

Metodologia de análise e interpretação dos indicadores de exposição (EI) e seus desvios (DI) em radiologia computadorizada

Methodology of analysis and interpretation of exposure indicators (EI) and their deviations (DI) in computerized radiology

Laura F. Braga¹, Ricardo B. Pimentel¹, Thiago S. Dias¹, Murilo F.M. Assunção¹, Francisco S. A. Salido², Rodrigo F. C. A. Neves², Silvio R. Pires³, Regina B. Medeiros¹, Marcelo B. Freitas⁴

¹Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Centro de Diagnóstico por Imagem, Hospital do Rim, São Paulo, Brasil

³Departamento de Oncologia Clínica e Experimental, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

⁴Departamento de Biofísica, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

Resumo

O indicador de exposição (EI) é um parâmetro numérico que fornece uma estimativa da quantidade de radiação que alcançou o detector em sistemas de imagem digitais. Este indicador na radiografia computadorizada (CR) pode auxiliar os técnicos na busca da condição ótima na relação entre dose e qualidade de imagem. Um indicador de exposição alvo (EI_T) deve ser definido pela instituição para cada sistema radiográfico digital e para cada tipo de exame/projeção. O desvio do indicador de exposição praticado (EI) em relação ao valor esperado (EI_T), para um exame radiológico específico, pode ser avaliado por um índice de desvio (DI). O TG-116 da AAPM estabeleceu limites e ações relacionados a valores de DI. Em 2018, o TG-232 da AAPM realizou um estudo sobre a implementação prática das recomendações do TG-116, propondo novos limites e ações, agora baseados no desvio padrão (DP) da distribuição de DI. Neste sentido, o objetivo desse trabalho foi analisar as distribuições de DI dos principais exames praticados em um setor de radiologia convencional de um hospital especializado, levando em conta os aspectos descritos no TG-232 da AAPM. No total, foram analisados 975 dados de EI e DI para tórax (PA, AP e LAT) e uretrocistografia (abdome AP), de um sistema de radiografia computadorizada (CR). O resultado das distribuições de DI dos exames mostrou que os valores de DI mais frequentes estão distantes do recomendado ($DI=0$), embora as imagens tenham sido consideradas clinicamente aceitáveis. Isso pode sugerir que os valores do indicador de exposição-alvo (EI_T) não foram definidos adequadamente ou que os parâmetros de exposição utilizados pelos técnicos/tecnólogos devem ser revistos. Além disso, os limites de ação para o DI definidos em ± 1 e $\pm 2DP$, como recomendado pelo TG-232, fornecem uma melhor interpretação das ações que devem ser implementadas no setor.

Palavras-chave: indicador de exposição (EI), indicador de desvio (DI), radiografia computadorizada (CR), radiologia, proteção radiológica, otimização.

Abstract

The exposure index (EI) is a numerical parameter that provides an amount of exposure data that can be detected in digital imaging systems. This indicator can help in the search for optimal situation at the interface between dose and image quality in the computed radiography (CR). A target exposure indicator (EI_T) should be established by the institution for each digital radiographic system and for each type of examination and projection. The deviation of the exposure index practiced (EI) can be considered by a deviation index (DI). The AAPM TG-116 covers standards and actions related to DI values. In 2018, the AAPM TG-232 conducted a new study on the practical implementation of the TG-116, proposing new limits and actions, now based on the standard deviation (SD) of DI distribution. In this regard, the objective of this work was to analyze the DI distributions of the main examinations practiced in a general radiology department of a specialized hospital, in the perspective of the AAPM TG-232 publication. In total, 975 EI and DI data were recorded for the chest x-ray (PA, AP and LAT) and urethrocytography (AP abdomen) from a computed radiography (CR) system. The results of the DI distributions from x-rays showed that the most frequent DI values deviate from the recommended ones ($DI = 0$), although the images were considered clinically acceptable. This may suggest that the values of the target exposure indicator (EI_T) have not been adequately defined or that exposure parameters used by radiographers should be reviewed. In addition, the action limits for the DI defined in ± 1 and $\pm 2SD$, as recommended by the TG-232, provide a better interpretation of the actions that should be implemented in the department.

Keywords: exposure index (EI), deviation index (DI), computed radiography (CR), radiology, radiation protection, optimization.

1. Introdução

O indicador de exposição (EI) de sistemas de imagem digitais, diferentemente da velocidade relativa e a sensibilidade nos receptores de imagem convencionais (tela-filme), está associado à quantidade de radiação incidente no detector em

cada radiografia realizada, fornecendo uma estimativa do ruído presente na imagem, ou da razão sinal-ruído.

Do ponto de vista prático, o EI auxilia os técnicos/tecnólogos em radiologia em relação às técnicas radiográficas adequadas para alcançar uma

imagem com qualidade diagnóstica fornecendo baixa dose de radiação ao paciente^{1,2}. Nesse sentido, um indicador de exposição alvo (EI_T) para cada sistema radiográfico digital e para cada tipo de exame deve ser estabelecido pela instituição, considerando as necessidades clínicas daquele tipo de radiografia. Este valor é normalmente estabelecido pelos fabricantes dos sistemas de imagem, considerando as características físicas dos seus detectores.

O desvio do EI praticado em uma dada exposição em relação ao EI_T (exposição “apropriada”) é dado pelo índice de desvio (DI), calculado como³:

$$DI = 10 \log_{10}(EI/EI_T) \quad (1)$$

Logo, um valor de DI igual a 0 (zero) indica que a exposição pretendida no detector foi alcançada³. Embora o indicador de exposição não se relacione diretamente com a dose do paciente, é muito importante rastrear e avaliar os valores EI e DI para garantir o uso correto do equipamento e iniciar o processo de otimização das doses de radiação praticadas nos exames radiológicos³.

Ações devem ser implementadas no serviço de radiologia, a partir da análise da distribuição dos valores de DI (e EI praticados), em conformidade com as recomendações internacionais² – TG-116 da AAPM (Tabela 1).

Tabela 1- Recomendações de ações baseadas no TG-116 da AAPM.

DI	Ações
>+3,0	Exposição excessiva ao paciente
+1 a +3,0	Superexposição, repetir somente se houver comprometimento anatômico.
-0,5 a +0,5	Recomendado
Menor que -1,0	Baixa exposição, consultar radiologista para repetição.
Menor que -3,0	Repetir

Fonte: Baseado em TG-116 AAPM².

Com a padronização dos indicadores de exposição (EI) e o crescente uso de sistemas digitais observou-se que os limites propostos pelo TG-116 da AAPM (Tabela 1) eram muito restritivos e não necessariamente refletiam a realidade clínica, levando a sua revisão com a publicação de um novo documento proposto pela AAPM, o TG-232⁴.

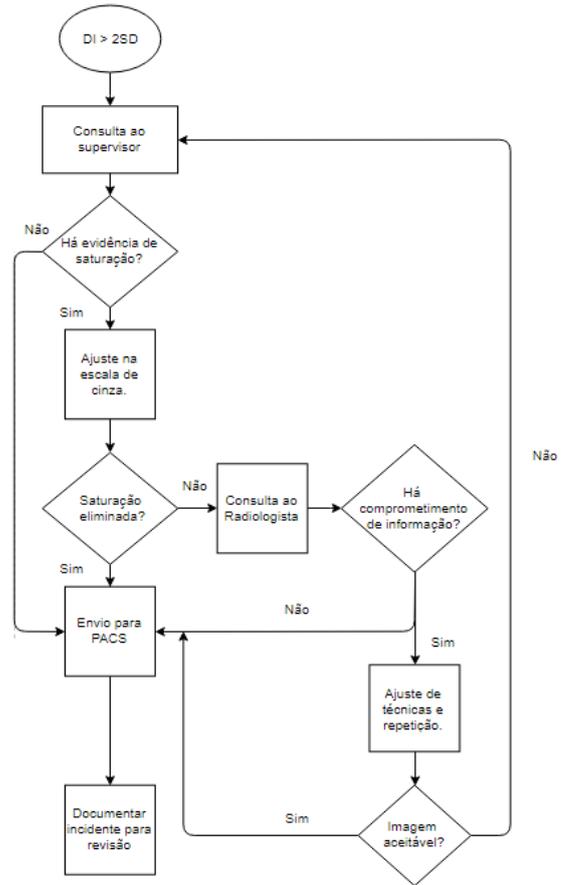
As novas recomendações feitas pelo TG-232 trazem a análise do desvio padrão (DP) da distribuição de DI e não mais seu valor absoluto, como recomendado pela TG-116. As Figuras 1 e 2 apresentam os fluxogramas das ações que devem ser tomadas em valores extremos de DI (>+2DP ou <-2DP). O documento ressalta ainda a importância de uma reavaliação dos valores de EI, DI e dos próprios limites ao longo do tempo, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2- Novas recomendações de ações estabelecidas pelo TG-232 com base na análise do DP da distribuição de DI.

DI	Ações
DI < -1DP* ou DI > +1DP	Registro das ocorrências e revisão periódica
DI > +2DP	Fluxograma da Figura 1
DI < -2DP	Fluxograma da Figura 2

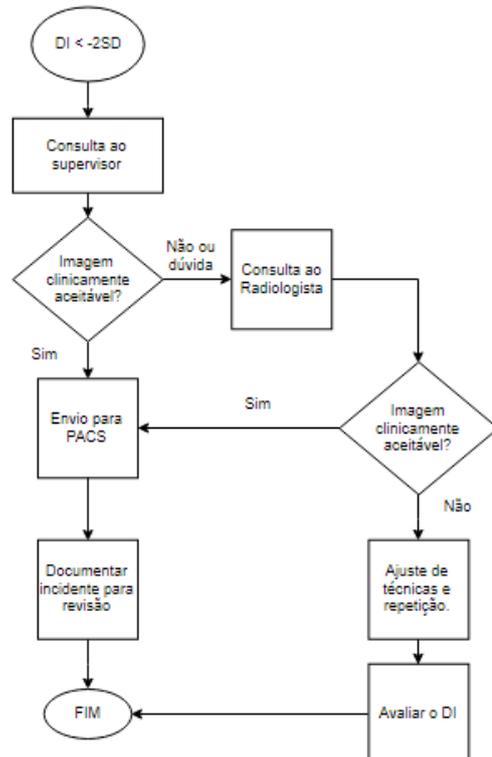
*DP: desvio padrão. Fonte: Baseado em TG-232 AAPM⁴.

Figura 1 – Fluxograma com as ações recomendadas pelo TG-232 da AAPM para valores de DI maiores que duas vezes o desvio padrão.



Fonte: O autor (2019).

Figura 2 – Fluxograma com as ações recomendadas pelo TG-232 da AAPM para valores de DI menores que menos duas vezes o desvio padrão.



Fonte: O autor (2019).

Considerando a atualização das recomendações do TG-116 da AAPM, descritos no TG-232, este trabalho teve como objetivo a implementação de uma metodologia de análise dos indicadores de exposição (EI) e seus desvios (DI), a partir do levantamento das distribuições de DI dos principais exames radiológicos praticados em um setor de radiologia convencional de um hospital especializado de grande porte.

2. Materiais e Métodos

Ao longo de um mês foram coletados os valores do indicador de exposição e seu desvio (EI e DI, respectivamente) praticados nos exames mais frequentes feitos no setor de radiologia de um hospital de grande porte na cidade de São Paulo, totalizando 975 imagens de tórax (AP, PA e LAT) e abdômen AP (uretrocistografia). Também foi feito o acompanhamento dos técnicos do setor durante a realização dos exames, identificando os protocolos (técnicas radiográficas) praticados por cada um deles e os respectivos valores de EI e DI das radiografias. Todas as radiografias foram realizadas com um equipamento de raios X convencional modelo Compacto Plus 600 da marca *Philips*, tendo como sistema de imagem placas de 35x43 cm (*image plate* – IP) e uma leitora *CR12X*, ambos do fabricante, *Agfa*. Todos os testes de controle de qualidade foram realizados nas placas de imagem de acordo com as recomendações internacionais⁵ e todas estavam de acordo com os padrões de desempenho.

A partir dos valores de DI coletados, foram analisadas variáveis estatísticas que caracterizavam a sua distribuição, como média, mediana, desvio padrão e valores máximos e mínimos. A distribuição percentual dos valores de DI, utilizando os limites propostos pelo TG-116, também foi analisada. No estudo só foram consideradas as imagens aceitas clinicamente pelos técnicos, enviadas ao sistema PACS para diagnóstico da equipe médica.

3. Resultados

A distribuição percentual dos valores de DI praticados nos principais exames realizados foi feita levando em conta os limites propostos pelo TG-116 da AAPM (Tabela 3).

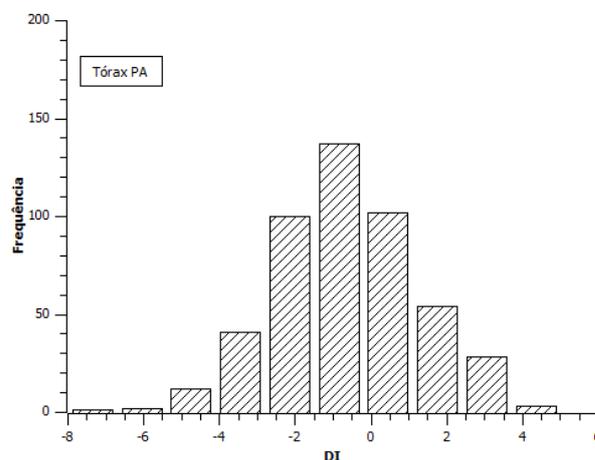
Tabela 3 - Porcentagem de exames analisados que se enquadram em cada faixa de valores de DI propostos pelo TG-116 da AAPM.

Região Anatômica e Projeção	Tórax			Abdômen (Uretrocistografia)
	PA	AP	LAT	AP
n	480	237	51	207
DI	Porcentagem (%)			
>3	2,5	48,1	9,8	28,5
1 a 3	15,2	27,4	17,6	31,4
0,5 a 1	5,8	3,8	13,7	13,0
-0,5 a 0,5	21,5	10,1	15,7	9,2
-0,5 a -1	11,3	4,2	7,8	6,8
-1 a -3	33,3	4,6	23,5	9,7
<-3	10,4	1,7	11,8	1,4

Fonte: O autor (2019).

Uma distribuição típica dos valores de DI para exames de tórax PA pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 – Histograma com a distribuição normal dos valores de DI para o protocolo de Tórax PA.



Fonte: O autor (2019).

Na Tabela 4 podem ser encontrados os valores médios de DI, com seu respectivo desvio padrão e limite inferior e superior, calculados considerando 2 desvios-padrões (2DP), para os tipos mais frequentes de exames praticados no setor (tórax PA, tórax AP, tórax LAT e uretrocistografia – abdome AP). Essa análise considera os limites de DI estabelecidos no TG-232.

Tabela 4 – Valores de DI médio com o respectivo desvio padrão (DP) da distribuição dos principais exames realizados no setor de radiologia, incluindo os limites inferior e superior calculados a partir de 2DPs, em acordo com o TG-232 da AAPM.

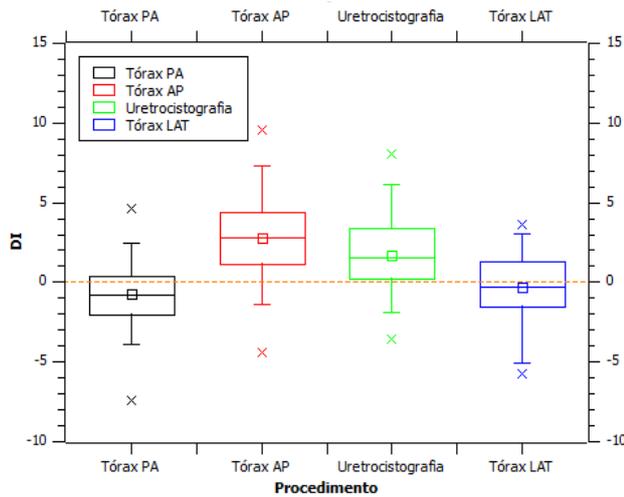
Exame/Projeção	Média DI	Desvio Padrão (DP)	Limite Inferior (DI-2DP)	Limite Superior (DI+2DP)
Tórax PA	-0,72	1,87	-4,46	3,02
Tórax AP (Leito)	2,78	2,60	-2,42	7,98
Tórax LAT	-0,34	2,34	-5,02	4,34
Uretrocistografia (Abdome AP)	1,75	2,38	-3,01	6,51

Fonte: O autor (2019).

Para os protocolos de tórax (PA, AP e LAT) é utilizado um EI_T de valor igual a 300 e para o protocolo de uretrocistografia AP um EI_T de 450, todos estabelecidos pela fabricante do sistema de imagem CR.

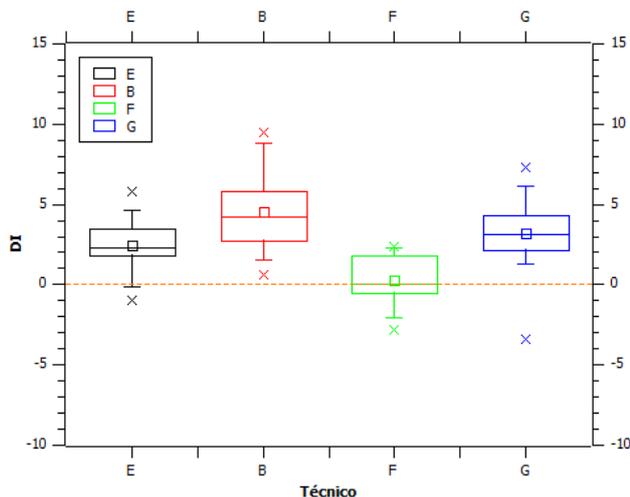
As Figuras 4 e 5 apresentam as distribuições dos valores de DI para diferentes radiografias (exames) e diferentes técnicos do setor, respectivamente.

Figura 4 – Distribuição dos valores de DI para diferentes radiografias praticadas.



Fonte: O autor (2019).

Figura 5 – Distribuição dos valores de DI para diferentes técnicos para radiografias de tórax AP.



Fonte: O autor (2019).

4. Discussão

O resultado das distribuições de DI (Tabela 3) mostrou, assim como observado no estudo conduzido no TG-232, que a maioria dos valores está distante do recomendado pelo TG-116 ($-1 < DI < +1$).

Para os exames de tórax PA e LAT os valores mais frequentes de DI estão entre -1 a -3 e representam 33,3% e 23,5% da distribuição, respectivamente. Para tórax AP os valores de DI mais frequentes estão acima de 3 e representam 48,1% da distribuição, já para a uretrocistografia AP os valores mais frequentes de DI estão entre 1 a 3 e representam 31,4%.

Considerando que num primeiro momento todas as imagens permitiram o diagnóstico médico, estes resultados reforçam que os limites estabelecidos pelo TG-116, baseados nos valores absolutos de DI, são realmente muito restritos na perspectiva clínica. Para o caso de tórax PA cerca de 43% dos valores são inferiores à -1,0 o que, de acordo com as recomendações do TG-116, levariam a uma consulta do radiologista e provável repetição em

aproximadamente 10% do total dos casos em que o DI foi menor do que 3,0.

Observou-se que, clinicamente, as imagens foram aceitáveis para valores extremamente baixos de DI ($< -2DP$), principalmente para exames de tórax PA e LAT (Tabela 4). Este resultado sugere que o valor de EI_T (indicador de exposição alvo) nestes casos pode estar mais alto que o desejável clinicamente, devendo, portanto, ser ajustado para as principais necessidades diagnósticas do tipo de radiografia e projeção em questão.

Para o caso do Tórax AP (leito) verificou-se que 75% dos valores (DI) estão acima de +1,0 e o limite superior ($>2DP$) nesse caso é de 7,98. Tal resultado reforça a necessidade de uma análise em relação aos valores de dose na entrada da pele nos pacientes para que, caso necessário, sejam modificados os parâmetros técnicos do protocolo empregado. Mesmo com valores de DI médios mais próximos de zero como é o caso dos exames tórax PA e LAT (Tabela 4), as distribuições estão mais largas quando comparadas com o TG-232.

Para o exame de tórax AP também se verificou que a distribuição é larga e nesse caso seu DI médio é de 2,78. Através da análise da distribuição de DI para diferentes técnicos (Figura 5) observou-se ser possível diminuir a largura da distribuição trabalhando com padronizações e treinamento da equipe técnica (principalmente no caso do técnico B).

5. Conclusões

Os resultados deste estudo reforçam as conclusões obtidas no TG-232 da AAPM. Considerando a faixa dinâmica dos principais exames e a latitude dos sistemas digitais modernos as recomendações de ações dispostas no TG-116 da AAPM se mostraram muito restritivas e não refletiam a realidade clínica.

A adoção de limites e ações baseados no desvio padrão da distribuição de DI, como sugerido no TG-232, e não mais seu valor absoluto, permite uma melhor interpretação da distribuição de DI que considera a realidade clínica do setor.

Foi observado que os valores médios de DI para diferentes exames e projeções diferiram substancialmente de 0,0. Isso pode sugerir que os valores do indicador de exposição-alvo (EI_T) não foram definidos adequadamente. Além disso, para os valores de DI superiores a zero é preciso verificar os valores de dose de entrada na pele e caso necessário, corrigir os parâmetros de exposição utilizados pelos técnicos/tecnólogos.

Uma análise da distribuição de DI por técnico permite visualizar a dispersão da distribuição de DI individualmente, e melhorar a eficácia do treinamento da equipe técnica. Portanto, a análise periódica dos valores de DI, otimização dos EI praticados e revisão do EI_T , em associação com a adoção de limites baseados nestes indicadores, conforme recomendado no estudo do TG-232 da AAPM, configura-se num processo contínuo de melhoria de qualidade dos exames diagnósticos realizados em sistemas de radiologia computadorizada.

Agradecimentos

À equipe clínica que contribuiu para a realização deste estudo e aos Ministérios da Educação e da Saúde pelo financiamento das bolsas de residência do Programa de Residência em Física Médica da Universidade Federal de São Paulo.

Referências

1. Seeram E, Davidson R, Bushong S, Swan H. Optimizing the exposure indicator as a dose management strategy in computed radiography. *Radiologic technology*. 2016 Mar 1;87(4):380-91.
2. Shepard SJ, Wang J, Flynn M, Gingold E, Goldman L, Krugh K, Leong DL, Mah E, Ogden K, Peck D, Samei E. An exposure indicator for digital radiography: AAPM Task Group 116 (executive summary). *Medical physics*. 2009 Jul 1;36(7):2898-914.
3. Seibert JA, Morin RL. The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population. *Pediatric radiology*. 2011 May 1;41(5):573-81.
4. Dave JK, Jones AK, Fisher R, Hulme K, Rill L, Zamora D, Woodward A, Brady S, MacDougall RD, Goldman L, Lang S. Current state of practice regarding digital radiography exposure indicators and deviation indices: report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 232. *Medical physics*. 2018 Nov;45(11):e1146-60.
5. Sociedad Española de Física Médica. *Introducción al Control de Calidad en Radiología Digital*. ADI; 2013.

Contato:

Autor Correspondente:

Laura Ferreira Braga
Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica da Universidade Federal de São Paulo
Rua Pedro de Toledo, 725 - Vila Clementino, São Paulo – SP
E-mail: laurabragafm@gmail.com

Ricardo de Barros Pimentel
Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica da Universidade Federal de São Paulo
Rua Pedro de Toledo, 725 - Vila Clementino, São Paulo – SP
E-mail: ripimentel@hotmail.com

Thiago Souza Dias
Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica da Universidade Federal de São Paulo
Rua Pedro de Toledo, 725 - Vila Clementino, São Paulo – SP
E-mail: thisouzadias36@gmail.com

Murilo Felisberto Moraes de Assunção
Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica da Universidade Federal de São Paulo
Rua Pedro de Toledo, 725 - Vila Clementino, São Paulo – SP
E-mail: murillofelisberto@gmail.com

Dr. Rodrigo Azambuja Neves
Centro de Diagnóstico por Imagem, Hospital do Rim, São Paulo, Brasil.
R. Borges Lagoa, 960 - Vila Clementino, São Paulo - SP
E-mail: roazambuja@hotmail.com

Dr. Francisco S.A. Salido
Centro de Diagnóstico por Imagem, Hospital do Rim, São Paulo, Brasil.
R. Borges Lagoa, 960 - Vila Clementino, São Paulo - SP
E-mail: franciscosalido@hotmail.com

Prof. Dr. Silvio Ricardo Pires
Departamento de Oncologia Clínica e Experimental da Escola Paulista de Medicina - Universidade Federal de São Paulo
R. Dr. Diogo de Faria, 824 - Vila Clementino, São Paulo - SP
E-mail: srpirez@unifesp.br

Prof. Dr. Regina Bitelli Medeiros
Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica da Universidade Federal de São Paulo
Rua Pedro de Toledo 725, Vila Clementino, São Paulo – SP
E-mail: rbitelli2011@gmail.com

Prof. Dr. Marcelo Baptista de Freitas
Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina - Universidade Federal de São Paulo
Rua Pedro de Toledo 725, Vila Clementino, São Paulo – SP
E-mail: mfreitas@unifesp.br