

Dosimetria de pacientes masculinos submetidos ao exame de PET/CT cerebral para diagnóstico de comprometimento cognitivo leve

P.C. Santana^{1,2}, A.P. Mourão³, P.M.C. Oliveira^{2,4}, M. Mamede²,
F.M.V. Carvalho², T.A. Silva⁴

¹ Pós-graduação em Ciência e Técnicas Nucleares – DEN/UFMG, CEP:31270-090, Belo Horizonte-MG, Brasil

² Departamento de Anatomia e Imagem, Faculdade de Medicina/UFMG, CEP: 30130-100, Belo Horizonte-MG, Brasil

³ Departamento de Engenharia Elétrica, CEFET-MG, CEP: 30421-169, Belo Horizonte-MG, Brasil

⁴ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN/CNEN, CEP:31270-901, Belo Horizonte-MG, Brasil

pridili@gmail.com

(Recebido em 29 de março de 2013; aceito em 15 de julho de 2013)

O diagnóstico de Comprometimento Cognitivo Leve (CCL) pode significar um quadro inicial de demência, ou o aumento na probabilidade de desenvolver este quadro. O PET/CT (tomografia por emissão de pósitrons associada à tomografia computadorizada) tem apresentado excelentes perspectivas para o diagnóstico do CCL. O uso do PET/CT auxilia o diagnóstico, porém a dose efetiva nos pacientes é maior, já que depende do protocolo usado na tomografia computadorizada (CT) e da atividade do radiofármaco injetado no paciente. Assim, este trabalho avalia a dose em 38 pacientes do sexo masculino, submetidos a esta técnica para diagnóstico de CCL. Para a avaliação do nível de radiação proveniente da modalidade de imagem CT utilizou-se detectores TLD100 inseridos em um simulador antropomórfico Alderson Randon[®] masculino, submetido ao mesmo protocolo de aquisição de imagens ao qual os pacientes foram submetidos. A dose resultante da atividade do radiofármaco injetado foi estimada através do modelo proposto pela ICRP106. A dose efetiva devido a utilização da técnica de PET/CT para a produção da imagem foi de $(5,12 \pm 0,90)$ mSv. A contribuição para a dose efetiva devido a incorporação do FDG no cérebro foi de $(0,12 \pm 0,01)$ mSv e na tireóide $(0,13 \pm 0,02)$ mSv. A contribuição para a dose efetiva devido a irradiação proveniente do CT no cérebro e na tireóide foi de $(0,18 \pm 0,01)$ mSv e $(0,010 \pm 0,001)$ mSv, respectivamente. A utilização de protocolos de CT otimizados e a redução de atividade de FDG injetada podem auxiliar na diminuição da dose neste procedimento.

Palavras-chave: PET/CT; Dosimetria; Comprometimento Cognitivo Leve.

Male patients dosimetry undergoing brain PET/CT exam for diagnosis of mild cognitive impairment

Diagnosis of Mild Cognitive Impairment (MCI) can indicate an initial dementia framework, or increase in the likelihood of developing this. The PET/CT (positron emission tomography associated with computed tomography) has shown excellent prospects for MCI diagnosis. The PET/CT helps diagnosis, but the patients effective dose is higher, it depends on the computed tomography (CT) protocol and the radiopharmaceutical patient injected activity. This study evaluates the dose in 38 male patients undergoing this technique for MCI diagnosis. To assess the radiation level from CT modality imaging was used TLD100 detectors embedded in a male anthropomorphic Alderson Randon[®] phantom, undergoing the same imaging protocol to which patients were referred. The dose resulting of radiopharmaceutical injected activity was estimated using the ICRP106 model proposed. The PET / CT effective dose for producing image was (5.12 ± 0.90) mSv. The contribution to the effective dose due to the FDG brain incorporation was (0.12 ± 0.01) mSv and thyroid (0.13 ± 0.02) mSv. The effective dose contribution due to brain and thyroid CT irradiation was (0.18 ± 0.01) mSv and (0.010 ± 0.001) mSv, respectively. The use of optimized CT protocols and FDG injected activity reduction can assist in this procedure dose reduction.

Keywords: PET/CT; Dosimetry; Mild Cognitive Impairment

1. INTRODUÇÃO

As demências representam um problema de saúde pública crescente e são uma das causas mais importantes de morbidade e mortalidade trazendo graves conseqüências para a vida do afetado e de seus familiares ¹. Estudos epidemiológicos indicam que a prevalência de demências em idosos pode variar de 1 a 2 % entre aqueles com 60 a 65 anos, 20 % para os indivíduos entre 80 e 90 anos, e pode chegar aos 40 % para idosos acima de 90 anos ².

O Comprometimento Cognitivo Leve (CCL) é uma alteração neuropsicológica em que o paciente está entre a zona de envelhecimento saudável e a demência, apresentando alterações da memória, orientação, capacidade de aprendizado e reduzida capacidade de concentração em tarefas de longa duração. Os pacientes com CCL apresentam um declínio cognitivo maior do que o esperado para idade e escolaridade do indivíduo, porém não interfere de modo significativo nas atividades de vida diária. Pacientes que apresentam quadro clínico de CCL têm maior risco de desenvolver algum tipo de demência, especialmente a do tipo Alzheimer (DA) ³. Os indivíduos nessas condições podem evoluir para doença tipo Alzheimer numa razão de 10 a 15 % ao ano ⁴.

O diagnóstico precoce de CCL é necessário para identificar os casos de maior risco de evolução para DA e, como conseqüência, introduzir precocemente as medidas terapêuticas cabíveis. Isso pode proporcionar melhores resultados globais, inclusive na qualidade de vida do indivíduo e seus familiares, além de reduzir os gastos públicos com os pacientes de DA.

A introdução e desenvolvimento de tecnologias de imagem como a tomografia por emissão de pósitrons (PET) acoplada à tomografia computadorizada (CT), ou somente PET/CT, permitiram avanços na diferenciação diagnóstica entre os diversos tipos de doenças demenciantes que ainda se encontra fortemente alicerçado em evidências clínicas, sintomas e sinais, complementados por exames imaginológicos e laboratoriais ⁵.

Os equipamentos de PET/CT são sistemas constituídos por um PET acoplado a um CT helicoidal de qualidade diagnóstica, possibilitando a sobreposição (ou fusão) das imagens metabólicas do PET às imagens anatômicas do CT. Este exame diagnóstico consegue associar à alta sensibilidade metabólica e alta resolução espacial do CT fazendo uma correlação anatômica até então inconcebível, possibilitando a detecção precoce e a localização precisa de uma lesão. O PET/CT representa o estado da arte em tomografia por emissão de pósitrons e veio substituir os equipamentos PET que não dispõem de CT acoplado ⁶. Em Neurologia, seu uso mais importante tem sido no diagnóstico diferencial das demências.

Por apresentar duas modalidades de diagnóstico, este exame quando comparado a outros, apresenta níveis de radiação maiores ao paciente. Porém a confiabilidade e a possibilidade de diagnóstico precoce em casos de indicação clínica superam o possível detrimento causado pela radiação.

Para conhecer os níveis de radiação dos pacientes submetidos a exames PET/CT com indicação neurológica, este trabalho visa avaliar a dose efetiva e dose absorvida nos órgãos dos pacientes do sexo masculino que utilizaram esta técnica diagnóstica para a avaliação de CCL.

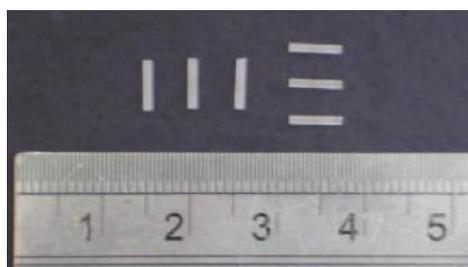
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar a dose efetiva proveniente do exame de PET/CT foram necessárias duas etapas, uma para determinar a contribuição dose efetiva causada pelo CT e outra para avaliar a contribuição

proveniente da atividade do radiofármaco injetado nos pacientes que já foram submetidos ao diagnóstico de CCL.

As doses efetivas recebidas pelos pacientes durante a realização do exame de CT foram mensuradas por meio da utilização de detectores termoluminescentes (TLD) inseridos no simulador antropomórfico Alderson Randon[®] masculino. Os dosímetros, previamente selecionados e calibrados, utilizados neste experimento foram de fluoreto de lítio ativados com magnésio e titânio (LiF:Mg,Ti – TLD-100) no formato Rod (cilíndrico), fabricados pela Harshaw Chemical Company.

Para a avaliação da dose absorvida proveniente da modalidade de imagem CT os detectores TLD-100 rod, representados pela figura 1a, foram inseridos no simulador antropomórfico Alderson Randon[®] masculino, figura 1b, em pontos correspondentes a órgãos mais radiosensíveis e com maior probabilidade de exposição. Após a inserção dos detectores termoluminescentes, o simulador foi submetido ao mesmo protocolo de aquisição de imagens aos quais os pacientes foram submetidos. Para avaliar alterações metabólicas cerebrais, o exame de CT se restringe a região avaliada através da colimação do feixe de radiação no protocolo de aquisição de imagens, portanto somente a região cerebral recebe diretamente o feixe primário de radiação X.



(a)



(b)

Figura 1: (a) Dosímetros termoluminescentes TLD- 100 rod, utilizados para determinação dos níveis de radiação; (b) Simulador antropomórfico Alderson Randon[®] masculino.

Para determinar as doses efetivas e absorvidas resultantes do CT, utilizou-se o equipamento PET/CT Discovery 690 da General Electric que possui 64 canais, figura 2. A aquisição da imagem delimitou-se a região entre o ápice e a base do crânio. Os parâmetros técnicos utilizados para aquisição de imagens cerebrais foram tensão de 120kV, corrente de 150mA, espessura do corte 3.75mm, espessura do feixe de 20mm, pitch de 0.531, velocidade da mesa 10.62 mm/rot, tempo do tubo 0.5 s e a aquisição da imagem.



Figura 2: Simulador Alderson Randon® submetido ao mesmo protocolo de aquisição de imagens de PET/CT para diagnóstico de CCL.

Já na modalidade PET, o radiofármaco injetado (^{18}F -FDG) é distribuído por todo corpo, porém tem maior afinidade com órgãos com alta captação de glicose como cérebro e coração, além dos órgãos de excreção como a bexiga. Portanto, o radiofármaco contribuirá com níveis mais elevados de radiação em vários órgãos fora da região de avaliação. Para determinar essa contribuição utilizou-se o modelo proposto pela ICRP 106.

O modelo proposto pela ICRP 106 para o radiofármaco ^{18}F -FDG é baseado em trabalhos científicos que apresentam modelos biocinéticos após sua administração intravenosa. De acordo com a mesma publicação, existe uma absorção inicial de ^{18}F -FDG no coração (4%), cérebro (8%), fígado (5%), pulmões (3%) e todos os outros tecidos (80%). A retenção nos órgãos de origem especificados é considerada como sendo infinita (sem levar em conta a absorção retardada). Uma fração de 30% da atividade em outros órgãos e tecidos é considerada como excretada na urina com tempo de meia vida biológica de 12 minutos (eliminação de 25%) e 1,5 horas (eliminação de 75%), de acordo com o modelo biocinético do rim-bexiga. Ainda de acordo com o modelo proposto pela ICRP 106, órgãos como cristalino e tireóide apresentam incorporação insignificante em comparação a outros, já que apresentam baixo metabolismo de glicose.

Nos exames de PET para identificação das CCL, a atividade radioativa a ser incorporada pelo paciente é calculada com base em sua massa corpórea. Nesse trabalho foi considerado de maneira geral, um fator de 3,7 MBq/kg e foram utilizados os dados de 38 pacientes do sexo masculino, com idade entre 67 e 83 anos, submetidos ao exame de PET/CT para diagnóstico de CCL. Porém, como o cérebro é um órgão com grande metabolismo de glicose e como o equipamento de PET/CT utilizado neste experimento, Discovery 690, apresenta detectores LYSO de alta sensibilidade, em muitos pacientes a dose injetada foi menor do que a proposta inicialmente. Apesar da atividade de radiofármaco injetada ter sido menor em alguns casos, todas as imagens foram consideradas de boa qualidade diagnóstica pelos médicos do serviço.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao utilizar os dois métodos para determinar os níveis de radiação ao qual os pacientes são submetidos ao realizar um exame diagnóstico de CCL, foi possível obter resultados em que a dose efetiva devido a utilização da técnica de PET/CT para a produção da imagem nos pacientes do sexo masculino foi de $(5,12 \pm 0,90)$ mSv. Deste valor, a contribuição para a dose efetiva devido a irradiação com o FDG incorporado no cérebro foi de $(0,12 \pm 0,01)$ mSv e na tireóide $(0,13 \pm 0,02)$ mSv. A contribuição para a dose efetiva devido a irradiação proveniente do CT no

cérebro e na tireóide foi de $(0,18 \pm 0,01)$ mSv e $(0,010 \pm 0,001)$ mSv, respectivamente.

Órgãos radiosensíveis como a tireóide e mama, não apresentam valores consideráveis de nível de radiação já que os mesmos não apresentam grande captação de FDG e por estarem fora da área de irradiação do CT.

A bexiga, por ser o principal órgão excretor, recebeu um nível de dose absorvida de $(33,89 = 15,69)$ mGy, sendo o órgão mais irradiado do corpo humano, levando-se em consideração a incorporação do FDG, porém é importante salientar que o mesmo apresenta baixa radiosensibilidade.

O cristalino por estar na área irradiada diretamente pelo CT apresentou um valor de dose absorvida de $(26,09 \pm 0,14)$ mGy. A dose neste mesmo órgão devido a incorporação do FDG não é significativa já que não é grande captação de glicose no mesmo.

Como o cérebro é um órgão com alta irrigação sanguínea, o mesmo tem alto poder de captação de FDG, apresentando dose absorvida de $(26,39 \pm 3,92)$ mGy. Esse alto nível de radiação leva à indicação da aplicação de menor atividade radioativa na rotina do exame para diagnóstico cerebral quando comparado às doses utilizadas para exames que avaliam a imagem diagnóstica do corpo todo, sem comprometimento da qualidade das imagens diagnósticas.

Sendo assim, a utilização de protocolos de CT otimizados e redução de atividade de FDG injetada podem auxiliar na diminuição da dose neste tipo de procedimento.

4. CONCLUSÃO

Os órgãos que apresentaram maior nível de absorção da radiação foram a bexiga, o cérebro e o cristalino, respectivamente, porém os dois últimos apresentam maior sensibilidade às radiações.

A dose efetiva de um exame de PET/CT cerebral para diagnóstico de CCL em pacientes do sexo masculino é de $(5,12 \pm 0,90)$ mSv.

Apesar de existirem outras modalidades diagnósticas que apresentam níveis de radiação menores, é importante salientar a importância do PET/CT na determinação do metabolismo cerebral auxiliando o diagnóstico de CCL prematuramente.

-
1. CAIXETA, L. Princípios gerais do diagnóstico das demências, in: Demências. São Paulo: Lemos Editorial, 2004, p. 79-88.
 2. AZAMBUJA, L. S. Avaliação neuropsicológica do idoso. Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano. Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 40-45, 2007.
 3. BOTTINO, C. M. C. et al. Reabilitação cognitiva em pacientes com doença de Alzheimer: relato de trabalho em equipe multidisciplinar. Arquivos de Neuropsiquiatria, v. 60, n. 1, p. 70-79, 2002.
 4. BRUCKI, S. M. D. et. al. Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil. Arquivos de Neuropsiquiatria, v. 61, n. 3-B, p. 777-781, 2003.
 5. Mosconi L. Brain glucose metabolism in the early and specific diagnosis of Alzheimer's disease. FDG-PET studies in MCI and AD. European Journal Nuclear Medicine and Molecular Imaging 2005;32:486-510.
 6. CAMARGO, E.E. O PET/CT na realidade brasileira de diagnóstico por imagem. Rev Imagem 2004;26(3):IV-VI.