temática. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência de diferentes escalas de cores (*Cool*, *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm*) na avaliação qualitativa das imagens de perfusão da CPM, assim como estudar quais as escalas de cores mais adequadas para esta análise visual.

Métodos

Foi realizado um estudo retrospectivo nos laboratórios de MN da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL), entre janeiro e junho de 2015.

Amostra

Selecionou-se uma amostra não probabilística, por conveniência¹⁹, constituída por 35 estudos de CPM. Todos os estudos faziam parte da base de dados da estação de proces-

samento Xeleris™ 1.0628 (GE Healthcare), da ESTeSL. Com o intuito de homogeneizar a amostra, os critérios de inclusão abrangeram pacientes do sexo masculino que tivessem realizado o estudo em esforço. Foram considerados cinco estudos com padrão cintigráfico sem aparente defeito(s) de perfusão e 30 estudos com padrão cintigráfico demonstrativo de defeito(s) de perfusão do miocárdio.

Processamento dos dados e seleção das escalas de cores

Os estudos foram processados na estação de processamento Xeleris™ 1.0628 (GE Healthcare) por um único operador, de forma não-consecutiva. Foram asseguradas as mesmas condições de luminosidade da sala e posição ergonômica do operador. Os dados foram reconstruídos por retroprojeção filtrada, com aplicação de filtro *Butterworth*, com frequência de corte de 0,35 e ordem 61.

Após delimitação da área de reconstrução, ajuste dos limites de reconstrução e reorientação dos cortes transaxiais iniciais pelo operador^{1,9}, os dados foram projetados sob a forma dos cortes tomográficos do CE, LEV e LEH⁹. Através do *software Quantitative Perfusion SPECT™ 3.0 (QPS™)* obtiveram-se os cortes tomográficos correspondentes ao CE a nível apical, médio e basal e ao LEV, com segmentação do VE por paredes (cf. Figura 1). Posteriormente foram selecionadas as escalas de cores contínuas: *Cool*, *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm*, que integram o QPS™ (cf. Figura 2), sem ajuste da intensidade da escala pelo operador. Foram guardados 175 *displays* no formato de imagem *jpg*. O tratamento destas imagens passou pela junção numa imagem única das cinco escalas de cores correspondentes a um mesmo estudo de CPM (cf. Apêndice 1) e guardada em formato *pdf*.

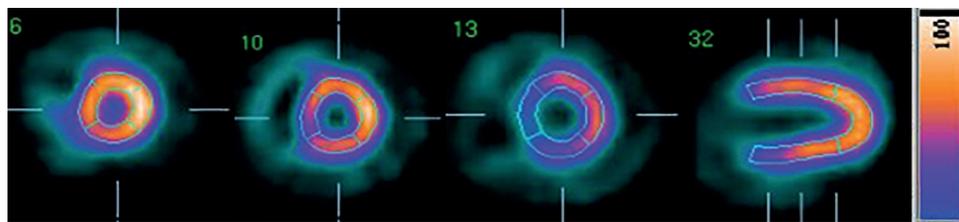


Figura 1. Cortes tomográficos do CE apical (A), médio (B) e basal (C) e do LEV (D) na escala de cor *Cool*, obtidos após processamento e segmentação por paredes do VE no QPS™ (retirado de Xeleris™).

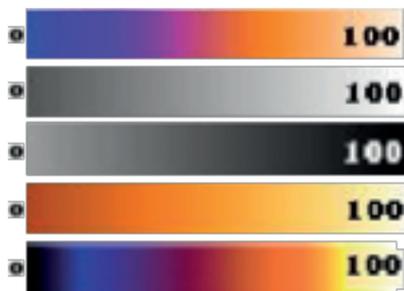


Figura 2. Escalas de cores contínuas utilizadas na análise visual das imagens de CPM: *Cool*, *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm*, respectivamente de cima para baixo. Os valores 0 e 100 representam respectivamente os valores mínimo e máximo da escala de cores.

Avaliação da perfusão do miocárdio

Os estudos de CPM foram avaliados visualmente por 16 estudantes da licenciatura em MN da ESTeSL. De modo a garantir que cada avaliação seria realizada nas mesmas condições foi definido um procedimento padrão (cf. Apêndice 2) entregue a cada participante. Solicitou-se aos participantes que registassem os valores respetivos à análise visual de cada parede do VE numa grelha de avaliação (cf. Apêndice 3). À captação do radiofármaco visualizada quando aplicada a escala de cores *Cool*, solicitou-se que se fizesse corresponder o sistema de classificação semiquantitativo por *scores* (cf. Tabela 1). Uma vez que a escala de cores *Cool* é a mais

utilizada na prática clínica¹¹, as imagens com as restantes escalas de cores foram avaliadas por comparação com a mesma, requisitando-se a atribuição dos símbolos: igual (=), menor (<) ou maior (>), caso a percepção da captação fosse semelhante, inferior ou superior, respetivamente, à visualizada com a escala de cores *Cool*. Para cada interpretação foram mantidas as condições de luminosidade da sala e do monitor utilizado.

Análise estatística

Recorreu-se ao *International Business Machine Statistical Package for the Social Sciences (IBM-SPSS®)*, versão 22 e ao *Microsoft Excel 2013* para tratamento dos dados. Para avaliar a variabilidade interoperador dos resultados obtidos para a escala de cores *Cool* recorreu-se ao teste estatístico não paramétrico de *Friedman*¹⁹⁻²⁰. Os valores $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos²⁰.

Os resultados relativos às escalas de cores *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm* foram analisados com base na percentagem de símbolos atribuídos pelos participantes na avaliação visual dos 35 estudos de CPM. Para as escalas de cores *Gray*, *Gray Invert* e *Thermal* foi analisada a percentagem de símbolos de igual e, para a *Warm*, a percentagem de símbolos de igual e de maior. Foi ainda calculada a média ± desvio padrão (DP) das percentagens de símbolos atribuídos nas análises visuais de cada corte tomográfico (CE apical, médio e basal e LEV) para cada escala de cores.

Resultados

A análise da perfusão do miocárdio nos estudos de CPM considerados foi realizada por 16 estudantes de MN, com uma média de idades de $21,9 \pm 1,4$ anos. Destes, 31% (5) dos participantes encontrava-se no 3º ano da licenciatura em MN da ESTeSL e os restantes no 4º ano da mesma.

Quando avaliada a variabilidade interoperador, o teste de *Friedman* permitiu identificar a existência de diferenças estatisticamente significativas na avaliação visual dos participantes ($p < 0,0001$) relativamente aos *scores* atribuídos, por estes, para cada parede do VE quando aplicada a escala de cores *Cool*. Das comparações múltiplas de *Friedman* verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre todos os participantes ($p < 0,05$).

Relativamente à escala de cores *Gray*, as médias \pm DP das percentagens de símbolos de igual atribuídos pelos estudantes na avaliação visual do CE apical, médio e basal e do ápex do LEV foram de $83,5 \pm 15,3\%$, $82,4 \pm 16,4\%$, $84,5 \pm 15,4\%$

e $82,1 \pm 14,1\%$, respetivamente (cf. Tabela 2).

Para a escala de cores *Gray Invert*, estes resultados foram de $79,0 \pm 20,2\%$ para o CE apical, $77,0 \pm 23,1\%$ para o CE médio, $81,1 \pm 17,2\%$ para o CE basal e $79,6 \pm 20,3\%$ para o ápex do LEV (cf. Tabela 3).

Para a escala de cores *Thermal*, as médias \pm DP das percentagens obtidas foram de $65,5 \pm 23,4\%$ (CE apical), $57,8 \pm 26,0\%$ (CE médio), $46,2 \pm 30,9\%$ (CE basal) e de $53,8 \pm 29,3\%$ (ápex do LEV) (cf. Tabela 4).

Na escala *Warm*, a média \pm DP das percentagens de símbolos igual foi de $30,4 \pm 25,0\%$, $24,9 \pm 23,0\%$, $27,7 \pm 25,6\%$ e $23,9 \pm 22,1\%$ para o CE apical, médio e basal e LEV, respetivamente (cf. Tabela 5). Como tal, foi também analisada a média \pm DP relativa à percentagem de símbolos de maior atribuídos na avaliação visual dos cortes tomográficos para a escala de cores *Warm*, sendo esta de $70,2 \pm 24,8\%$ para o CE apical, $74,6 \pm 22,8\%$ para o CE médio, $70,4 \pm 27,5\%$ para o CE basal e $75,3 \pm 23,0\%$ para o ápex do LEV (cf. Tabela 6).

Tabela 2. Percentagem de símbolos de igual (=) atribuídos pelos participantes na análise visual de cada parede do VE com a escala de cores *Gray* e respetiva média \pm DP das percentagens em cada corte tomográfico

		Participante																média \pm DP (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Parede do VE*		%																	
CE†	Apical	Anterior	85,7	65,7	100	82,9	85,7	62,9	54,3	54,3	88,6	82,9	91,4	85,7	88,6	94,3	94,3	97,1	83,5 \pm 15,3
		Inferior	77,1	62,9	100	88,6	77,1	71,4	60,0	25,7	97,1	77,1	100	82,9	88,6	94,3	80,0	94,3	
		Lateral	85,7	62,9	97,1	91,4	91,4	71,4	57,1	85,7	85,7	82,9	100	97,1	97,1	91,4	94,3	97,1	
		Septal	88,6	65,7	100	97,1	77,1	71,4	51,4	71,4	91,4	73,5	97,1	94,3	94,3	97,1	100	94,3	
	Médio	Anterior	88,6	65,7	100	100	91,4	68,6	71,4	57,1	97,1	65,7	97,1	80,0	91,4	91,4	88,6	100	82,4 \pm 16,4
		Inferior	82,9	45,7	97,1	94,3	77,1	54,3	68,6	65,7	94,3	68,6	100	74,3	85,7	100	85,7	94,3	
		Lateral	94,3	65,7	97,1	97,1	80,0	80,0	45,7	60,0	88,6	57,1	100	91,4	94,3	97,1	91,4	91,4	
		Septal	85,7	62,9	94,3	94,3	85,7	54,3	51,4	40,0	97,1	80,0	100	95,7	88,6	94,3	88,6	88,6	
	Basal	Anterior	94,3	54,3	97,1	97,1	85,7	57,1	77,1	40,0	91,4	68,6	100	85,7	100	97,1	82,9	94,3	84,5 \pm 15,4
		Inferior	77,1	68,6	100	91,4	95,7	57,1	74,3	82,9	94,3	80,0	100	85,7	97,1	97,1	82,9	88,6	
		Lateral	88,6	54,3	100	97,1	94,3	42,9	68,6	54,3	77,1	68,6	100	94,3	97,1	97,1	91,4	82,9	
		Septal	71,4	82,9	100	94,3	80,0	74,3	68,6	85,7	97,1	71,4	100	91,4	97,1	100	94,3	94,3	
LEV‡	Ápex	88,6	68,6	97,1	80,0	85,7	57,1	94,3	65,7	88,6	54,3	100	82,9	97,1	91,4	85,7	77,1	82,1 \pm 14,1	

* Ventrículo esquerdo; † Curto eixo; ‡ Longo eixo vertical.

Tabela 3. Percentagem de símbolos de igual (=) atribuídos pelos participantes na análise visual de cada parede do VE com a escala de cores Gray Invert e respetiva média±DP das percentagens em cada corte tomográfico

		Participante																média±DP (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Parede do VE*		%																	
CE†	Apical	Anterior	91,4	57,1	71,4	85,7	94,3	31,4	37,1	45,7	88,6	82,9	94,3	71,4	97,1	51,4	97,1	88,6	79,0±20,2
		Inferior	88,6	51,4	88,6	97,1	71,4	54,3	34,3	25,7	97,1	77,1	94,3	77,1	91,4	51,4	82,9	82,9	
		Lateral	94,3	60,0	97,1	97,1	85,7	60,0	45,7	74,3	74,3	80,0	91,4	100	94,3	80,0	97,1	94,3	
		Septal	94,3	60,0	94,3	91,4	88,6	45,7	42,9	68,6	88,6	77,1	94,3	94,3	94,3	82,9	100	97,1	
	Médio	Anterior	100	37,1	94,3	97,1	94,3	37,1	31,4	48,6	97,1	80,0	94,3	74,3	94,3	74,3	94,3	94,3	77,0±23,1
		Inferior	94,3	45,7	85,7	94,3	74,3	34,3	31,4	34,3	97,1	88,6	97,1	74,3	80,0	95,7	91,4	82,9	
		Lateral	100	42,9	97,1	100	65,7	62,9	28,6	57,1	88,6	82,9	94,3	82,9	94,3	91,4	88,6	85,7	
		Septal	94,3	45,7	88,6	100	85,7	25,7	31,4	57,1	94,3	71,4	100	80,0	94,3	82,9	88,6	82,9	
	Basal	Anterior	91,4	37,1	91,4	97,1	88,6	40,0	60,0	42,9	91,4	80,0	100	77,1	100	91,4	88,6	82,9	81,1±17,2
		Inferior	94,3	74,3	88,6	94,3	65,7	57,1	51,4	68,6	85,7	91,4	100	74,3	91,4	97,1	91,4	82,9	
		Lateral	91,4	48,6	97,1	91,4	65,7	42,9	57,1	51,4	77,1	82,9	100	94,3	100	82,9	94,3	82,9	
		Septal	100	71,4	85,7	97,1	68,6	68,6	62,9	80,0	94,3	94,3	100	91,4	91,4	80,0	91,4	85,7	
LEV‡	Ápex	97,1	54,3	100	85,7	88,6	34,3	54,3	54,3	91,4	65,7	97,1	85,7	97,1	94,3	91,4	82,9	79,6±20,3	

* Ventrículo esquerdo; † Curto eixo; ‡ Longo eixo vertical.

Tabela 4. Percentagem de símbolos de igual (=) atribuídos pelos participantes na análise visual de cada parede do VE com a escala de cores Thermal e respetiva média±DP das percentagens em cada corte tomográfico

		Participante																média±DP (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Parede do VE*		%																	
CE†	Apical	Anterior	77,1	48,6	91,4	57,1	40,0	57,1	17,1	31,4	71,4	71,4	100	65,7	94,3	80,0	57,1	65,7	65,5±23,4
		Inferior	62,9	34,3	62,9	37,1	28,6	62,9	25,7	22,9	54,3	48,6	97,1	60,0	91,4	57,1	51,4	28,6	
		Lateral	85,7	51,4	97,1	45,7	51,4	71,4	17,1	74,3	71,4	57,1	97,1	100	100	88,6	85,7	71,4	
		Septal	82,9	57,1	97,1	68,6	65,7	60,0	22,9	71,4	85,7	48,6	94,3	88,6	94,3	88,6	88,6	82,9	
	Médio	Anterior	88,6	34,3	74,3	60,0	42,9	54,3	11,4	34,3	82,9	48,6	94,3	73,5	97,1	88,6	62,9	51,4	57,8±26,0
		Inferior	71,4	11,4	57,1	25,7	22,9	60,0	11,4	34,3	57,1	42,9	91,4	40,0	85,7	54,3	42,9	14,3	
		Lateral	88,6	37,1	80,0	40,0	34,3	65,7	17,1	62,9	80,0	51,4	91,4	88,6	94,3	91,4	82,9	57,1	
		Septal	85,7	28,6	85,7	31,4	31,4	42,9	11,4	34,3	85,7	57,1	97,1	71,4	91,4	71,4	51,4	37,1	
	Basal	Anterior	82,9	5,7	71,4	20,0	28,6	42,9	14,3	22,9	85,7	60,0	94,3	57,1	94,3	42,9	42,9	25,7	46,2±30,9
		Inferior	48,6	2,9	54,3	11,4	22,9	20,0	0,0	51,4	62,9	62,9	97,1	48,6	100	22,9	40,0	2,9	
		Lateral	85,7	11,4	74,3	17,1	22,9	31,4	11,4	34,3	82,9	57,1	100	88,6	97,1	51,4	60,0	28,6	
		Septal	45,7	2,9	65,7	8,6	14,3	28,6	0,0	77,1	62,9	62,9	94,3	57,1	94,3	14,3	22,9	8,6	
LEV‡	Ápex	74,3	34,3	68,6	40,0	14,3	48,6	2,9	57,1	85,7	22,9	94,3	80,0	100	68,6	40,0	28,6	53,8±29,3	

* Ventrículo esquerdo; † Curto eixo; ‡ Longo eixo vertical.

Tabela 5. Percentagem de símbolos de igual (=) atribuídos pelos participantes na análise visual de cada parede do VE com a escala de cores Warm e respetiva média±DP das percentagens em cada corte tomográfico

		Participante																média±DP (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Parede do VE*		%																	
CE†	Apical	Anterior	17,1	48,6	42,9	20,0	11,4	17,1	11,4	22,9	22,9	0,0	31,4	51,4	85,7	54,3	40,0	22,9	30,4±25,0
		Inferior	14,3	31,4	22,9	8,6	5,7	14,3	5,7	8,6	14,3	0,0	51,4	17,1	94,3	62,9	40,0	11,4	
		Lateral	11,4	45,7	51,4	2,9	14,3	17,1	5,7	57,1	5,7	0,0	31,4	74,3	68,6	34,3	71,4	17,1	
		Septal	8,6	45,7	42,9	2,9	14,3	11,4	5,7	65,7	17,1	8,6	20,0	68,6	74,3	40,0	88,6	20,0	
	Médio	Anterior	8,6	37,1	34,3	11,4	8,6	11,4	5,7	20,0	17,1	2,9	14,3	48,6	80,0	51,4	51,4	0,0	24,9±23,0
		Inferior	14,3	8,6	25,7	14,3	2,9	20,0	2,9	5,7	20,0	0,0	37,1	17,1	88,6	65,7	40,0	5,7	
		Lateral	11,4	37,1	42,9	14,3	8,6	17,1	2,9	34,3	8,6	5,7	22,9	65,7	62,9	40,0	71,4	0,0	
		Septal	11,4	20,0	42,9	11,4	0,0	2,9	0,0	28,6	17,1	5,7	25,7	42,9	82,9	51,4	34,3	0,0	
	Basal	Anterior	20,0	5,7	14,3	2,9	0,0	5,7	0,0	8,6	20,0	2,9	34,3	28,6	88,6	51,4	25,7	0,0	27,7±25,6
		Inferior	51,4	8,6	8,6	17,1	8,6	14,3	2,9	20,0	40,0	2,9	60,0	28,6	94,3	57,1	40,0	2,9	
		Lateral	22,9	14,3	20,0	2,9	0,0	8,6	0,0	20,0	20,0	2,9	28,6	57,1	91,4	31,4	31,4	5,7	
		Septal	65,7	28,6	25,7	45,7	11,4	37,1	0,0	37,1	42,9	5,7	71,4	54,3	94,3	60,0	51,4	20,0	
LEV‡	Ápex	17,1	31,4	31,4	11,4	5,7	20,0	0,0	20,0	14,3	0,0	22,9	28,6	88,6	51,4	34,3	5,7	23,9±22,1	

* Ventrículo esquerdo; † Curto eixo; ‡ Longo eixo vertical.

Tabela 6. Percentagem de símbolos de maior (>) atribuídos pelos participantes na análise visual de cada parede do VE com a escala de cores Warm e respetiva média±DP das percentagens em cada corte tomográfico

		Participante																média±DP (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Parede do VE*		%																	
CE†	Apical	Anterior	80,0	51,4	57,1	80,0	88,6	82,9	88,6	77,1	77,1	100	68,6	48,6	14,3	42,9	57,1	77,1	70,2±24,8
		Inferior	82,9	65,7	77,1	91,4	94,3	85,7	91,4	91,4	85,7	100	48,6	82,9	5,7	37,1	60,0	88,6	
		Lateral	88,6	51,4	48,6	97,1	85,7	82,9	94,3	42,9	94,3	100	65,7	25,7	28,6	62,9	28,6	82,9	
		Septal	91,4	48,6	57,1	97,1	85,7	88,6	94,3	34,3	82,9	91,4	77,1	31,4	22,9	60,0	11,4	80,0	
	Médio	Anterior	91,4	60,0	65,7	88,6	91,4	88,6	94,3	80,0	82,9	97,1	85,7	51,4	20,0	48,6	48,6	100	74,6±22,8
		Inferior	85,7	91,4	74,3	85,7	97,1	80,0	97,1	94,3	80,0	100	62,9	82,9	11,4	28,6	60,0	94,3	
		Lateral	88,6	62,9	54,3	85,7	91,4	82,9	97,1	65,7	91,4	94,3	77,1	34,3	34,3	57,1	28,6	100	
		Septal	88,6	80,0	57,1	85,7	97,1	94,3	100	71,4	82,9	94,3	74,3	51,7	17,1	48,6	65,7	100	
	Basal	Anterior	80,0	94,3	85,7	97,1	100	94,3	100	91,4	80	97,1	65,7	71,4	11,4	48,6	74,3	100	70,4±27,5
		Inferior	48,6	91,4	88,6	82,9	91,4	85,7	94,3	80,0	57,1	97,1	40,0	71,4	5,7	34,3	60,0	97,1	
		Lateral	77,1	85,7	80,0	97,1	100	91,4	100	80,0	80,0	97,1	71,4	42,9	8,6	60,0	68,6	94,3	
		Septal	34,3	71,4	74,3	48,6	88,6	57,1	97,1	62,9	57,1	94,3	25,7	45,7	0,00	25,7	42,9	80,0	
LEV‡	Ápex	82,9	68,6	68,6	88,6	94,3	80,0	100	80,0	85,7	100	74,3	71,4	11,4	48,6	65,7	91,4	75,3±23,0	

* Ventrículo esquerdo; † Curto eixo; ‡ Longo eixo vertical.

Discussão

No presente estudo, das comparações múltiplas do teste de *Friedman* concluiu-se que a avaliação visual dos estudos com a escala de cores *Cool* diferiu entre todos os participantes ($p < 0,05$). Este resultado pode ser atribuído à própria subjetividade da avaliação visual¹⁰, ao reduzido treino dos participantes na interpretação dos defeitos de perfusão do miocárdio¹⁷, assim como a alterações nas características visuais dos estudantes²¹. Apesar disso, foi possível verificar que a aplicação de diferentes escalas de cores influencia a análise qualitativa das imagens de perfusão da CPM. De facto, quando utilizadas as escalas de cores *Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm*, os resultados obtidos diferiram da avaliação visual da escala *Cool* (cf. Tabelas 2, 3, 4 e 5). Na análise das imagens de perfusão do miocárdio, os resultados relativos às escalas de cores *Gray* e *Gray Invert* (cf. Tabelas 2 e 3) foram os que mais se aproximaram da perfusão do miocárdio observada com a escala de cores *Cool*. Este resultado vai ao encontro do recomendado pela *American Society of Nuclear Cardiology*, que refere as escalas de cinzentos para a avaliação visual da perfusão do miocárdio^{5,7}. Os resultados obtidos para as escalas de cores *Thermal* e *Warm* (cf. Tabelas 4 e 5) foram os que mais se afastaram da análise visual com a escala de cores *Cool*. Foram também as que apresentaram maior variabilidade de resultados, o que indica maiores divergências na interpretação visual da CPM aquando da sua utilização. A análise visual das imagens de CPM com a escala de cores *Warm* foi a que mais se afastou da efetuada para escala de cores *Cool* (cf. Tabela 5). Os resultados obtidos indicam que esta escala de cores tende a sobrevalorizar a captação do radiofármaco visualizada, uma vez que foi atribuído o símbolo de superior na avaliação da maioria das paredes do VE analisadas pelos participantes (cf. Tabela 6). Esta sobrevalorização pode-se dever às cores que constituem a escala – estudos realizados por Tedford e colaboradores e por Cleveland e colaboradores²²⁻²³ mostraram que quando é necessário avaliar visualmente as dimensões de um objeto, cores como o vermelho e amarelo tendem a ser percebidas como maiores do que cores como o verde^{14,22-23}. Assim, as cores amarelo e vermelho da escala de cores *Warm* podem criar um efeito de sobrevalorização da captação do radiofármaco visualizada, influenciando a análise visual desses segmentos.

Deste modo, considera-se que a escala de cores utilizada pode influenciar a observação da captação do radiofármaco pelo que é importante que o avaliador tenha em consideração este fator aquando da análise visual das imagens de CPM¹¹.

Em futuras investigações propõe-se a avaliação da variabilidade intraoperador, de forma a estudar como a perfusão do miocárdio é interpretada por um mesmo avaliador nas diferentes escalas de cores (*Gray*, *Gray Invert*, *Thermal* e *Warm*). Propõe-se ainda a avaliação da influência da experiência do avaliador na interpretação visual da CPM para diferentes escalas de cores.

Conclusão

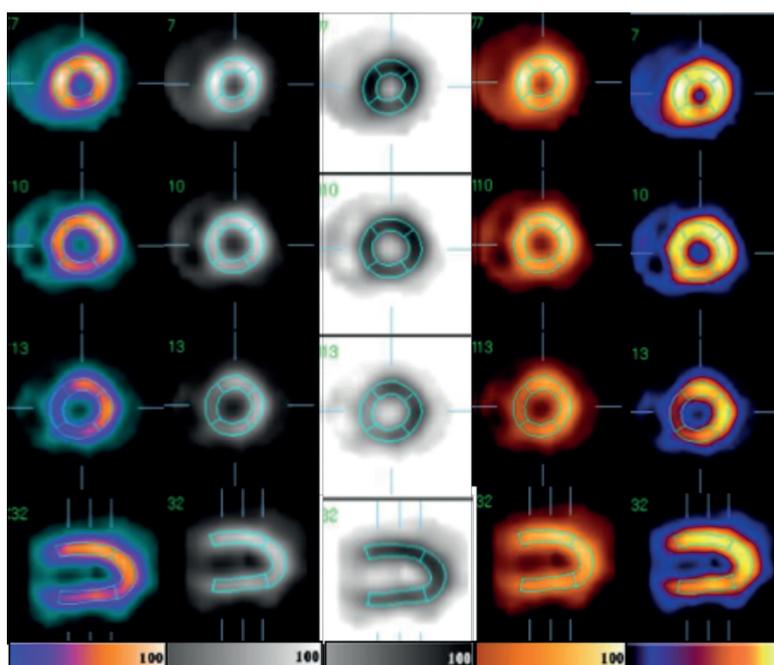
Com o presente estudo conclui-se que a escala de cores pode interferir na percepção da captação do radiofármaco e assim influenciar a interpretação visual das imagens de CPM. A escala de cores *Cool* é a mais utilizada na prática clínica; no entanto, foi possível demonstrar que as escalas de cinzentos (*Gray* e *Gray Invert*) também podem ser consideradas para análise dos estudos de CPM. Por fim, a variabilidade dos resultados obtidos para as escalas de cores *Thermal* e *Warm* indicam ser menos adequadas para este propósito.

Referências bibliográficas

- 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;32(7):855-97.
- Heller G, Mann A, Hendel R. *Nuclear cardiology: technical applications*. New York: McGraw-Hill Medical; 2009. ISBN 9780071464758
- Salerno M, Beller GA. Noninvasive assessment of myocardial perfusion. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2(5):412-24.
- Berman DS, Hayes SW, Shaw LJ, Germano G. Recent advances in myocardial perfusion imaging. *Curr Probl Cardiol*. 2001;26(1):1-140.
- Hansen CL, Goldstein RA, Akinboboye OO, Berman DS, Botvinick EH, Churchwell KB, et al. Myocardial perfusion and function: single photon emission computed tomography. *J Nucl Cardiol*. 2007;14(6):e39-60.
- Berman DS, Kang X, Van Train KF, Lewin HC, Cohen I, Areeda J, et al. Comparative prognostic value of automatic quantitative analysis versus semiquantitative visual analysis of exercise myocardial perfusion singlephoton emission computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1998;32(7):1987-95.
- Siennicki J, Kuśmirek J, Kovacevic-Kuśmirek K, Bieńkiewicz M, Chiżyński K, Płachcińska A. The effect of image translation table on diagnostic efficacy of myocardial perfusion SPECT studies. *Nucl Med Rev Cent East Eur*. 2010;13(2):64-9.
- Xu Y, Hayes S, Ali I, Ruddy TD, Wells RG, Berman DS, et al. Automatic and visual reproducibility of perfusion and function measures for myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol*. 2010;17(6):1050-7.
- Antunes MO, Gomes RR, Vieira L. Variabilidade introduzida pelo operador no processamento dos estudos Gated-SPECT do miocárdio [Variability introduced by the operator in processing myocardial Gated-SPECT studies]. *Saúde Tecnol*. 2014;(11):5-10. Portuguese
- Candell-Riera J, Santana-Boado C, Bermejo B, Armadans L, Castell J, Casáns I, et al. Interhospital observer agreement in interpretation of exercise myocardial Tc-99m tetrofosmin SPECT studies. *J Nucl Cardiol*. 2001;8(1):49-57.
- Hansen CL. The role of the translation table in cardiac

- image display. *J Nucl Cardiol.* 2006;13(4):571-5.
12. Rogers WL, Keyes JW Jr. Techniques for precise recording of *gray-scale* images from computerized scintigraphic displays. *J Nucl Med.* 1981;22(3):283-6.
 13. Cherry SR, Sorenson JA, Phelps M. *Physics in nuclear medicine.* 3rd ed. Philadelphia: Elsevier/Saunders; 2012. ISBN 072168341X
 14. Silva S, Santos BS, Madeira J. Using color in visualization: a survey. *Comput Graph.* 2011;35(2):320-33.
 15. Borland D, Taylor MR 2nd. Rainbow color map (still) considered harmful. *IEEE Comput Graph Appl.* 2007;27(2):14-7.
 16. Silva S, Madeira J, Santos BS. There is more to color scales than meets the eye: a review on the use of color in visualization. In: *IV'07 – 11th International Conference Information Visualization, Zurich (Switzerland), 4-6 July 2007.* IEEE; 2007. p. 943-50.
 17. Figueiredo S, Costa PF. Image processing and software. In: *Ryder H, Testanera G, Veloso Jerónimo V, Vidovič B, editors. Myocardial perfusion imaging: a technologist's guide.* Vienna: European Association of Nuclear Medicine; 2014. p. 77-107.
 18. Bøtker HE, Kaltoft AK, Pedersen SF, Kim WY. Measuring myocardial salvage. *Cardiovasc Res.* 2012;94(2):266-75.
 19. Fortin MF. *O processo de investigação: da concepção à realização.* 5ª ed. Loures: Lusociência; 2009. ISBN 9789728383107
 20. Velosa SF, Pestana DD. *Introdução à probabilidade e à estatística.* 3ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 2008. ISBN 9789723111507
 21. Lança CC, Reis C, Lança L. Perceção visual na avaliação diagnóstica em mamografia: uma revisão sistemática [Visual perception and diagnostic evaluation in mammography: a systematic review]. *Saúde Tecnol.* 2012;(T1):31-40. Portuguese.
 22. Cleveland WS, Cleveland WS. A color-caused optical illusion on a statistical graph. *Am Stat.* 1983;37(2):101-5.
 23. Tedford WH Jr, Bergquist SL, Flynn WE. The size-color illusion. *J Gen Psychol.* 1977;97(1st Half):145-9.
- Artigo recebido em 02.08.2015 e aprovado em 22.03.2016

Apêndice 1. Exemplo do display final dos cortes tomográficos do CE apical, médio e basal e do LEV nas escalas de cores Cool, Gray, Gray Invert, Thermal e Warm, utilizado na avaliação visual pelos participantes.



Apêndice 2. Procedimento padrão entregue aos participantes aquando da avaliação visual dos estudos de CPM.

Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa
Licenciatura em Medicina Nuclear
Investigação em Medicina Nuclear 4º Ano

“Influência da escala de cores na avaliação qualitativa das imagens de Cintigrafia de Perfusão do Miocárdio”

Procedimento para avaliação das imagens:

- No ambiente de trabalho, abra a pasta denominada “Projeto de Investigação CPM_Escalas de Cores”;
- Abra o documento “1”;
- Proceda à avaliação visual dos cortes tomográficos apresentados, seguindo as seguintes indicações:
 - Comece por avaliar a escala “Cool”. Com base na classificação apresentada na Tabela 1, atribua a cada parede do ventrículo esquerdo (representadas na Figura 1) um valor de acordo com a perfusão visualizada em cada segmento.
 - Registe os valores na Tabela 3, fornecida separadamente.

Tabela 1: Sistema de classificação por *score* para avaliação visual da perfusão do miocárdio

Score	Captação do radiofarmaco
0	Normal
1	Ligeira redução de captação
2	Redução moderada de captação
3	Redução severa de captação
4	Ausência de captação

Figura 1: Representação esquemática da segmentação por paredes do ventrículo esquerdo

Andréia Figueiredo e Emília Ramos
Ano lectivo: 2014/2015

1

Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa
Licenciatura em Medicina Nuclear
Investigação em Medicina Nuclear 4º Ano

c. Para a escala de cores *Gray*, efectue a avaliação visual de acordo com a classificação apresentada na Tabela 2. Faça a sua avaliação usando sempre a escala *Cool* como comparação.

Tabela 2: Simbologia a utilizar na comparação das escalas de cores

Simbolo	Perfusão visualizada
=	Se a perfusão visualizada for igual à observada na escala <i>Cool</i>
>	Se a perfusão visualizada for superior à observada na escala <i>Cool</i>
<	Se a perfusão visualizada for inferior à observada na escala <i>Cool</i>

d. Registe a avaliação realizada em c) na tabela 3.
e. Para as escalas de cores seguintes, repita o procedimento realizado em c) e d), respeitando a ordem apresentada: *Gray Invert*, *Thermal*, *Warm*.

3.3 Feche o documento 1;

4. Repita o procedimento realizado em 3.1. para os ficheiros de 2 a 35. Deve seguir a ordem numérica dos ficheiros.

Obrigada pela sua disponibilidade e participação!!

Andréia Figueiredo e Emília Ramos
Ano lectivo: 2014/2015

2

Apêndice 3. Exemplo da grelha de avaliação para registo das avaliações visuais atribuídas a cada parede do VE. Cada estudante preencheu 35 grelhas de avaliação, uma por estudo de CPM.

“Avaliação da influência das escalas de cores na avaliação qualitativa da perfusão na Cintigrafia de Perfusão do Miocárdio”

Idade: ____	____ Estudante ____ Ano	Sexo: ____ Feminino ____ Masculino
-------------	-------------------------	--

1		Cool	Gray	Gray Invert	Thermal	Warm
Curto Eixo	Apical	Anterior				
		Inferior				
		Lateral				
		Septal				
	Médio	Anterior				
		Inferior				
		Lateral				
		Septal				
	Basal	Anterior				
		Inferior				
		Lateral				
		Septal				
Longo Eixo Vertical	Ápex					