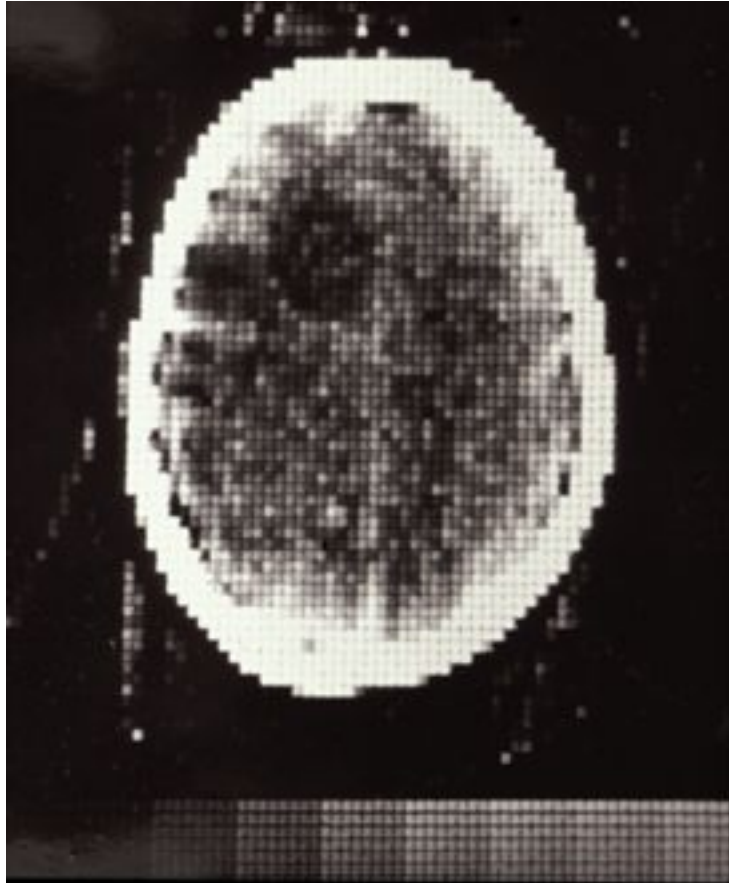


INTRODUÇÃO A
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

RCG 0381
2017



PROF. VALDAIR F MUGLIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA IMAGEM E FÍSICA MÉDICA
FMRP-USP

A tomografia computadorizada (TC) é método capaz de formar imagens seccionais do organismo humano (ou de qualquer estrutura, orgânica ou não) utilizando a radiação ionizante liberada por uma fonte emissora que gira 360 graus ao redor do objeto, com emissão contínua de raios. Desta forma, baseia-se no mesmo princípio físico que a radiografia tradicional, emissão de radiação ionizante, sendo considerada uma evolução tecnológica desta técnica.

Recordemos que os raios-X foram descobertos em 1895 e, em um intervalo de poucos anos, já se constituíam em uma importante ferramenta de investigação médica. Na década de 1930, realizava-se “cortes” por aparelhos de raios-x, técnica conhecida como tomografia linear, permitindo a visualização de seções através de um corpo. Na década de 1960, vários grupos de trabalho haviam, de forma independente, obtido imagens transversais, culminando no trabalho de Hounsfield (que lhe renderia o prêmio Nobel de Medicina em 1979) na EMI (Electric and Music Industries), desenvolvendo a tomografia computadorizada (TC). Este dispositivo baseou-se na reconstrução de dados de imagem por computador, sendo os dados adquiridos de várias transmissões de raios-X através do objeto sob investigação.

O primeiro exame de TC clínico foi realizado em 1971 no Atkinson Morley's Hospital, em Londres, Inglaterra. A paciente, do gênero feminino tinha suspeita clínica de lesão expansiva na região frontal, devido aos sintomas característicos (a imagem deste caso encontra-se na capa deste texto), que foi confirmada pela TC. O exame foi realizado com um protótipo de scanner, desenvolvido por Sir Godfrey Hounsfield e sua equipe nos Laboratórios de Pesquisa Central da EMI em Hayes, Londres. O aparelho obteve uma imagem com uma matriz 80 x 80, total de 6400 pixels, ou 6,4kpixels. No exame, cada corte demorava cerca de 5 minutos para a rotação do tubo (varredura), com um tempo semelhante para gerar a imagem, em um total de cerca de 10 minutos para cada corte. Só para efeito de comparação, os aparelhos atuais mais modernos podem produzir imagens com uma matriz de 1024 x 1024 (1,0 Megapixels), com tempo de rotação inferior a 0,3 segundos e reconstrução da imagem quase que simultânea com sua aquisição.

O desenvolvimento da tecnologia da TC continua até os dias atuais, quando dispomos de TC multidetectores que pode obter até 320 cortes em cada rotação do

tubo, além de fontes de raios-x de dupla fonte e dupla energia e técnicas de reconstrução iterativas, que podem ser usadas para reduzir doses de radiação.

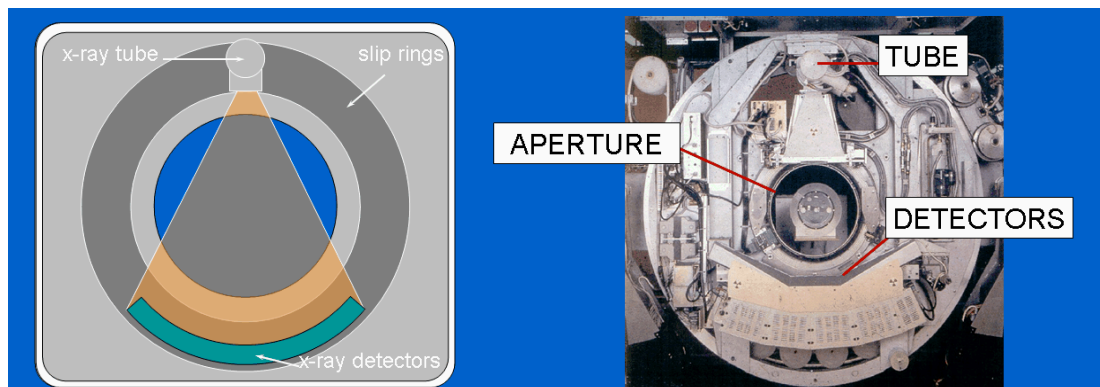
TÉCNICA DE OBTENÇÃO DE IMAGEM

A imagem de TC é obtida em 3 fases:

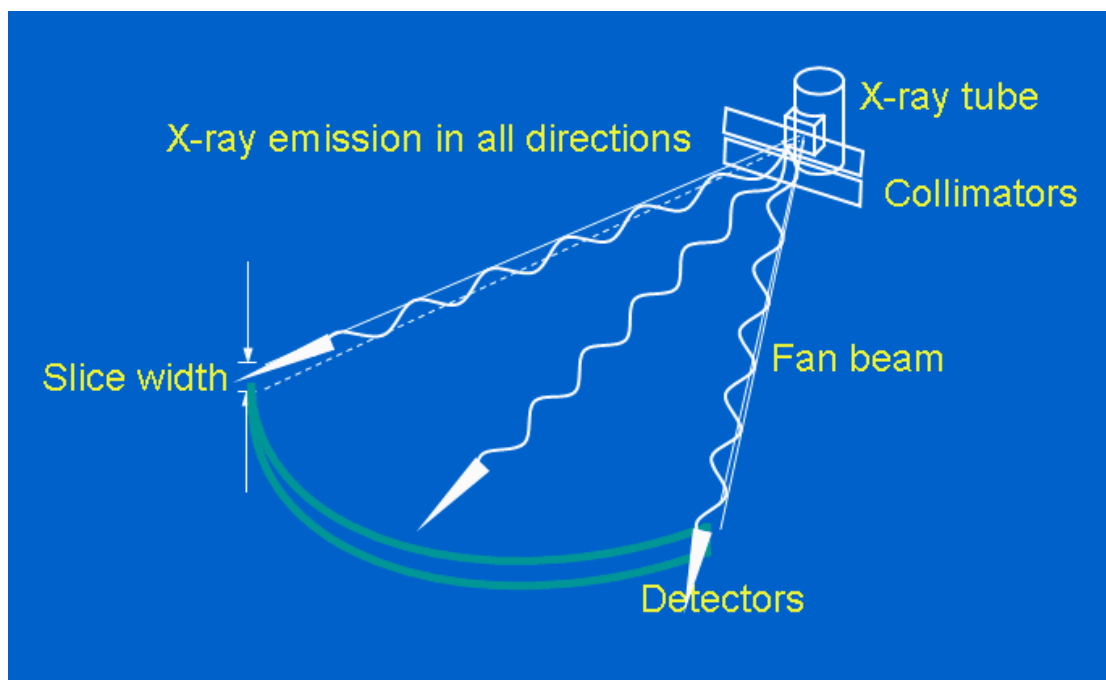
- 1) Emissão de raios (no inglês, scanning")
- 2) Reconstrução
- 3) Processamento

1) Emissão de raios (no inglês, scanning")

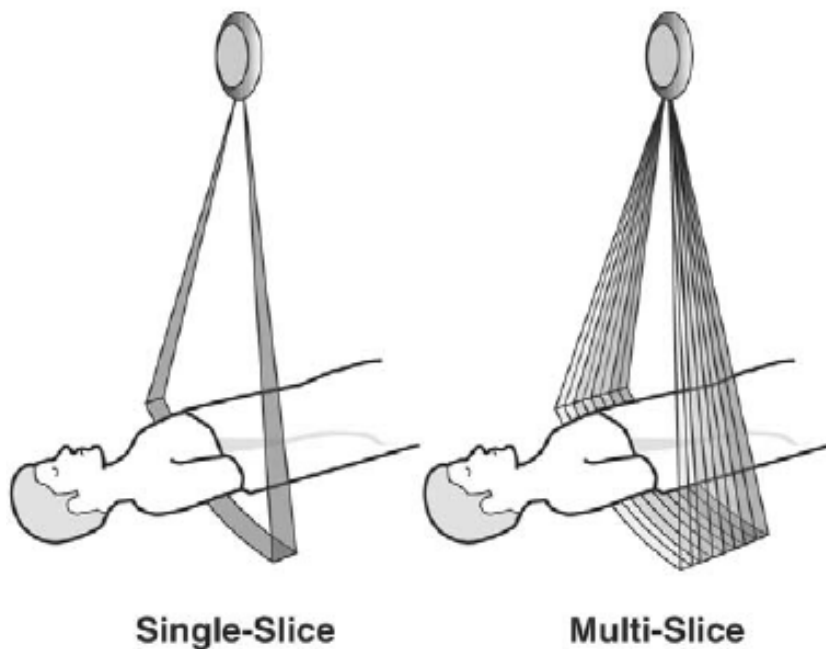
Veja como é um aparelho de TC "por dentro"



Fonte: www.impactscan.org

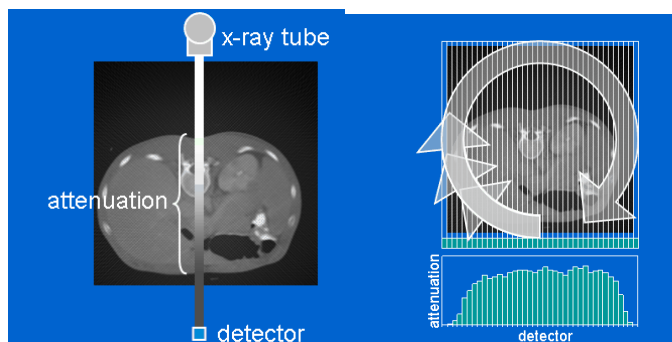


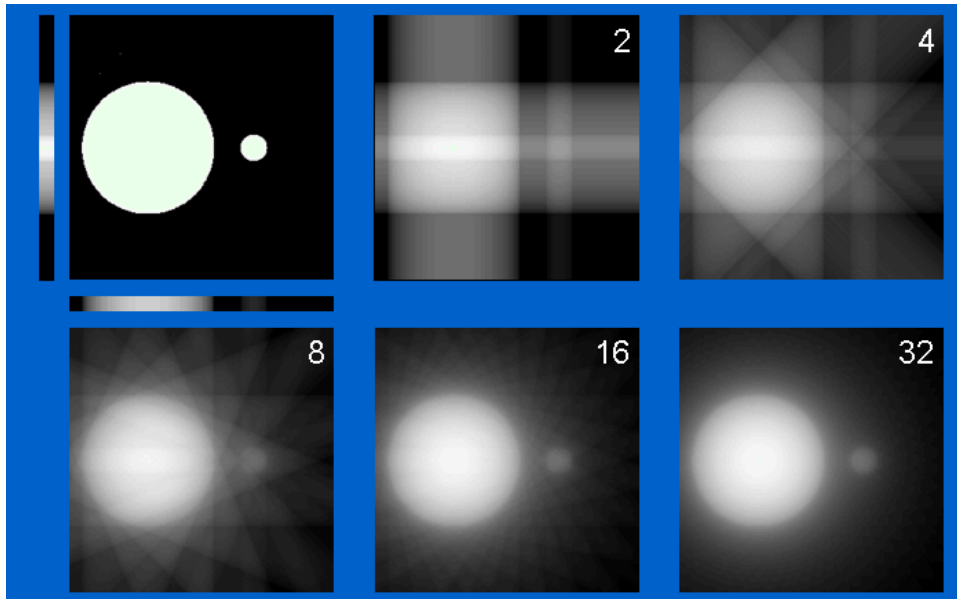
A figura abaixo mostra a diferença entre a obtenção de imagens nos primeiros aparelhos, de apenas um detector e os atuais, com múltiplos detectores, podendo chegar até a 320 fileiras de detectores.



A técnica com multidetectores acelera a aquisição e pode contribuir para a redução da dose de radiação ao paciente, se bem utilizada. Esta técnica é que permitiu a obtenção de imagens acompanhando o fluxo sanguíneo dentro de vasos (angiotomografia) e também de imagens do coração.

Para facilitar o entendimento da segunda fase, de reconstrução, utilizaremos um exemplo com a técnica de um corte apenas. Observe nas imagens a seguir, como a incidência de múltiplos deixes de radiação acaba por gerar uma imagem bem próxima do formato real de um objeto. Esta técnica é conhecida no inglês como filtered back projection, ou projeção retrógrada filtrada.





Fonte: www.impactscan.org

Na figura acima, os números no alto a direita representam a quantidade de feixes de radiação emitidos. Note que com 32 feixes, já obtemos uma imagem bem próxima da forma real.

Densidade tomográfica. O que é?

Na tomografia computadorizada, a medida do coeficiente de atenuação dos tecidos, também chamada de densidade é a unidade Hounsfield e é proporcional ao grau de atenuação de raios X. É atribuída a cada pixel para mostrar a imagem que representa a densidade do tecido. O valor de referencia é a água pura, cuja densidade foi escolhida para ter o valor zero.

A equação para obtenção desta unidade é:

$$\text{CT number (in Hounsfield units, HU)} \\ = [K \times (u_{\text{voxel}} - u_{\text{water}})] / u_{\text{water}}$$

Por exemplo, um volume com água teria um número de CT de 0 (para um aparelho bem calibrado), porque $u_{\text{água}} - u_{\text{água}} = 0$. Porque a unidade Hounsfield da água será sempre aproximadamente 0, mas não necessariamente exatamente 0, por causa de variação quântica. Se o voxel contiver ar (para o qual $u_{\text{air}} \approx 0$), o número Hounsfield seria aproximadamente -1.000. Para um voxel contendo osso cortical denso (para o qual $u \approx 2 u_{\text{water}}$), o número de CT seria aproximadamente +1.000.

A tabela abaixo mostra os valores de densidade dos principais tecidos.

Tabela 1. Densidade tomográfica dos principais tecidos orgânicos.

Tecido	Densidade (UH)
Osso	1000
Fígado	40-60
Subst. branca	20-40
Subst. cinzenta	35-50
Sangue	40-60
Músculo	30-40
Rins (córtex)	20-30
LCR	15
Água	0
Gordura	-30 a -80
Ar	< -200

A TC COMPARADA À OUTROS MÉTODOS

A tabela 2 mostra algumas características fundamentais dos métodos de imagem e a comparação entre os chamados métodos anatômicos, radiologia, US, TC e RM.

Lembrar que chamamos de resolução de contraste, a capacidade do método de perceber dois tecidos distintos, ou distinguir tecido normal de patológico, também conhecida como contraste intrínseco para diferenciar das substâncias que aumentam o potencial de detecção de alterações, chamadas de meios de contraste extrínseco, ou simplesmente, contraste.

Tabela 2. Principais características dos métodos de imagens anatômicos.

	R-x	US	TC	RM
Disponibilidade	+++++	++++	+++	++
Custo médio (reais-Tabela AMB)	+ (20,00)	++ (80,00)	+++ (320,00)	+++++ (500,00)
Radiação ionizante	+++	-	+++++	-
Resolução de contraste (intrínseco)	+	+++	++	+++++
Contra-indicações	++	-	+++	+
Frequência de utilização de meio de contraste extrínseco	+	+	++++	++

As figuras abaixo indicam a importância do meio de contraste extrínseco, no caso da TC, à base de iodo, pois a lesão hepática (uma metástase) só é identificada após a injeção endovenosa de 100 ml de meio de contraste iodado.



DOSE DE RADIAÇÃO EM TC

A dose de radiação é um dos efeitos mais temidos da TC, junto com uso de meio de contraste iodado. A dose de radiação dependerá de vários fatores:

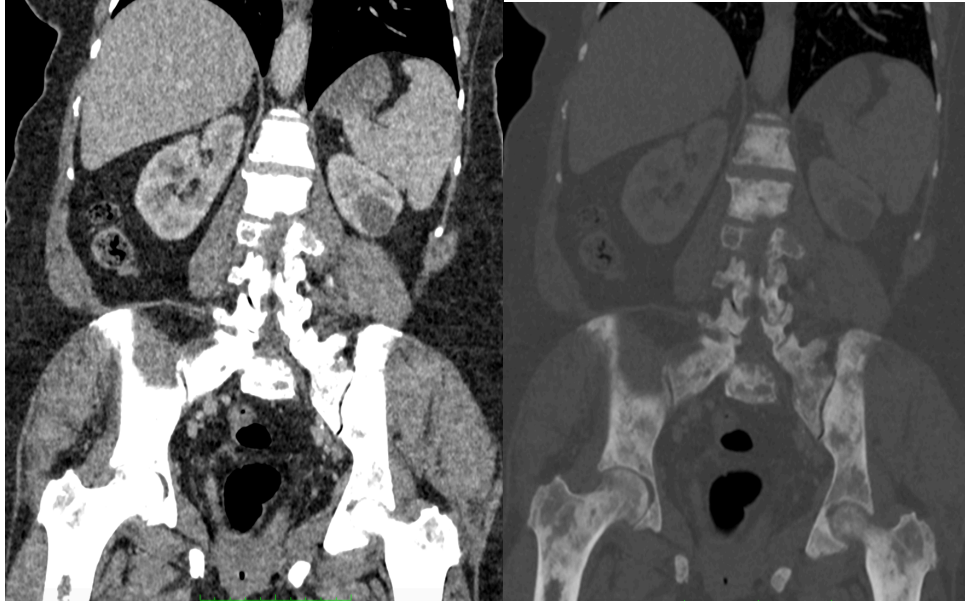
1. A região anatômica e tipo de exame a ser feito;
2. Biotipo do exame;
3. Parâmetros de aquisição de imagem (kilovoltagem e miliamperagem).

Em geral, a dose de radiação ionizante em TC é muito maior que em exames de raios-x simples. Para comparação, um exame de TC de tórax é equivalente a cerca de 80-100 radiografias em PA de tórax (8,0 a 10,0 mSv versus 0,1 mSv da radiografia). Em alguns protocolos específicos, a dose de radiação pode chegar a 25-30 mSv, ou o equivalente a 250-300 radiografias de tórax. Porém, é possível, em situações específicas, realizar exames ditos de baixa dose. Na TC de tórax, para continuar no mesmo exemplo, pode ser adquirida com 1,5 mSv.

Na prática radiológica deve se utilizar o princípio ALARA na prescrição de qualquer exame que envolva radiação ionizante. Este princípio indica que devemos programar os parâmetros de aquisição com as menores doses possíveis, que não comprometam a qualidade do exame e sua acuidade diagnóstica (ALARA, do inglês, “as low as reasonably achievable”).

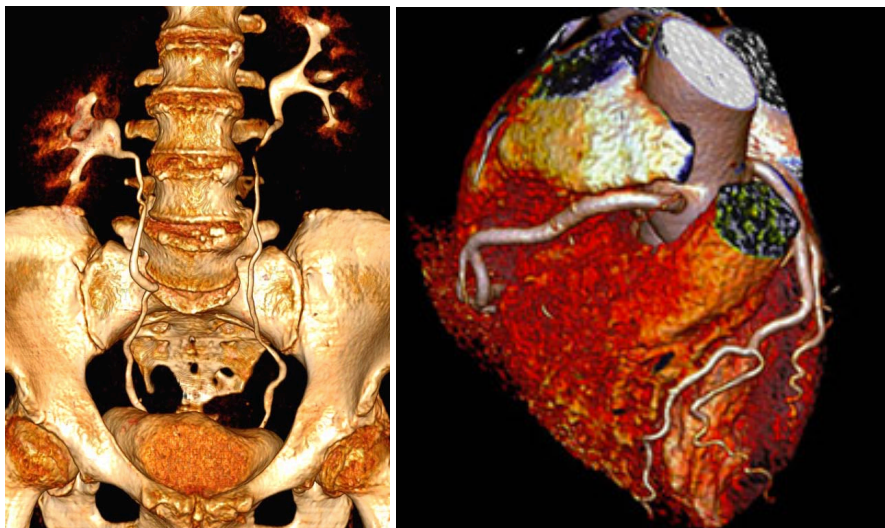
EXAMINANDO UM EXAME DE TOMOGRAFIA

Para melhor identificação das estruturas em uma imagem de TC, devemos ajustar o brilho e contraste, de acordo com a densidade do tecido que se quer avaliar. Uma imagem tomográfica tem cerca de 4000 tons de cinza, enquanto o olho humano pode detectar entre 30 a 40 tons. Desta forma, adequamos os ajustes de brilho e contraste (chamados em conjunto, de janela) para melhor identificação visual do tecido em questão. Veja nas figuras abaixo, imagens tomográficas de abdômen, no plano coronal que na janela de partes moles, identificamos bem as estruturas abdominais, porém não temos detalhe dos ossos. As lesões escleróticas (metástases ósseas em uma paciente com neoplasia mamária avançada) somente são identificadas quando mudamos os ajustes para janela óssea.



As imagens de TC são adquiridas sempre como cortes transversais e é desta maneira que em geral, analisamos uma série de imagens. Após o surgimento das TCs multidetectores, a geração de centenas (um exame de TC de tórax e abdômen pode ter mais de 1000 “cortes” ou imagens transversais) de imagens adquiridas com espessura fina, 2,0 mm ou menos, tornou possível a reconstrução nos planos axial e coronal, com resolução espacial semelhante aquelas adquiridas, originalmente.

Além destas possibilidades, podemos utilizar reconstruções tridimensionais, muito úteis para estudo de angiografia por TC, estudos ósseos e do aparelho urinário (Uro-TC). Veja alguns exemplos abaixo.



IMPORTÂNCIA E RISCOS DOS MEIOS DE CONTRASTES IODADOS NA TC

Cerca de 80 a 85% dos exames de TC tem indicação de utilizar o meio de contraste extrínseco, no caso a base de iodo. No entanto, estes compostos trazem dois riscos: reação alérgica e nefrotoxicidade, que serão abordados em outra parte deste curso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A TC constitui importante ferramenta diagnóstica, tendo inclusive revolucionado a abordagem diagnóstica em algumas especialidades. No entanto, este exame tem indicações muito bem definidas que devem ser respeitadas para minimizarmos a ocorrência de efeitos adversos, relacionados ao uso de meio de contraste iodado e radiação ionizante.

REFERÊNCIAS

1. Ambrose J, Hounsfield G. Computed Axial Tomography. Br J Radiol. 1973 Feb;46(542):148-9.
2. Hounsfield GN. Nobel Award address. Computed medical imaging. Med Phys. 1980 Jul-Aug;7(4):283-90.
3. www.impactscan.org
4. Kalender WA. . Dose in x-ray computed tomography. Phys Med Biol. 2014 Feb 7;59(3):R129-50.
5. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. N Engl J Med. 2007 Nov 29;357(22):2277-84.
5. <https://www.cancer.gov/about-cancer/diagnosis-staging/ct-scans-fact-sheet>. Acessado em 26/05/2017
6. <http://www.oscestop.com/CT%20interpretation.pdf>. By Dr. Cristopher Mainsbridge.
7. Amis ES Jr, Butler PF, Applegate KE, et al. American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine. J Am Coll Radiol 2007; 4: 272–284.
8. Flohr TC, Schaller S, Stierstorfer K. et al. Multi-Detector Row CT Systems and Image-Reconstruction Techniques. Radiology 2005, <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2353040037>.