

BRENO BOUERI AFFONSO¹

FELIPE NASSER²

SELENO GLAUBER DE JESUS SILVA³

MÁRCIA CARVALHO SILVA⁴

EDUARDO ZLOTNIK⁵

MARCOS DE LORENZO MESSINA⁶

EDMUND CHADA BARACAT⁷

Estratégias para redução da exposição de radiação ionizante em mulheres submetidas à embolização de miomas uterinos

Strategies for reduction of exposure to ionizing radiation in women undergone to uterine fibroid embolization

Artigo original

Palavras-chave

Leiomioma
Embolização da artéria uterina
Proteção radiológica
Medida de exposição à radiação
Angiografia digital

Keywords

Leiomyoma
Uterine artery embolization
Radiologic protection
Radiation exposure measure
Angiography, digital subtraction

Resumo

OBJETIVO: quantificar a dose de radiação ionizante absorvida pelo ovário e pela pele em pacientes submetidas à embolização de miomas uterinos (EMUT), assim como sugerir um protocolo radiológico voltado à redução dos riscos envolvidos neste procedimento. **MÉTODOS:** setenta e três mulheres consecutivas (média etária de 27 anos), participantes de protocolo de pesquisa institucional, portadoras de miomas uterinos sintomáticos com indicação de tratamento minimamente invasivo, foram submetidas a procedimento de EMUT. Foram calculadas a estimativa de radiação absorvida pelos ovários por meio de dosímetros vaginais e a estimativa de dose de entrada na pele, por cálculos indiretos de absorção de radiação. As primeiras 49 pacientes fizeram parte do Grupo Pré-alteração e as últimas 24, do Grupo Pós-alteração. O segundo grupo recebeu um protocolo modificado de imagem radiológica, com redução pela metade do número de quadros por segundo durante as arteriografias, idealizado na tentativa de enquadrar os valores obtidos aos existentes na literatura, assim como foi evitado ao máximo a exposição desnecessária ao feixe de raios X. **RESULTADOS:** não houve complicações técnicas em nenhum dos procedimentos realizados. Não houve diferenças entre o tempo médio de fluoroscopia ou entre o número médio de arteriografias entre os dois grupos. Foi obtida uma redução de 57% na estimativa de dose ovariana absorvida entre as pacientes dos dois grupos (29,0 versus 12,3 cGy), assim como uma redução de 30% na estimativa de dose absorvida pela pele (403,6 versus 283,8 cGy). **CONCLUSÕES:** a redução significativa da absorção de radiação em pacientes submetidas a procedimentos de EMUT pode ser alcançada pela modificação do número de quadros por segundo nas aquisições arteriográficas, assim como pela implantação rotineira das normas de proteção radiológica.

Abstract

PURPOSE: to determine the dose of ionizing radiation absorbed by the ovaries and the skin of patients undergoing uterine fibroid embolization (UFE), and to suggest a radiologic protocol directed at reducing the risks involved in this procedure. **METHODS:** seventy-three consecutive women (mean age: 27 years) participating in an institutional research protocol, having symptomatic uterine fibroids with indication for minimally invasive treatment, underwent UFE. We estimated the radiation absorbed by the ovaries by means of vaginal dosimeters and the radiation dose absorbed by the skin by means of indirect calculations of radiation absorption. The first 49 patients belonged to the Pre-modification Group, and the last 24, to the Post-modification Group. The second group received a modified protocol of X-ray imaging, with a reduction by half of the frames number per second during arteriography, in an attempt to match the values obtained to those of the literature, and avoiding as much as possible unnecessary exposure to the X-ray beam. **RESULTS:** there were no technical complications in any of the procedures performed. There were no differences in the mean fluoroscopy time or in the mean number of arteriographies between the two groups. We obtained a 57% reduction in the estimated absorbed ovarian dose between groups (29.0 versus 12.3 cGy) and a 30% reduction in the estimated dose absorbed by the skin (403.6 versus 283.8 cGy). **CONCLUSIONS:** a significant reduction in the absorption of radiation in patients undergoing UFE can be achieved by changing the number of frames per second in angiographic series, and by the routine use of radiological protection standards.

Correspondência:

Breno Boueri Affonso
Departamento de Radiologia Intervencionista
Avenida Albert Einstein, 627/701 – Morumbi
CEP 05652-000 – São Paulo (SP), Brasil
E-mail: breno@einstein.br

Recebido

30/10/09

Aceito com modificações

18/1/10

Departamento de Radiologia Intervencionista do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE – São Paulo (SP), Brasil.

¹ Radiologista Intervencionista do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE – São Paulo (SP), Brasil.

² Chefe do Serviço de Radiologia Intervencionista do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE – São Paulo (SP), Brasil.

³ Radiologista Intervencionista do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE – São Paulo (SP), Brasil.

⁴ Engenheira física do Departamento de Radiologia do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE – São Paulo (SP), Brasil.

⁵ Assistente do Serviço de Ginecologia do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE e da Disciplina de Ginecologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

⁶ Assistente do Serviço de Ginecologia do Hospital Israelita Albert Einstein – HIAE e da Disciplina de Ginecologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

⁷ Chefe da Disciplina de Ginecologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Introdução

O uso da técnica minimamente invasiva para tratamento de pacientes portadoras de miomas uterinos sintomáticos, pela embolização percutânea das artérias uterinas, tem sido cada vez mais indicado em nosso meio^{1,2}. Assim como em outros procedimentos de radiologia intervencionista, a embolização de miomas uterinos (EMUT) expõe as pacientes aos riscos da radiação ionizante, o que leva a uma preocupação adicional do ginecologista e do intervencionista que as tratam. A importância da redução da exposição à radiação é ainda maior nos casos de EMUT, pelo fato de que o feixe de raios X é direcionado diretamente ao útero e aos ovários. Como muitos procedimentos de embolização podem ser demorados devido a dificuldades técnicas, há potencial aumento dos riscos de degeneração maligna nesses órgãos radiosensíveis^{3,4}.

O risco de degeneração maligna ovariana não está associado a um limiar seguro e cresce à medida que a paciente se expõe continuamente à radiação (efeito estocástico). O mesmo raciocínio é válido ao risco de alteração genética dos folículos ovarianos e, por conseguinte, da prole da paciente⁵. Os riscos de falência ovariana e de lesão dermatológica clinicamente detectável no ponto de entrada do feixe dos raios X, entretanto, ocorrem após um limiar previamente definido de 400 e 200 centigrays (cGy), respectivamente^{6,7}.

Vários estudos publicados indicam que a dose de radiação absorvida nos procedimentos de EMUT está muito abaixo dos níveis mencionados no parágrafo acima e estes níveis e podem ser comparados a exames como tomografia computadorizada de abdome ou pelve ou a procedimentos diagnósticos como histerossalpingografia^{3,8-10}. Entretanto, esses níveis somente podem ser alcançados pela atenção cuidadosa à segurança em radiação.

Inúmeras técnicas para a redução da radiação emitida pelos aparelhos de fluoroscopia são empregadas rotineiramente, incluindo a diminuição do tempo de exposição, a redução do número de aquisições angiográficas, o uso de colimadores (para restringir as áreas estudadas ao mínimo necessário), a aproximação do intensificador de imagem e afastamento da ampola de raios X do corpo do paciente, dentre outros. Os equipamentos de proteção radiológica, por sua vez, são destinados somente à equipe dos profissionais de saúde envolvidos.

Até o momento não há, na literatura, trabalhos nacionais que quantifiquem e limitem a exposição da paciente à radiação ionizante. Portanto, o presente estudo teve como objetivos avaliar a dose de radiação absorvida pelo ovário e pela pele em pacientes submetidas ao EMUT em comparação a trabalhos similares da literatura^{9,11}, assim como tentar estabelecer recomendações para assegurar a proteção radiológica destas pacientes. Durante o estudo,

foi realizada uma mudança no protocolo de estudo angiográfico no presente serviço e os resultados obtidos antes e depois dessa mudança foram comparados.

Métodos

O presente estudo prospectivo foi realizado no Setor de Radiologia Intervencionista do Hospital Israelita Albert Einstein, como parte de seu programa de Responsabilidade Social. Todas as pacientes foram encaminhadas ao Setor de Cirurgia Endovascular da Disciplina de Ginecologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. No total, 73 pacientes com média etária de 37 anos (27 a 48) foram submetidas consecutivamente a um procedimento de EMUT. A presente casuística foi dividida em dois grupos, pré e pós-alteração, sendo o primeiro grupo composto pelas primeiras 49 mulheres que receberam o protocolo inicial de exposição à radiação, e o segundo grupo pelas 24 restantes que receberam o protocolo modificado. A média etária dos Grupos Pré e Pós-alteração foram de 36,3 (27 a 44) e 38,5 anos (27 a 48), respectivamente.

As pacientes foram incluídas no protocolo de tratamento endovascular de miomas uterinos, segundo critérios estabelecidos pelo Setor de Cirurgia Endovascular em Ginecologia anteriormente citado, que foram: sintomatologia pélvica compatível com miomatose uterina – dor pélvica crônica, metrorragia, dismenorreia – com indicação de tratamento invasivo; estudo ultrassonográfico transvaginal com diagnóstico de miomatose uterina; desejo de gravidez futura (quando a opção restante é a histerectomia) e concordância, por escrito, com o termo de consentimento livre e esclarecido e com o Protocolo de Pesquisa, autorizado pela Comissão de Ética do hospital. Os critérios de exclusão foram: pacientes com menos de 18 anos de idade; presença de miomas submucosos ou subserosos pedunculados isolados, em que o tratamento cirúrgico ou histeroscópico apresentaria melhor resultado; coagulopatia (plaquetas < 100.000/μl, INR > 1,5 ou TTPA > 45 segundos); anemia moderada e grave (Hb < 9,0 g/ dL, Ht < 25%); desejo de ser submetida à histerectomia; neoplasias ou hiperplasias endometriais; malignidade em outros órgãos; gravidez; amamentação; doença inflamatória pélvica aguda; alergia ao contraste iodado; insuficiência renal; desejo de gravidez futura (quando havia opção pela miomectomia); uso concomitante de análogos de GnRH; vasculites ativas e recusa ao tratamento. Após indicado o tratamento endovascular, todas as pacientes eram submetidas à ressonância nuclear magnética pélvica para adequada avaliação dos miomas, quantificação do volume uterino e exclusão de outras doenças.

Todos os procedimentos foram realizados em sala de intervenção vascular com equipamento fixo de hemodinâmica (Integris Allura, Philips Medical Systems). Após o

acesso vascular pela artéria femoral comum direita, uma arteriografia pélvica era realizada para a identificação da anatomia vascular e da hipervascularização dos miomas. A seguir, era realizado o cateterismo da artéria ilíaca comum esquerda, seguido do cateterismo superseletivo da artéria uterina por meio de microcateter (Progreat, Terumo). A infusão do agente embolizante foi realizada até que o fluxo pela artéria uterina fosse interrompido. Foram utilizadas microesferas graduadas de gelatina (BeadBlock, Biocompatibles; Embospheres Biosphere Medical) como agentes embolizantes, em diâmetros de 500 a 700 μm a 700 a 900 μm ¹². O procedimento de cateterismo e embolização foi repetido nas artérias ilíaca interna e uterina direitas pelo mesmo acesso femoral. Após o término da embolização, uma nova arteriografia pélvica era realizada para documentar o sucesso do tratamento e possível irrigação dos miomas pela artéria ovariana¹³.

A visualização da imagem radiológica da pelve durante o procedimento era obtida pela emissão intermitente de raios X (fluoroscopia pulsada), o que reduz de forma significativa a emissão de radiação. A gravação das imagens angiográficas, que envolve a emissão de uma grande quantidade de radiação, fez-se por sua vez com reduzida taxa de quadros por segundo. No Grupo Pré-alteração, esta taxa era de dois quadros por segundo e no Grupo Pós-alteração, optou-se pela redução para somente um quadro por segundo, como método para diminuir a exposição da paciente. Procurou-se restringir ao máximo a visualização da imagem fluoroscópica, assim como evitar a aquisição desnecessária de angiografias. Durante a infusão do agente embolizante, o campo de emissão dos raios X era reduzido a apenas uma fração pela interposição de placas de metal (colimação). Também se tentou distanciar ao máximo a paciente da fonte de emissão de radiação, assim como evitar o uso de ampliação da imagem ou de incidências oblíquas. Ao término do procedimento, o acesso pela artéria femoral era retirado e a mesma comprimida por 15 minutos.

A mensuração da radiação absorvida foi feita por meio da quantificação da dose ovariana (DO) e da dose de entrada na pele (DEP). A estimativa da DO foi feita pela adaptação da proposta previamente descrita¹⁴. Três dosímetros termoluminescentes de fluoreto de lítio (TLD-100) foram inseridos no canal vaginal das pacientes por meio de uma sonda uretral n° 16. Uma pequena esfera de metal (marcador) foi colocada próxima às pastilhas de TLD para permitir uma melhor visibilização da posição dos dosímetros dentro da paciente (Figura 1). Após o término do procedimento, os dosímetros foram retirados e levados até uma leitora Harshaw QS 3500, na qual foram feitas as leituras das três pastilhas e calculada a média aritmética da radiação absorvida em unidades Gray (Gy). Após a leitura, os dosímetros passaram por um processo de esterilização térmica antes de poderem ser usados novamente.

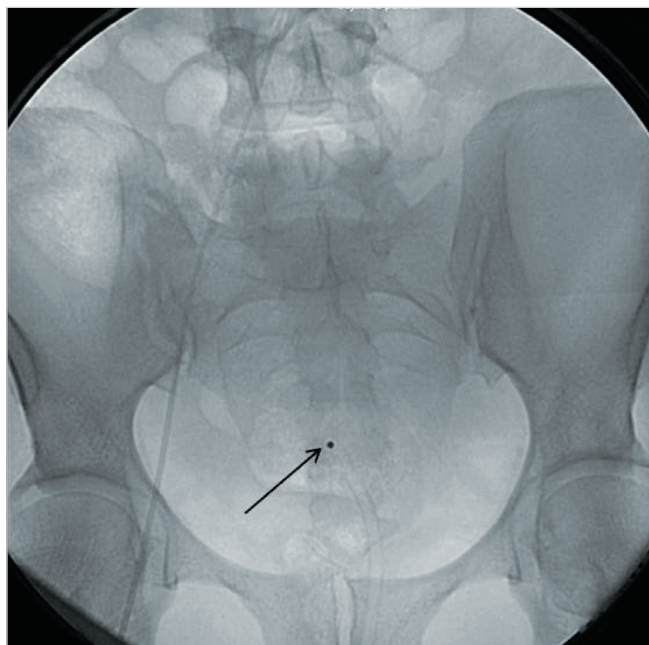


Figura 1 - Sonda vaginal contendo três pastilhas de TLD. A seta indica o marcador localizado na ponta da sonda.

Para a estimativa da DEP, foi utilizado o mesmo método empregado por Vetter et al.¹¹, no qual vários parâmetros técnicos foram anotados em cada fase do procedimento: tamanho de intensificador de imagem (II), distância foco-pele, distância foco-II, tensão (kVp) e corrente elétrica (mA), tempo acumulado (parcial e total), colimação e ângulo de rotação, e número de quadros por segundo. A dissipação de radiação foi calculada pelo método previamente descrito¹⁵.

O cálculo da DO não foi possível devido a problemas na leitora de TLD em sete pacientes do Grupo Pré-embolização. Em três pacientes virgens do Grupo Pré-embolização e em uma do Grupo Pós-embolização foram respeitados seus desejos em não terem a sonda vaginal inserida, portanto também não foi possível a mensuração da DO nestes casos. Também foram retirados, da análise de DO, dez casos em que a sonda não ficou bem localizada dentro do feixe útil de radiação, resultando em leituras muito mais baixas que o esperado. Portanto, a análise de DO só foi feita em 29 casos do Grupo Pré-embolização e em 23 do Grupo Pós-embolização. O cálculo da estimativa de DEP foi realizado em todas as pacientes. Também foram comparados os dados obtidos com o índice de massa corpórea (IMC) das pacientes.

Resultados

Nenhuma paciente apresentou complicações relacionadas ao procedimento. A dor pós-embolização foi tratada pelo protocolo da equipe de anestesiologia da instituição.

Tabela 1 - Principais parâmetros e valores médios obtidos neste trabalho e por Nikolic et al.⁹ e Vetter et al.¹¹. Os valores entre parênteses são os mínimos e máximos obtidos

Item	Grupo Pré-alteração	Grupo Pós-alteração	Nikolic et al. ⁹	Vetter et al. ¹¹
Número de pacientes	49	24	20	33
Média de idade (anos)	36,3 (27-44)	38,5 (27-48)	43,7 (30-53)	41 (22-55)
Índice de massa corpórea	26,5 (18,8-41,1)	25,1 (20,1-31,6)	-	-
Tempo médio de fluoroscopia (min.)	26,7 (10,2-87,8)	27,9 (15,5-47,5)	21,9 (8,9-52,5)	22,5 (8,9-42)
Média de séries de arteriografia	9 (6-17)	8,5 (4-17)	-	6 (2-13)
Total de quadros (média)	181	96	44 (21-62)	33 (15-89)
Dose ovariana média (cGy)	28,97 (29 pacientes)	12,35 (23 pacientes)	22,34 (4,2-65,1)	5,1
DEP [†] (cGy) – fluoroscopia	218,36	198,2	-	-
DEP (cGy) – arteriografia	185,21	85,58	-	-
DEP total médio (cGy)	403,6	283,78	162,3 (66,0-303,9)	-

†: dose de entrada na pele.

Todas as pacientes permaneceram em observação por um período de no mínimo 24 horas após o tratamento.

Durante a execução do protocolo de EMUT, foi observado que a estimativa dos valores de radiação absorvida pelo ovário e pela pele estava acima da literatura mundial consultada. Portanto, optou-se pela revisão da técnica radiológica para diminuir a exposição à radiação e pelo policiamento por parte da equipe de intervencionistas em reduzir o tempo de fluoroscopia e número de imagens, assim como evitar a inclinação do ângulo do feixe de raios X. Os resultados de tempo acumulado de fluoroscopia, do número de séries de arteriografia com o número total de quadros obtidos, da DO, da DEP (para fluoroscopia, aquisição de imagem e total) são apresentados na Tabela 1. Os resultados obtidos nos trabalhos de Nikolic et al.⁹ e Vetter et al.¹¹ também são apresentados para comparação. Dois casos excepcionalmente difíceis do Grupo Pré-alteração tiveram um tempo acumulado de fluoroscopia muito alto, resultando em maiores valores de DEP.

O tempo médio de fluoroscopia foi de 26,7 minutos no Grupo Pré-alteração (10,2 a 87,8) e 27,9 minutos no Grupo Pós-alteração (15,5 a 47,5). As médias de séries de arteriografia não foram diferentes entre o Grupo Pré (média de 9; variação de 6 a 17) e Grupo Pós (média 8,5; 4 a 16). Houve uma redução de 47% na quantidade de quadros de arteriografia obtidos pelo Grupo Pós (96) em relação ao Grupo Pré (181). A DO foi reduzida em 57% (29,0 e 12,3 cGy), enquanto a DEP total foi reduzida em 30% (403,6 e 283,8 cGy).

Discussão

Os procedimentos de embolização de artérias uterinas vêm se tornando cada vez mais frequentes, principalmente pela evidência clínica de sua eficácia¹⁶. Juntamente com a disseminação do método, é imperativo que se faça o controle da exposição da paciente à radiação. Os resultados obtidos neste trabalho mostram uma diferença significativa entre os valores de radiação absorvida antes

e após a mudança de protocolo desta instituição. Apenas com a simples redução pela metade na taxa de quadros por segundo, foi obtida uma diminuição de 57% na DO e 30% na DEP.

Os valores da DO e DEP relatados para os procedimentos de EMUT (22,34 e 162,32 cGy, respectivamente) são muito maiores que aqueles descritos em outros procedimentos ginecológicos, como a histerossalpingografia (0,04-0,55 cGy), recanalização de tuba uterina (0,2-2,75 cGy) ou tomografia computadorizada de pelve (0,1-1,9 cGy), e muito menores que aqueles encontrados durante a radioterapia para neoplasia pélvica (263-3.500 cGy)^{9,17,18}. Foi demonstrado também que os riscos inerentes à radiação nos procedimentos de EMUT (câncer fatal e não-fatal) são menores que os benefícios obtidos após o procedimento³.

Além da diminuição na exposição à radiação ionizante, a segurança do procedimento depende também da cautela por parte do intervencionista com detalhes técnicos. O uso sistemático de microcateteres para a cateterização superseletiva da artéria uterina, apesar de elevar os custos, permite que os agentes embolizantes sejam liberados em uma posição mais distal possível, evitando embolização inadvertida para outros órgãos, como o colo do útero, pela artéria cervico-vaginal, assim como reduz o risco de espasmo ou ruptura arterial pelo contato com um cateter mais rígido. A correta identificação da origem da artéria uterina, por projeções oblíquas homo ou contralaterais, ajuda a encurtar o tempo do procedimento^{14,19}. Outro estudo mostrou que as doses de radiação emitidas, devido ao menor tempo de fluoroscopia, podem ser reduzidas com o uso de punção femoral bilateral e de dois cateteres simultaneamente, um em cada artéria uterina²⁰. Se isso se traduz como vantagem ao procedimento, mesmo com o dispêndio de uma maior quantidade de material, ainda necessita ser esclarecido.

Devemos ressaltar que a metodologia empregada na estimativa de DO não é considerada ideal, pois o dosímetro nem sempre ficou exatamente localizado ao nível dos ovários.

Apesar da falta de precisão, esse método permitiu fazer a mensuração entre os trabalhos previamente publicados e entre os próprios grupos do presente estudo.

Em resumo, o seguimento de protocolo rígido da técnica intervencionista e da aquisição radiológica permite que os procedimentos de embolização uterina não causem efeitos negativos na pele da paciente ou provoquem

alterações genéticas permanentes aos folículos ovarianos. O acompanhamento em longo prazo dos casos tratados deve se basear não somente na eficácia da redução do volume dos miomas e na regressão dos sintomas, mas também na identificação de efeitos cumulativos relacionados à exposição à radiação, como a falência ovariana permanente e o desenvolvimento de neoplasia pélvica²¹⁻²².

Referências

1. Marshburn PB, Matthews ML, Hurst BS. Uterine artery embolization as a treatment option for uterine myomas. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2006;33(1):125-44.
2. Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada. SOGC clinical practice guidelines. Uterine fibroid embolization (UFE). Number 150, October 2004. *Int J Gynaecol Obstet.* 2005;89(3):305-18.
3. O'Brien B, van der Putten W. Quantification of risk-benefit in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;129(1-3): 59-62.
4. Adriaens I, Smitz J, Jacquet P. The current knowledge on radiosensitivity of ovarian follicle development stages. *Hum Reprod Update.* 2009;15(3):359-77.
5. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, Board on Radiation Effects Research, Commission on Life Sciences, National Research Council. *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR-V)*. Washington, DC: National Academy Press; 1990. Chapter 2, Genetic effects of radiation; p. 65-134.
6. Wagner LK, Eifel PJ, Geise RA. Potential biological effects following high X-ray dose interventional procedures. *J Vasc Interv Radiol.* 1994;5(1):71-84.
7. Vilodre LC, Moretto M, Kohek MBF, Spritzer PM. Falência ovariana prematura: aspectos atuais. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2007;51(6):920-9.
8. Nikolic B, Spies JB, Campbell L, Walsh SM, Abbara S, Lundsten MJ. Uterine artery embolization: reduced radiation with refined technique. *J Vasc Interv Radiol.* 2001;12(1):39-44.
9. Nikolic B, Spies JB, Lundsten ML, Abbara S. Patient radiation dose associated with uterine artery embolization. *Radiology.* 2000;214(1):121-5.
10. Nishizawa K, Masuda Y, Morinaga K, Suzuki S, Kikuyama S, Yoshida T, et al. Surface dose measurement in patients and physicians and effective dose estimation in patients during uterine artery embolisation. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;128(3): 343-50.
11. Vetter S, Schultz FW, Strecker EP, Zoetelief J. Patient radiation exposure in uterine artery embolization of leiomyomata: calculation of organ doses and effective dose. *Eur Radiol.* 2004;14(5):842-8.
12. Spies JB, Cornell C, Worthington-Kirsch R, Lipman JC, Benenati JF. Long-term outcome from uterine fibroid embolization with tris-acryl gelatin microspheres: results of a multicenter study. *J Vasc Interv Radiol.* 2007;18(2):203-7.
13. Abbara S, Nikolic B, Pelage JP, Banovac F, Spies JB. Frequency and extent of uterine perfusion via ovarian arteries observed during uterine artery embolization for leiomyomas. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;188(6):1558-63.
14. Nikolic B, Abbara S, Levy E, Imaoka I, Lundsten ML, Jha RC, et al. Influence of radiographic technique and equipment on absorbed ovarian dose associated with uterine artery embolization. *J Vasc Interv Radiol.* 2000;11(9):1173-8.
15. Petoussi-Henss N, Zankl M, Drexler G, Panzer W, Regulla D. Calculation of backscatter factors for diagnostic radiology using Monte Carlo methods. *Phys Med Biol.* 1998;43(8):2237-50.
16. Volkers NA, Hehenkamp WJ, Smit P, Anjum WM, Reekers JA, Birnie E. Economic evaluation of uterine artery embolization versus hysterectomy in the treatment of symptomatic uterine fibroids: results from the randomized EMMY Trial. *J Vasc Interv Radiol.* 2008;19(7):1007-16.
17. Hedgpeth PL, Thurmond AS, Fry R, Schmidgall JR, Rösch J. Radiographic fallopian tube recanalization: absorbed ovarian radiation dose. *Radiology.* 1991;180(1):121-2.
18. Mazonakis M, Damilakis J, Varveris H, Gourtsoyiannis N. Therapeutic external irradiation in women of reproductive age: risk estimation of hereditary effects. *Br J Radiol.* 2004;77(922):847-50.
19. Worthington-Kirsch RL, Andrews RT, Siskin GP, Shlansky-Goldberg R, Lipman JC, Goodwin SC, et al. II. Uterine fibroid embolization: technical aspects. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2002;5(1): 17-34.
20. Bratby MJ, Ramachandran N, Sheppard N, Kyriou J, Munneke GM, Belli AM. Prospective study of elective bilateral versus unilateral femoral arterial puncture for uterine artery embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2007;30(6):1139-43.
21. Amato P, Roberts AC. Transient ovarian failure: a complication of uterine artery embolization. *Fertil Steril.* 2001;75(2):438-9.
22. Tropeano G, Di Stasi C, Litwicka K, Romano D, Draisci G, Mancuso S. Uterine artery embolization for fibroids does not have adverse effects on ovarian reserve in regularly cycling women younger than 40 years. *Fertil Steril.* 2004;81(4):1055-61.