

Exposição dos técnicos de medicina nuclear durante testes de ventilação pulmonar

M. Alves¹, Ana Cristina Duarte¹, A. Mylkiwska¹, E. Pereira², V. Jerónimo³, Elisabete Carolino^{4,5}, Lina Vieira⁵⁻⁷

1. Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal. anacristinamatosduarte@gmail.com
2. Departamento de Medicina Nuclear, Hospital Particular de Almada. Almada, Portugal.
3. Departamento de Medicina Nuclear, Hospital Beatriz Ângelo. Loures, Portugal.
4. Unidade de Ensino e Investigação em Matemática e Física, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
5. Centro de Investigação em Saúde e Tecnologia (H&TRC), ESTeSL – Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
6. Unidade de Ensino e Investigação em Fisiologia, Imagem Médica e Terapia, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.
7. Grupo de Investigação em Modelação e Optimização de Sistemas Multifuncionais (GI-MOSM, ADEM, ISEL), ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, Portugal.

RESUMO: Introdução – O teste da ventilação requer a inalação de um radiofármaco pelo paciente, o que pode conduzir a contaminações dos técnicos de medicina nuclear (TMN) pelo gás radioativo. **Objetivo** – Avaliar a exposição à radiação ionizante do TMN durante testes de ventilação pulmonar com ^{99m}Tc-*Technegas*® através da monitorização de contaminações externas das mãos e rosto. **Métodos** – Monitorização de quatro TMN de dois serviços diferentes durante a realização de estudos de ventilação pulmonar, utilizando para o efeito o monitor de radiação *Geiger-Müller*. Foram medidos os valores de radiação de fundo da sala onde é realizado o teste de ventilação pulmonar antes e após o procedimento, com e sem a presença do paciente; foi medida a taxa de dose nas mãos (com e sem as luvas utilizadas no procedimento) e no rosto (com e sem a máscara utilizada no procedimento). Os dados foram analisados no *software* estatístico SPSS, v. 22.0 para *Windows*. **Resultados** – Verificou-se que em ambos os serviços de medicina nuclear estudados os valores de taxa de dose mais elevados foram medidos após o teste de ventilação, com o paciente dentro da sala. O serviço Y apresentou valores de taxa de dose superiores ao nível de significância de 5% nas mãos com as respetivas luvas, nas luvas usadas durante o procedimento, no rosto com a respetiva máscara e na máscara. **Conclusão** – A contaminação na sala é tanto maior quanto maior o número de estudos de ventilação realizados. As luvas constituem uma barreira externa contra a contaminação direta nas mãos. As máscaras reduzem o risco de contaminação do rosto do TMN.

Palavras-chave: Cintigrafia de ventilação pulmonar; Exposição à radiação; Proteção e segurança radiológica; Taxa de dose; ^{99m}Tc-Technegas

Exposure of nuclear medicine technologists during pulmonary ventilation scan

ABSTRACT: Introduction – The ventilation technique requires a patient to inhale a radiopharmaceutical. During the procedure, the technologist risks being contaminated with radioactive gas. **The aim of the study** – To evaluate the exposure to radiation of the nuclear medicine technologists during lung ventilation studies with ^{99m}Tc-*Technegas*® through the monitoring of external contaminations of the hands and face. **Methods** – Measurement of four nuclear medicine technologists from two different nuclear medicine departments, using a *Geiger-Müller* counter. We measured the dose rate of the ventilation room background before and after the procedure, with

and without the presence of the patient; we measured the dose rate on the hands (with and without the gloves used during the procedure) and on the face (with and without disposable facemask used during the procedure). The data was analyzed using SPSS statistic software, v. 22.0 for Windows. **Results** – We verified both departments showed higher dose rate values after the ventilation procedure while the patient stills in the room. Department Y showed higher dose rate values with a significant value of 5% on the hands with gloves on, on the gloves used during the procedure, on the face with the disposable mask on and on the mask. **Conclusions** – Background dose rate rises with the increase in the number of ventilation studies performed. Gloves are an external barrier against direct contamination on the hands. Face masks reduce the contamination risk on the face.

Keywords: Dose rate; Lung ventilation scintigraphy; Nuclear medicine technologist exposure; Radiation safety and protection; ^{99m}Tc-Technegas

Introdução

A cintigrafia de ventilação e perfusão pulmonar é um exame frequentemente utilizado para um rápido e eficaz diagnóstico de tromboembolismo pulmonar (TEP)¹⁻² agudo e crônico.

Segundo a Associação Europeia de Medicina Nuclear, o protocolo *standard* para a execução da cintigrafia de ventilação e perfusão pulmonar comporta o teste da ventilação pulmonar, que permite avaliar a componente inalatória do sistema respiratório através da inalação de um radiofármaco, bem como o estudo da perfusão, que permite avaliar a componente circulatória do mesmo². As micropartículas de grafite radiomarcadas com ^{99m}Tc, cujo diâmetro varia entre 0,005-0,2 μm^{2-4} , tendem a aderir aos objetos existentes no próprio equipamento, tornando necessário aumentar a atividade de ^{99m}Tc utilizada para a formação do gás radioativo⁵⁻⁶.

O radiofármaco estudado foi o ^{99m}Tc-*Technegas*[®] que é um pseudogás, por contaminação pode ser inalado e sofrer deposição na pele e cabelo dos TMN que realizam o procedimento. Os estudos defendem que esta técnica é a que apresenta mais vantagens de entre as atualmente disponíveis para a realização do teste de ventilação pulmonar, visto que este radiofármaco entra rapidamente na via respiratória⁷.

Um dos objetivos da diretiva 2013/59/EURATOM é o de “estabelecer normas de segurança de base uniformes para a proteção da saúde de pessoas sujeitas a exposição profissional”^{8,6}. A proteção e segurança radiológica debate-se em três grandes princípios básicos: princípio da justificação, otimização e limitação de dose para todas as formas possíveis de exposição. Para profissionais expostos o limite de dose efetiva anual, para o corpo inteiro, é de 20 mSv e 500 mSv para a pele e extremidades⁸⁻⁹.

O princípio da otimização está também refletido no trinômio da proteção radiológica: redução do tempo de exposição, maximização da distância à fonte e utilização de barreiras^{8,10}. O incremento da distância entre o técnico e o paciente compromete potencialmente o exame e a qualidade das imagens recolhidas¹¹⁻¹², pelo que é preciso compensar com a redução do tempo de exposição e utilização de barreiras – luvas e máscara.

A contaminação interna à radiação ionizante deve-se à ingestão, inalação ou absorção de substâncias radioativas^{8,10}. A proteção dos trabalhadores à contaminação interna tem por base a proibição de comer, beber e fumar em locais onde existam fontes radioativas não seladas, bem como o uso de equipamento protetor para a pele e máscara para evitar inalação de gases radioativos¹⁰.

De acordo com um estudo conduzido por Vanbiloen e colaboradores (em 1999), a contaminação radioativa encontrada nas batatas, cabelos, solas de sapatos, bem como de outras estruturas presentes na sala onde se realizaram os testes de ventilação pulmonar foi desprezável, dado tratar-se de valores de taxa de dose equivalentes ao que se encontram habitualmente como radiação de fundo dessas salas. No entanto, estes investigadores alertaram para a importância do uso de luvas e máscaras faciais como metodologia de proteção radiológica, na medida em que as taxas de dose encontradas nestas estruturas foram elevadas (7,4 \pm 14,2kBq e 1,5 \pm 2,0kBq, respetivamente)¹¹.

A literatura refere que a contaminação nos técnicos resulta em parte da incapacidade do paciente em manter um correto posicionamento do bucal utilizado para o teste de ventilação; também as máscaras hospitalares convencionais apresentam um baixo nível de eficácia no que diz respeito à redução da deposição interna dos aerossóis radiomarcados em níveis toleráveis¹³. A maioria das contaminações dá-se sob a forma de deposição externa em detrimento das contaminações internas e, por esse motivo, o uso de proteção respiratória (máscara facial) pelo profissional de saúde é desnecessária, além de que pode causar desconforto nos pacientes que estão a fazer o teste de ventilação¹⁴.

Esta investigação tem como objetivo principal avaliar a exposição à radiação ionizante do TMN durante o teste da ventilação pulmonar com o radiofármaco ^{99m}Tc-*Technegas*[®] pela monitorização de contaminações das mãos e rosto. Pretende-se ainda avaliar o impacto do número de testes de ventilação por dia executados pelo TMN na exposição do mesmo e comparar ambos os hospitais na exposição das mãos e do rosto dos TMN.

Materiais e Métodos

Amostra não probabilística por conveniência, constituída por quatro técnicos de medicina nuclear (A, B, C e D) de dois serviços de medicina nuclear (SMN) distintos (X e Y); os técnicos A e B pertencem ao serviço X e os técnicos C e D ao serviço Y. O critério de inclusão foi a realização de um teste de ventilação pulmonar pelo menos a um paciente, utilizando o radiofármaco ^{99m}Tc -*Technegas*[®].

O estudo decorreu de 23 de janeiro a 5 de junho de 2018. Foram recolhidos dados em 18 testes de ventilação pulmonar realizadas no serviço de medicina nuclear X e 13 testes de ventilação pulmonar realizadas no serviço Y.

Os equipamentos *Geiger-Müller* encontravam-se devidamente calibrados e verificados pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa, com um erro associado de 10%. No serviço X utilizou-se um *ATOMTEX Radiation monitor AT1125* e no serviço Y um *Radhound Southern Scientific SS300*.

A atividade média de ^{99m}Tc introduzida no equipamento de *Technegas*[®] utilizada pelo serviço X foi de 375 ± 11 MBq, enquanto a atividade utilizada pelo serviço Y foi em média de 385 ± 17 MBq. Em cada um dos serviços era normalmente realizado mais do que um teste de ventilação pulmonar por dia, tendo sido realizados até três a quatro exames no mesmo dia.

Nos serviços em que foi realizado o teste, antes de cada teste de ventilação pulmonar procedeu-se à medição da radiação de fundo da sala onde o procedimento foi realizado. Posteriormente foi explicado o exame ao paciente e treinado a respirar com o bucal. Solicitou-se a todos os pacientes que semicerrassem os lábios à volta do bucal para não deixar sair o radiofármaco pela boca e que fizessem inspirações profundas, de modo a permitir que o radiofármaco fosse difundido pelos alvéolos pulmonares.

No serviço X foram colocadas duas máscaras de papel descartáveis no paciente com uma abertura para o bucal do equipamento antes de se iniciar o teste de ventilação, enquanto no serviço Y colocou-se a máscara descartável no paciente após a realização do teste de ventilação.

Durante o teste de ventilação, e em ambos os serviços, o TMN usou uma máscara descartável (*DAHLHAUSEN*[®] no serviço X e *CAHNOS, S.L.*[®] no Y) e luvas descartáveis (*DERMA-GRIP*[®] no serviço X e *RUBBERGOL*[®] no Y), mantendo uma distância de aproximadamente um metro do paciente. Após o término da atividade mediu-se novamente o valor da radiação de fundo da sala de ventilação com o paciente ainda no seu interior e após o paciente abandonar a sala. Na realização de todas as medições da radiação de fundo da sala de ventilação, o equipamento *Geiger-Müller* manteve-se a uma distância de aproximadamente dois metros do aparelho de *Technegas*[®] e do paciente.

No final do teste de ventilação realizou-se a medição da taxa de dose com o equipamento *Geiger-Müller*, a uma distância média de 2cm, das seguintes estruturas do técnico:

- Mãos com e sem luvas;
- Rosto com e sem máscara.

Foi igualmente caracterizado o grau de dificuldade que o paciente demonstrou durante a inalação do radiofármaco através de uma escala numérica criada pelos autores:

- 0: nenhuma dificuldade;
- 1: dificuldade ligeira;
- 2: dificuldade moderada;
- 3: difícil.

Foi contabilizado o número de inalações efetuadas por cada paciente.

Os dados foram analisados no *software* estatístico SPSS, v. 22.0 para *Windows*.

A variável referente à «Radiação de fundo após a ventilação sem paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)», no serviço X apresenta apenas 13 medições da taxa de dose recolhidas com o equipamento *Geiger-Müller*. Desta forma, e conforme os testes estatísticos utilizados, na comparação desta variável com outra ou outras, o *n* é automaticamente assumido como 13 e não 18 (*n*-1) por falta de informação.

Os resultados foram considerados significativos ao nível de significância de 5%. Para testar a normalidade dos dados utilizou-se o teste *Shapiro-Wilk*.

Para comparar a radiação de fundo na sala antes e após a realização do teste de ventilação, com e sem o paciente no interior da sala para cada serviço e entre os dois serviços, utilizou-se o teste *Friedman* e *Mann-Whitney*, respetivamente.

Para proceder à comparação entre os valores de taxa de dose recolhidos das medições das mãos com e sem luvas, do rosto com e sem máscara facial, em cada serviço, utilizou-se o teste *Wilcoxon* e para comparação das mesmas estruturas entre os dois serviços utilizou-se o teste *Mann-Whitney*.

Para averiguar a existência de uma correlação entre o número de inalações efetuadas pelos pacientes e o grau de dificuldade utilizou-se o teste de *Spearman*.

Todos os princípios éticos foram respeitados e aos TMN foi garantida a participação consentida no estudo, zelando pelo seu anonimato.

Resultados

A todos os valores registados com o equipamento *Geiger-Müller* foram retirados os valores da radiação de fundo da sala onde foi realizado o teste de ventilação pulmonar.

Detetaram-se diferenças estatisticamente significativas na comparação entre a radiação de fundo da sala de ventilação antes e após o teste de ventilação com e sem o paciente no interior da sala (*cf.* Tabela 1). Também foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre a radiação de fundo antes e após o teste de ventilação, com e sem paciente presente na sala, quer no serviço X ($p < 0,001$) quer no serviço Y ($p < 0,001$), verificando-se que em ambos os serviços o momento em que a sala apresenta valores de taxa de dose mais elevados é após o teste de ventilação com o paciente na sala onde se realizou o teste.

Tabela 1. Resultados do teste *Friedman* da radiação de fundo da sala de ventilação antes e após o teste ventilação com e sem o paciente no interior da sala no serviço X e Y

		Ordens	Estatística de teste			
		Média das ordens	n	Qui-quadrado	g.l.*	P
Serviço X	Radiação de fundo antes da ventilação ($\mu\text{Sv/h}$)	1,31	13	15,846	2	< 0,001†
	Radiação de fundo após a ventilação com paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)	2,85				
	Radiação de fundo após a ventilação sem paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)	1,85				
Serviço Y	Radiação de fundo antes da ventilação ($\mu\text{Sv/h}$)	1,00	13	26,000	2	< 0,001†
	Radiação de fundo após a ventilação com paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)	3,00				
	Radiação de fundo após a ventilação sem paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)	2,00				

* Graus de liberdade

† Diferenças estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%

Quando comparado o serviço X com o Y (cf. Tabela 2) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p's < 0,05$) entre a radiação de fundo antes e após o teste de ventilação, com e sem o paciente presente na sala onde se realizou o teste.

Tabela 2. Resultados do teste *Mann-Whitney* para a comparação entre a radiação de fundo antes e após o teste de ventilação, com e sem o paciente presente na sala onde se realizou o teste dos serviços X e Y

Estatística de Teste					
	Serviço	N	Média das ordens	Mann-Whitney U	P
Radiação de fundo antes da ventilação ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	17,50	90,000	,277
	Y	13	13,92		
	Total	31	-		
Radiação de fundo após a ventilação c/ paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	15,25	103,500	,588
	Y	13	17,04		
	Total	31	-		
Radiação de fundo após a ventilação s/ paciente na sala ($\mu\text{Sv/h}$)	X	13	12,04	65,500	,328
	Y	13	14,96		
	Total	26	-		

Os resultados apresentados na Tabela 3 permitem detetar diferenças estatisticamente significativas entre a taxa de dose das mãos com e sem luvas e do rosto com e sem máscara no serviço X ($p's < 0,05$). As mãos com luvas apresentam valores de taxa de dose superiores às mãos sem as luvas. O mesmo se aplica à máscara.

Tabela 3. Resultados do teste *Wilcoxon* para a comparação da taxa de dose entre as mãos com e sem luvas e entre o rosto com e sem máscara no serviço X

Serviço X		N	Ordens	Estatística de teste	
			Média das ordens	Z	P
Mãos sem luvas ($\mu\text{Sv/h}$) – Mãos com luvas ($\mu\text{Sv/h}$)	Negative Ranks	10*	7,20	-2,589	0,010‡
	Positive Ranks	2	3,00		
	Ties	6	-		
	Total	18	-		
Rosto sem máscara e ($\mu\text{Sv/h}$) – Rosto com máscara ($\mu\text{Sv/h}$)	Negative Ranks	11†	8,91	-2,860	0,004‡
	Positive Ranks	3	2,33		
	Ties	4	-		
	Total	18	-		

* Mãos com luvas ($\mu\text{Sv/h}$) > Mãos sem luvas ($\mu\text{Sv/h}$)† Rosto com máscara facial ($\mu\text{Sv/h}$) > Rosto sem máscara facial ($\mu\text{Sv/h}$)

‡ Diferenças estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%

A Tabela 4 apresenta diferenças estatisticamente significativas na taxa de dose entre as mãos com e sem luvas e entre o rosto com e sem máscara no serviço Y ($p's < 0,05$). As mãos com luvas apresentam valores de taxa de dose superiores às mãos sem as luvas. O mesmo se aplica à máscara.

Tabela 4. Resultados do teste *Wilcoxon* para a comparação da taxa de dose entre as mãos com e sem luvas e entre o rosto com e sem máscara no serviço Y

Serviço Y		N	Ordens	Estatística de teste	
			Média das ordens	Z	P
Mãos sem luvas ($\mu\text{Sv/h}$) – Mãos com luvas ($\mu\text{Sv/h}$)	Negative Ranks	11*	7,09	-2,271	0,023‡
	Positive Ranks	2	6,50		
	Ties	0	-		
	Total	13	-		
Rosto sem máscara ($\mu\text{Sv/h}$) – Rosto com máscara ($\mu\text{Sv/h}$)	Negative Ranks	12†	6,50	-3,064	0,002‡
	Positive Ranks	0	0,00		
	Ties	1	-		
	Total	13	-		

* Mãos com luvas ($\mu\text{Sv/h}$) > Mãos sem luvas ($\mu\text{Sv/h}$)† Rosto com máscara facial ($\mu\text{Sv/h}$) > Rosto sem máscara facial ($\mu\text{Sv/h}$)

‡ Diferenças estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%

A Tabela 5 representa a média e desvio-padrão da taxa de dose das mãos com e sem luvas e do rosto com e sem máscara nos serviços X e Y.

Tabela 5. Média e desvio-padrão da taxa de dose das mãos com e sem luvas e do rosto com e sem máscara no serviço X e Y

Estruturas ($\mu\text{Sv/h}$)					
		Mãos com luvas	Mãos sem luvas	Rosto com máscara	Rosto sem máscara
X	Média	0,323	0,26	0,287	0,231
	Desvio-padrão	0,385	0,349	0,341	0,323
Y	Média	0,61	0,268	0,597	0,203
	Desvio-padrão	0,453	0,2	0,468	0,166

Na Tabela 6 foram detetadas diferenças estatisticamente significativas nos valores de taxa de dose das medições das mãos com luvas, luvas, rosto com máscara e máscara na comparação entre o serviço X e Y ($p's < 0,05$). O serviço Y apresenta valores superiores de taxa de dose nas mãos com luvas, nas luvas, no rosto com máscara e na máscara que no serviço X. Não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre o serviço X e Y nas mãos sem luvas e no rosto sem máscara ($p's < 0,05$).

Tabela 6. Resultados do teste *Mann-Whitney* para a comparação de valores de taxa de dose das mãos com e sem luvas, das luvas, do rosto com e sem máscara e da máscara entre o serviço X e Y

Estrutura	Serviço	N	Ordens	Estatística de Teste	
			Média das ordens	<i>Mann-Whitney U</i>	P
Mãos com luvas ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	13,17	66,000	0,041*
	Y	13	19,92		
	Total	31	-		
Mãos sem luvas ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	14,50	90,000	,278
	Y	13	18,08		
	Total	31	-		
LUVAS ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	13,22	67,000	0,016*
	Y	13	19,85		
	Total	31	-		
Rosto com máscara ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	13,14	65,500	0,039*
	Y	13	19,96		
	Total	31	-		
Rosto sem máscara ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	14,81	95,500	,388
	Y	13	17,65		
	Total	31	-		
MÁSCARA ($\mu\text{Sv/h}$)	X	18	11,47	35,500	< 0,001*
	Y	13	22,27		
	Total	31	-		

*Diferenças estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%

Considerando os resultados obtidos após a realização da correlação de *Spearman*, apresentados na Tabela 7, não foi encontrada uma correlação estatisticamente significativa entre o grau de dificuldade de inalação por parte dos pacientes e o número de inalações realizadas ($r_s=0,232$).

Tabela 7. Correlação de *Spearman* entre o número de inalações efetuadas por cada paciente e o grau de dificuldade de inalação por parte do paciente

		Número de inalações efetuadas por cada paciente	
Spearman's rho	Grau de dificuldade de inalação por parte do paciente	Correlation coefficient (r_s)	,232
		Sig. (2-tailed)	,209
		N	31

Discussão

A exposição dos TMN durante o teste de ventilação com o uso de ^{99m}Tc -*Technegas*[®] pode estar condicionada por quatro fontes: (1) contaminação interna devido à inalação do ar contaminado; (2) contaminação externa da pele e roupa devido à exposição ao ar contaminado; (3) exposição externa devido à exposição a uma fonte de radiação – o paciente; e (4) exposição externa devido ao sistema de ventilação⁶.

De acordo com a Tabela 1, verifica-se que em ambos os SMN o valor de taxa de dose mais elevado da radiação de fundo é após a realização do teste de ventilação pulmonar com o paciente no interior da sala. Este aumento da taxa de dose pode dever-se à realização de múltiplos testes de ventilação consecutivos por dia, fugas do radiofármaco pelo sistema de inalação do paciente que podem originar contaminações do ar da sala e pelo próprio paciente constituir uma fonte de radiação^{6,8,11}.

Apesar dos protocolos do teste de ventilação pulmonar apresentarem diferenças quanto ao momento de colocação da máscara no paciente durante o teste, quando comparamos o serviço X com o serviço Y (cf. Tabela 2) não observamos diferenças estatisticamente significativas nos valores de taxa de dose, o que sugere que os valores medidos referentes à radiação de fundo da sala do teste de ventilação não são influenciados pelo procedimento adotado por cada um dos serviços.

A atividade média utilizada nos procedimentos de ventilação difere apenas em 10 MBq entre o serviço X ($375\pm 11\text{MBq}$) e o Y ($385\pm 17\text{MBq}$) e, como não existem diferenças estatisticamente significativas quando comparamos a radiação de fundo da sala do teste de ventilação entre os serviços (cf. Tabela 2), não podemos afirmar que no serviço Y os técnicos estão sujeitos a uma maior exposição do que no serviço X durante o procedimento de ventilação, devido à diferença de atividade utilizada durante este procedimento.

Em ambos os serviços (cf. Tabela 3 e 4) foram detetadas diferenças estatisticamente significativas. As mãos com luvas apresentam valores superiores de taxa de dose quando comparados os das mãos sem luvas, o que significa que houve contaminação nas luvas. O mesmo foi observado com

a máscara. As luvas e a máscara são uma fonte de contaminação e, conseqüentemente, exposição à radiação, pelo que é importante descartar as luvas e a máscara utilizadas durante o teste de ventilação imediatamente após o término da atividade^{6,8}.

A Tabela 6 traduz os resultados da análise estatística referente à comparação entre o serviço X e o serviço Y nas diferentes estruturas monitorizadas. Os valores de taxa de dose superiores das mãos com luvas e das luvas no serviço Y, em comparação com o serviço X, podem ser devido a ocorrências de contaminação nas luvas durante o teste de ventilação.

Quanto aos valores superiores de taxa de dose do rosto com máscara apresentados pelo serviço Y, em relação ao serviço X, significa que houve contaminação da máscara ou do rosto durante o teste como, por exemplo, fuga do radiofármaco pelo sistema de *Technegas*[®] e contaminação do ar^{6,11}. A máscara utilizada pelo serviço Y apresenta uma taxa de dose superior quando comparada com a do serviço X. Uma das causas para a diferença de valores pode estar associada ao procedimento adotado por cada serviço para a colocação da máscara no paciente: no serviço X eram colocadas duas máscaras de papel descartáveis no paciente antes de se iniciar o teste de ventilação, enquanto no serviço Y colocava-se a máscara descartável no paciente só após o término do teste de ventilação. Outra possível causa seria a própria constituição da máscara, sendo que a utilizada pelo serviço Y é constituída por um material polipropileno com filtro que pode ser mais suscetível à aderência da radiação, enquanto no serviço X as máscaras eram de papel.

Contrariamente ao afirmado em alguns estudos, os resultados do presente estudo (cf. Tabela 5) mostraram que o uso de máscaras se apresenta como barreira contra a inalação do gás e, conseqüentemente, à redução da exposição à radiação do rosto dos TMN¹⁴.

Não foram detetadas diferenças significativas entre o serviço X e Y nos valores de taxa de dose das mãos sem luvas e do rosto sem máscara (cf. Tabela 6), o que sugere que a exposição à radiação das mãos e do rosto não parece ser influenciada pelas diferenças entre protocolos na realização do teste de ventilação pulmonar. A exposição à radiação do rosto sem

máscara não é influenciada pela diferença do material das máscaras utilizadas, uma vez que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois serviços nos valores de taxa de dose, o que sugere que é necessária a utilização de uma barreira (máscara) independentemente da sua constituição.

Apesar de não existir uma correlação estatisticamente significativa na Tabela 7, é possível observar que o sentido desta relação é positivo ($r_s=0,232$), o que significa que a tendência será quanto maior o grau de dificuldade de inalação por parte do paciente, maior será também o número de inalações realizadas. Estes resultados, por sua vez, vão de encontro à prática diária dos TMN envolvidos no estudo para garantir imagens com qualidade.

Como possíveis limitações do estudo ressalva-se o diminuto número de dados recolhidos e a intervariabilidade de investigadores na realização dos procedimentos.

Apesar dos protocolos apresentarem algumas diferenças entre os dois serviços, ambos seguiram as orientações das *guidelines* propostas. Adicionalmente, os valores de dose mensal acumulada dos técnicos de ambos os serviços respeitaram os limites de dose legais estabelecidos.

Conclusão

A exposição ocupacional à radiação ionizante continua a ser um assunto de extrema importância, tanto para os profissionais envolvidos como para as organizações de proteção e segurança radiológica. Havendo uma monitorização contínua no local de trabalho dos TMN é possível uma sensibilização quanto à segurança e proteção radiológica que deve ser adotada, para que a saúde não seja colocada em risco.

As luvas são um meio material imprescindível para o uso aquando dos procedimentos que envolvem o manuseamento de radiação, pois constituem uma barreira externa contra a contaminação direta das mãos. No entanto, se as luvas estiverem contaminadas maior será a exposição nas mãos. Uma das soluções para evitar uma maior exposição nas mãos, quando existem suspeitas de contaminação, é trocar de luvas imediatamente.

As máscaras reduzem o risco de contaminação do rosto do TMN. O uso de duas máscaras descartáveis com abertura para o bucal durante as inalações é vantajosa para diminuir a exposição do TMN durante o procedimento, quando comparado com a colocação da máscara no paciente após o teste de ventilação pulmonar.

Conclui-se ainda que quanto maior for o número de testes de ventilação realizados no mesmo dia, maior será a contaminação do ar na sala de ventilação e, portanto, maior a exposição à radiação dos TMN – especialmente se o procedimento for realizado sempre pelo mesmo técnico, devendo existir rotatividade do profissional que acompanha o teste de ventilação durante o mesmo dia.

Atendendo à dimensão da amostra e às variáveis externas que poderiam ter influenciado as medições com o equipamento *Geiger-Müller*, sugere-se a continuação do presente estudo de forma a poder tirar conclusões que possam ser extrapoladas não só para estes dois SMN como para outros.

Referências bibliográficas

- Oliveira R, Santos D, Ferreira D, Coelho P, Veiga F. Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações [Radio-pharmaceuticals and applications]. *Rev Bras Ciênc Farm.* 2006;42(2):151-65. Portuguese
- Bajc M, Neilly JB, Miniati M, Schuemichen C, Meignan M, Jonson B. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy: Part 1. Pulmonary imaging with ventilation/perfusion single photon emission tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2009;36(8):1356-70.
- López Medina A, Miñano JA, Terrón JA, Ballejos JA, Guerrero R, Arroyo T, et al. Calculation of airborne radioactivity in a Technegas lung ventilation unit. *Nucl Med Commun.* 1999;20(12):1141-5.
- Senden TJ, Mook KH, Gerald JF, Burch WM, Browitt RJ, Ling CD, et al. The physical and chemical nature of technegas. *J Nucl Med.* 1997;38(8):1327-33.
- Cyclomedica. Recommended Technegas delivery protocol [website]. Kingsgrove: Cyclomedica; 2013. Available from: <http://www.cyclomedica.com/>
- Lloyd JJ, Anderson P, James JM, Shields RA, Prescott MC. Contamination levels and doses to staff arising from the use of Technegas. *Nucl Med Commun.* 1994;15(6):435-40.
- Smart R. Task-specific monitoring of nuclear medicine technologists' radiation exposure. *Radiat Prot Dosimetry.* 2004;109(3):201-9.
- Conselho da União Europeia. Diretiva 2013/59/EURATOM do Conselho, de 5 de dezembro de 2013. *J Of Eur Union.* 2014;L(13):1-73.
- Costa PF. International basic safety standards. In: Rep S, Santos A, Testanera G, editors. Radiation protection and dose optimization: a technologist's guide. Vienna: European Association of Nuclear Medicine; 2016. p. 36-45. ISBN 9783902785121
- Rep S. Occupational radiation protection. In: Rep S, Santos A, Testanera G, editors. Radiation protection and dose optimization: a technologist's guide. Vienna: European Association of Nuclear Medicine; 2016. p. 99-106. ISBN 9783902785121
- Vanbilloen HP, Bauwens J, Mortelmans L, Verbruggen AM. Reduction of contamination risks during clinical studies with Technegas. *Eur J Nucl Med.* 1999;26(10):1349-52.
- Kawase S, Ohno K, Nakamoto Y, Miyatake H. Safety management of nuclear medicine personnel with visualisation of air dose rate. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015;165(1-4):439-42.
- Huff RD, Horwitz P, Klash SJ. Personnel protection during aerosol ventilation studies using radioactive technetium (Tc99m). *Am Ind Hyg Assoc J.* 1994;55(12):1144-8.
- Pityn PJ, King ME, VanderWerf R. Apparent versus real exposures of nuclear medicine technologists during aerosol lung ventilation scanning. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1996;57(2):202-4.

Conflito de interesses

Os autores declaram não possuir quaisquer conflitos de interesse.

Artigo recebido em 28.08.2018 e aprovado em 26.03.2019.