

Braquiterapia

Implantes de Próstata LDR

Dalila Mendonça

1. Introdução

A braquiterapia da próstata é uma das várias técnicas de tratamento disponíveis para pacientes com doença localizada. A braquiterapia da próstata é atualmente praticada usando duas técnicas diferentes:

- i. Implante de semente de próstata (PSI) usando fontes de baixa taxa de dose (LDR); e
- ii. Braquiterapia de alta taxa de dose (HDR).

Como outras tecnologias em Radioterapia, o PSI passou por grandes mudanças tanto na implementação da tecnologia quanto nas recomendações clínicas baseadas no conhecimento de ensaios clínicos. Inicialmente, as sementes soltas de ^{103}Pd eram a única fonte de radiação disponível para o implante. Em 1999, o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) mudou seu padrão de calibração, levando a um ajuste de 9% na calibração da dose.

^{125}I , ^{131}Cs e ^{198}Au expandiram as opções para escolha da fontes das instituições que realizam PSI. Melhores tecnologias de ultrassom e tecnologia de computação permitiram a mudança para o pré-planejamento baseado em imagens 3D ou planejamento diretamente na sala de cirurgia (RO). Os fornecedores desenvolveram agulhas pré-carregadas, configurações de sementes em forma de fios e tecnologia “stranding” que podem ser usadas para montar fios na própria sala de cirurgia. Fornecedores terceirizados agora estão oferecendo ensaios independentes das sementes, o que levou a AAPM a mudar a recomendação para ensaios clínicos de sementes.

Os critérios de seleção de pacientes e os regimes de tratamento para PSI estão em constante evolução à medida que mais dados clínicos se tornam disponíveis. O paciente que ira realizar PSI “clássico” como tratamento exclusivo tem doença de baixo grau, em estágio inicial. O PSI também é uma alternativa para pacientes de risco intermediário, seja como terapia exclusiva ou em combinação com outras terapias. O guideline do American College of Radiology (ACR)-American Society for Radiation Oncology (ASTRO) para a braquiterapia transperineal permanente do câncer de próstata sugere que cada instalação estabeleça e siga suas próprias diretrizes práticas. Os ensaios clínicos em andamento ajudarão a definir melhor as indicações do tratamento.

As recomendações da American Brachytherapy Society (ABS) para braquiterapia transperineal permanente do câncer de próstata, publicadas em 1999, discutem com mais detalhes os critérios de seleção dos pacientes com base nos fundamentos clínicos extraídos de revisões da literatura e da extensa experiência clínica dos autores. Esse guideline foi atualizado em 2012. Em geral, os pacientes com doença de baixo risco, com boa expectativa de vida, com função urinária aceitável e com anatomia favorável são bons candidatos à braquiterapia de próstata como terapia exclusiva. Pacientes selecionados com doença de risco intermediário ou alto risco também podem ser candidatos à braquiterapia, especialmente como um boost em conjunto com a teleterapia.

Várias sociedades desenvolveram recomendações sobre muitos aspectos do PSI. O ACR e a ASTRO colaboraram para publicar guidelines práticos destinados a toda a equipe de tratamento e guidelines técnicos de alto nível para físicos. A ABS possui uma série de recomendações dirigidas tanto a médicos quanto a físicos. O AAPM Task Group (TG)-64 sobre PSI, o AAPM TG-128, “*Quality Assurance Tests for Prostate Brachytherapy Ultrasound Systems*” e white papers oferecem recomendações sobre dosimetria e garantia da qualidade (QA) para o físico médico.

2. Fontes

Fontes LDR

O cério é o isótopo mais recente desenvolvido para PSI (Fig. 1). Devido à sua meia-vida muito curta, pode haver uma vantagem biológica na entrega mais rápida da dose, possivelmente com menores taxas de complicações a longo prazo. Esse raciocínio é semelhante aos argumentos que conduzem os ensaios clínicos para radioterapia estereotáxica da próstata (SBRT) e a HDR.

TABLE 22.1 ■ List of Sources and Source Characteristics				
Source	¹⁰³ Pd	¹²⁵ I	¹³¹ Cs	¹⁹⁸ Au
Half-life (days)	17	59.4	9.7	2.7
Energy (keV)	21	28	30	412
Initial dose rate (monotherapy) (cGy/h)	18-20	7	1.9	N/A
Relative biological effectiveness (RBE)	1.9	1.4	Not known	Not known

Figura 1: Lista de fontes e características da fonte

Embora alguns estudos tenham mostrado uma vantagem de um isótopo sobre outro em ensaios clínicos muito selecionados, outros estudos contradizem esses achados. Os estudos clínicos não mostraram nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os isótopos com base no resultado ou na toxicidade do tratamento. O tempo para o desenvolvimento de toxicidade uretral e retal é menor para isótopos de meia-vida mais curta. Isótopos de menor energia fazem com que a dose entregue seja mais sensível ao espaçamento das sementes.

O AAPM TG-43 em braquiterapia, “*Dosimetry of Interstitial Brachytherapy Sources*”, especifica o cálculo da dose no tecido para os vários isótopos e modelos de fonte. Em 1999, o NIST descobriu um erro significativo de cerca de 9% na determinação da força kerma no ar para as fontes de ¹⁰³Pd. O novo padrão para determinar a força kerma no ar do NIST de 1999, $S_{K,N99}$, foi implementado posteriormente e os cálculos de dose de ¹⁰³Pd foram ajustados de acordo.

Fontes Soltas e Fontes em Forma de Fios ou Fitas (stranded)

Nos primeiros anos do PSI, as fontes estavam disponíveis apenas como sementes soltas, não esterilizadas ou esterilizadas (Fig. 2). Os designs das sementes variam entre os fornecedores, o que causa diferenças na distribuição de dose que são grandes o suficiente de modo que é necessário que estas fontes sejam modeladas com precisão no planejamento do tratamento, mas não tão grandes que afetem a decisão sobre qual semente comprar.

O AAPM TG-43-U1, “**A Revised AAPM Protocol for Brachytherapy Dose Calculations**”, contém desenhos detalhados para vários modelos de sementes. O esquema geral da semente é mostrado na Fig. 3. O material radioativo é acondicionado dentro de uma cápsula de titânio com tampas soldadas nas extremidades; o formato da tampa de fechamento e a textura da superfície externa podem variar. O isótopo é colocado em um substrato portador de fonte ativa e embalado em pellets (pastilhas), hastes ou cilindros. A maioria das cápsulas também contém um material de alta densidade eletrônica, como chumbo, prata, ouro ou tungstênio, como marcadores para melhorar a visibilidade das sementes nas imagens de raios-x.



Figura 2: Sementes soltas e estéreis em frasco para ensaios.

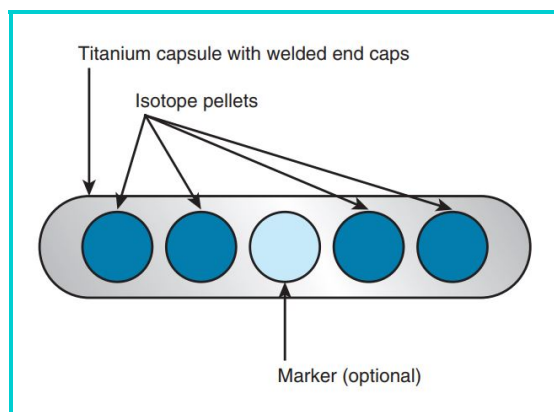


Figura 3: Esquema genérico de uma semente de próstata.

As Sementes soltas fornecem melhor flexibilidade na concepção de um implante. Os dispositivos especializados (como por exemplo, o aplicador Mick, Fig. 4) estão disponíveis para automatizar o processo de carregamento de sementes soltas nas agulhas do aplicador e para reduzir a exposição da equipe. No entanto, as sementes soltas podem se migrar mais facilmente ao longo do caminho no comprimento da agulha e podem ser perdidas na bexiga ou, mais raramente, embolizar no pulmão ou mesmo no cérebro.



Figura 4: sementes soltas no cartucho Mick.

Diferentes texturas e formas foram desenvolvidas para evitar a migração de sementes. Com o tempo, as sementes em forma de fio tornaram-se disponíveis em diferentes configurações: fios/tranças de 10 fios com cadeias de até 70 sementes, agulhas pré-carregadas e dispositivos para produzir sementes fixas em forma de fios personalizados na sala de cirurgia. O material utilizado para a produção dos fios ou tranças é um material de sutura bioabsorvível. Mais recentemente, fios ecogênicos foram desenvolvidos para aumentar a visibilidade da colocação do fio com sementes durante o implante (Fig. 5). Esses fios consistem em fios trançados de material bioabsorvível, aumentando assim a complexidade da superfície, o que melhora a visibilidade na ultrassom (US).

A Fig. 6 mostra um exemplo de sementes fixadas em fios. Cada sistema tem vantagens e desvantagens dependendo da tecnologia e da técnica de implante utilizada. Por exemplo, agulhas pré-carregadas requerem um pré-plano; isso resulta em eficiência na



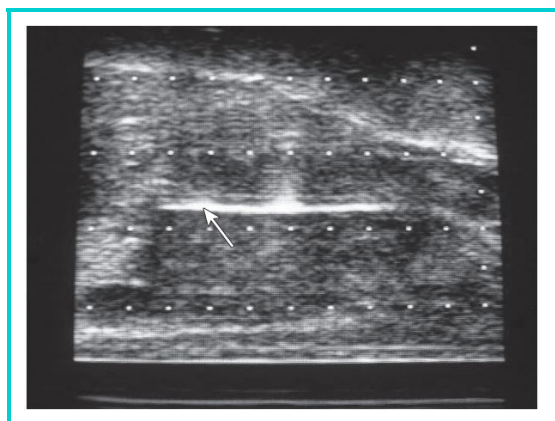


Figura 5: Imagem de ultrassom sagital de um fio ecogênico com sementes

ordem das fontes porque o número exato de fontes com uma pequena margem adicional das sementes necessárias para um paciente são ordenados em comparação com a criação de uma estimativa de fonte usando um nomograma. Deve-se notar que esses nomogramas são modelos iniciais e potencialmente específicos da instituição. Por outro lado, com fios com fontes pré-ordenadas há uma inflexibilidade em ajustar o plano quando está presente na sala de cirurgia. Esses ajustes podem ser necessários nas seguintes situações:

- ▶ Interferência do arco púbico não detectada anteriormente com a colocação de agulhas laterais anteriores;
- ▶ Mudança no tamanho da glândula entre o estudo do planejamento inicial e a data real do implante;
- ▶ Uma mudança no posicionamento (por exemplo, entre a ressonância magnética pré-planejamento e a imagem de ultrassom transretal (TRUS) durante o implante) faz com que a posição da uretra e a região de avoidance retal mudem;

A [Fig. 7](#) resume a utilização, as vantagens e as desvantagens dos sistemas de sementes atualmente disponíveis.

TABLE 22.2 ■ Uses, Advantages, and Disadvantages of Different Seed Systems						
Seed Type	Loose		Stranded			
	Unsterilized	Sterilized	Stranded in OR	Strands of 10	Chain of up to 70 Seeds	Preloaded Needles
Use	Preplanned or live plan Nomogram for live plan	Preplanned or live plan Nomogram for live plan	Preplanned or live plan Nomogram for live plan	Preplanned or live plan Nomogram for live plan	Preplanned or live plan Nomogram for live plan	# of needles, seeds/ needle, and spacing determined by preplan
Advantage	Flexibility of implant planning in OR Direct assay of seeds used Adapt in OR based on actual location	Planning flexibility Adapt in OR based on actual location	Planning flexibility Efficient seed order Limits seed migration	Planning flexibility Limits seed migration	Planning flexibility Compact storage Efficient for # of seeds ordered Limits seed migration	Efficient implant time Limits seed migration
Disadvantage	Sterilization required Potential seed migration	Batch assay Potential seed migration	Batch assay Time required for stranding Possible stranding errors	Batch assay Preset spacers Less efficient for # of seeds ordered	Batch assay Preset spacers	No flexibility to adapt plan in OR

Figura 7: Características de cada semente.

Ensaio de Sementes

O AAPM TG-40, AAPM TG-56, “Code of Practice for Brachytherapy Physics”, e o AAPM TG-64, todos contêm recomendações sobre calibrações de fontes de sementes de próstata e as responsabilidades do físico médico. Esses TGs foram publicados antes que os ensaios de fontes independentes por terceiros se tornassem disponíveis. Na época, as fontes estéreis pré-montadas não estavam em uso; E também os serviços de análise independentes por terceiros ainda não estavam disponíveis. Para atualizar e esclarecer as recomendações com respeito aos ensaios, foi formado o Grupo de Trabalho de Calibração de Fontes de Braquiterapia de Baixa Energia (LEBSC WG - *Low Energy Brachytherapy Source Calibration Working Group*) pela AAPM. O white paper sobre calibrações de fontes de braquiterapia por terceiros e as responsabilidades dos físicos médicos publicado por este grupo de trabalho contém as recomendações atualizadas para as configurações de fontes atualmente disponíveis e substitui as recomendações feitas pelos TGs anteriores (Fig. 8).

TABLE 22.3 ■ Overview of Assay Recommendations from AAPM TG-40, AAPM TG-56, and AAPM TG-64, with LEBSC WG Superseding Earlier Recommendations			
	AAPM TG-40 (1994)/AAPM TG-56 (1997)	AAPM TG-64 (1999)	LEBSC WG (2008)
Loose, unsterilized	10%	Random sample of at least 10% of seeds	≥10% of total or 10 seeds, whichever is larger
Cartridge, unsterilized	N/A	N/A	≥10% of total, either whole cartridge assay or individual sources
Stranded/ cartridge, unsterilized	10% or 2 strands, whichever is larger	N/A	10% or 2 strands, whichever is larger; or 5% or 5 loose seeds from same batch, whichever is larger
Stranded, sterilized	1 single source from each strength batch	N/A	10% of total, whole cartridge assay in sterile environment; or 5% or 5 loose seeds from same batch, whichever is larger
N/A denotes no specific recommendations given.			

Figura 8: Visão geral das recomendações de ensaio das fontes dos TGs.

Depois que um fornecedor fabrica as sementes, os serviços de análise por terceiros possuem os recursos técnicos para analisar todas as sementes de um pedido e, em seguida, montá-las no pedido do cliente como agulhas ou fios pré-carregados. O usuário recebe um relatório do ensaio, contendo informações valiosas sobre a distribuição da força da semente do pedido. O padrão 170325 da International Standards Organization/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) fornece os requisitos para laboratórios de teste e calibração; o credenciamento sob este padrão pode servir como um indicador para a qualidade do fornecedor terceirizado que realiza o ensaio.

Como apontam os autores do AAPM LEBSC WG, ainda há um risco residual de erros cometidos pelo fornecedor terceirizado do ensaio. Um exemplo é o evento número 54 no report da IAEA sobre exposições acidentais em radioterapia, onde uma incompatibilidade nas unidades especificadas no pedido versus a entregue pelo fornecedor foi alcançada pelo paciente porque o ensaio do fornecedor não passou por um duplo check. Portanto, é responsabilidade do físico médico da radioterapia verificar o ensaio. Os ensaios das sementes são realizados pelo menos um dia antes do procedimento de implante para ter tempo suficiente para responder aos resultados do teste que podem estar fora da tolerância recomendada. A Fig. 9 resume os níveis de tolerância fornecidos pelo AAPM LEBSC WG.

3. Planejamento de Tratamento

TABLE 22.4 ■ Recommended Actions Based on the Sample Size Assayed and the Relative Difference, ΔS_K , Found Between the Manufacturer's Source Strength Certificate and the Physicist's Source Assay^a

Sample Size for Assay of Sources by End-User Medical Physicist	ΔS_K	Action by End-User Medical Physicist
Individual source as part of an order of ≥ 10 sources ^b	$\Delta S_K \leq 6\%$ $\Delta S_K > 6\%$	Nothing further. Consult with the radiation oncologist regarding use of the outlier source: Dependent on the radionuclide, intended target, source packaging, and availability of extra sources.
$\geq 10\%$ but $< 100\%$ of order, or batch measurements of individual sterile strands, cartridges, or preloaded needles	$\Delta S_K \leq 3\%$ $5\% \geq \Delta S_K > 3\%$ $\Delta S_K > 5\%$	Nothing further. Investigate source of discrepancy or increase the sample size. Consult with manufacturer to resolve differences or increase the sample size. For assays performed in the operating room, consult with the radiation oncologist regarding whether to use the measured source strength or to average with the manufacturer's value.
100% of order, or batch measurements of each and every individual sterile strand, cartridge, or preloaded needle	$\Delta S_K \leq 3\%$ $5\% \geq \Delta S_K > 3\%$ $\Delta S_K > 5\%$	Nothing further. Investigate source of discrepancy. Consult with manufacturer to resolve differences. For assays performed in the operating room, consult with the radiation oncologist regarding the consequences of proceeding with the implant using the measured source strength.

^aAssay results obtained at sites other than the end-user institution should not replace the source strength value on the manufacturer's certificate. The source strength value to be used in planning may be either that stated on the manufacturer's certificate or the value determined by institutional medical physicist when the difference is $\geq 5\%$.

^bFor orders consisting of < 10 sources, the action threshold is $\Delta S_K > 5\%$ for individual sources.

Adapted from AAPM LEBSC WG.²

Figura 9: Níveis de tolerância para os ensaios das sementes.

Planejamento Pré-Implante

O planejamento pré-implante pode ocorrer várias semanas ou dias antes do implante ou então pode ocorrer na sala de cirurgia no dia do implante (também chamado de planejamento em tempo real). A ABS recomenda a utilização de uma ultrassom transretal (TRUS) para o planejamento pré-implante. Os implantes realizados antes de 1990 dependiam do sistema Quimby, que calcula as taxas de exposição para padrões de matriz de implantes regulares de fontes lineares e com atividades uniformes. Nessa técnica, o espaçamento entre as fontes era de 1 cm ou 2 cm.

Métodos de cálculo de dose e de planejamento de tratamento mais modernos levaram a uma técnica que usa um carregamento periférico das agulhas uma quantidade de agulhas internas limitadas. Esta técnica periférica modificada permitiu uma redução na dose recebida pela uretra.

Aquisição de Imagem Para o Tratamento

As imagens de TRUS, MRI ou CT podem ser usadas para o planejamento do tratamento. A imagem da TC está sendo gradualmente eliminada à medida que a RM, com seu melhor contraste de tecidos moles, está se tornando mais disponível na prática clínica (não no Brasil). Como o próprio implante será, na maioria dos casos, realizado sob a orientação da TRUS, o formato da próstata no momento do implante ficará um pouco deformado devido à presença da sonda da TRUS. Portanto, o conjunto de imagens de planejamento deve ser o mais parecido

com a forma e a posição da próstata durante o implante (ou seja, TRUS na maioria dos casos). Outros estudos de imagem, como ressonância magnética, podem ser fundidos ao conjunto de imagens de planejamento. As ressonâncias magnéticas da próstata podem ser feitas usando uma bobina corporal colocada sobre a área pélvica do paciente ou usando uma bobina endorretal. Embora a bobina endorretal deforme a próstata, a anatomia resultante pode estar próxima da anatomia do implante sob a imagem da TRUS, dependendo do diâmetro e posicionamento da bobina. O médico e o físico médico devem avaliar a incerteza do registro deformável usado para fusão das imagens para escolher as margens apropriadas para os delineamentos.

Um componente importante no estudo da imagem pré-planejamentos é avaliar a possível interferência do arco púbico. Um arco púbico estreito combinado com uma glândula relativamente grande pode tornar difícil ou impossível obter um bom acesso da agulha aos setores ântero-laterais da próstata. Pacientes com esta anatomia específica não são bons candidatos para PSI.

Se uma técnica de pré-planejamento for usada, o posicionamento do paciente e da sonda da TRUS devem ser reproduzidos durante o implante porque a posição da perna e a posição da sonda afetarão muito a anatomia. Outra questão é a identificação da uretra, caso não seja utilizada um cateter de Foley. Algumas instituições injetam uma solução de gel de lidocaína aerada na uretra para torná-la visível na TRUS. Deve-se tomar cuidado para evitar gás retal e além disso a limpeza retal é frequentemente realizada antes da aquisição da imagem e do implante. É necessário um bom contato entre a sonda e a parede retal para obter uma boa imagem da próstata. Muitas vezes, um gel é injetado na tampa da sonda para ajudar a melhorar esse contato. Outros sistemas usam uma tampa de sonda sólida ou preenchida com solução salina.

Um dos aspectos mais difíceis da imagem de TRUS é a identificação dos limites da próstata, principalmente a base (inferior) e o ápice (superior). Se for usado um cateter de Foley, ele pode ajudar a identificar a base da glândula por meio da visualização do balão de Foley. É comum identificar a base e o ápice e determinar o número de cortes axiais que contém a próstata. O comprimento é então confirmado em cortes sagitais.

As instituições que usam apenas o planejamento em tempo real usarão o volume e as dimensões da próstata obtidos no pré-implante para estimar a quantidade e a força das sementes a serem solicitadas para o implante. Um nomograma é o método mais comumente utilizado para derivar esses dados. Um nomograma é definido por Merriam-Webster como uma representação gráfica que consiste em várias linhas marcadas em escala e organizadas de tal maneira que, usando uma linha reta para conectar valores conhecidos em duas linhas, um valor desconhecido pode ser lido no ponto de interseção com outra linha. Para um implante de semente de próstata, o nomograma é um gráfico bidimensional que relaciona o volume da próstata para uma determinada força de semente e a dose prescrita para determinar o número estimado de sementes necessárias para o implante. A Fig. 10 mostra um exemplo de nomograma desenvolvido para implantes de sementes de próstata para determinar a atividade total de sementes de ^{125}I necessárias para fornecer 145 Gy a D90 em função do diâmetro d da próstata.

Prescrição de Dose, DVH e Constraints

Devido às diferenças na meia-vida, as doses fornecidas pelos isótopos usados para PSI não podem ser comparadas diretamente. Publicações e protocolos recomendam doses diferentes para cada isótopo ou calculam BEDs (doses biologicamente efetivas) usando uma razão α/β de 2. A Fig. 11 mostra vários constraints de histograma de dose-volume (DVH) de algumas selecionadas publicações, mas as doses típicas para braquiterapia como terapia exclusiva é de 145 Gy com ^{125}I e 125 Gy com ^{103}Pd ; e as doses típicas para boosts de braquiterapia após teleterapia é de 110 Gy com ^{125}I e 90 a 100 Gy com ^{103}Pd .

Diretiva Escrita

A NCR (10 CFR 35) regula o uso de subprodutos. A 10 CFR 35.40 abrange os requisitos e o conteúdo da diretiva escrita usada para o tratamento do paciente. A diretiva escrita tem dois componentes, (i) a componente antes do implante e (ii) a componente após o implante para permitir possíveis mudanças na estratégia do implante devido a circunstâncias médicas imprevistas que podem surgir durante o procedimento de implante. A Fig. 12 mostra um exemplo de diretiva escrita cumprindo os requisitos formais 10 CFR 35 Parte 40 para um implante de semente de próstata permanente usando sementes ^{125}I .

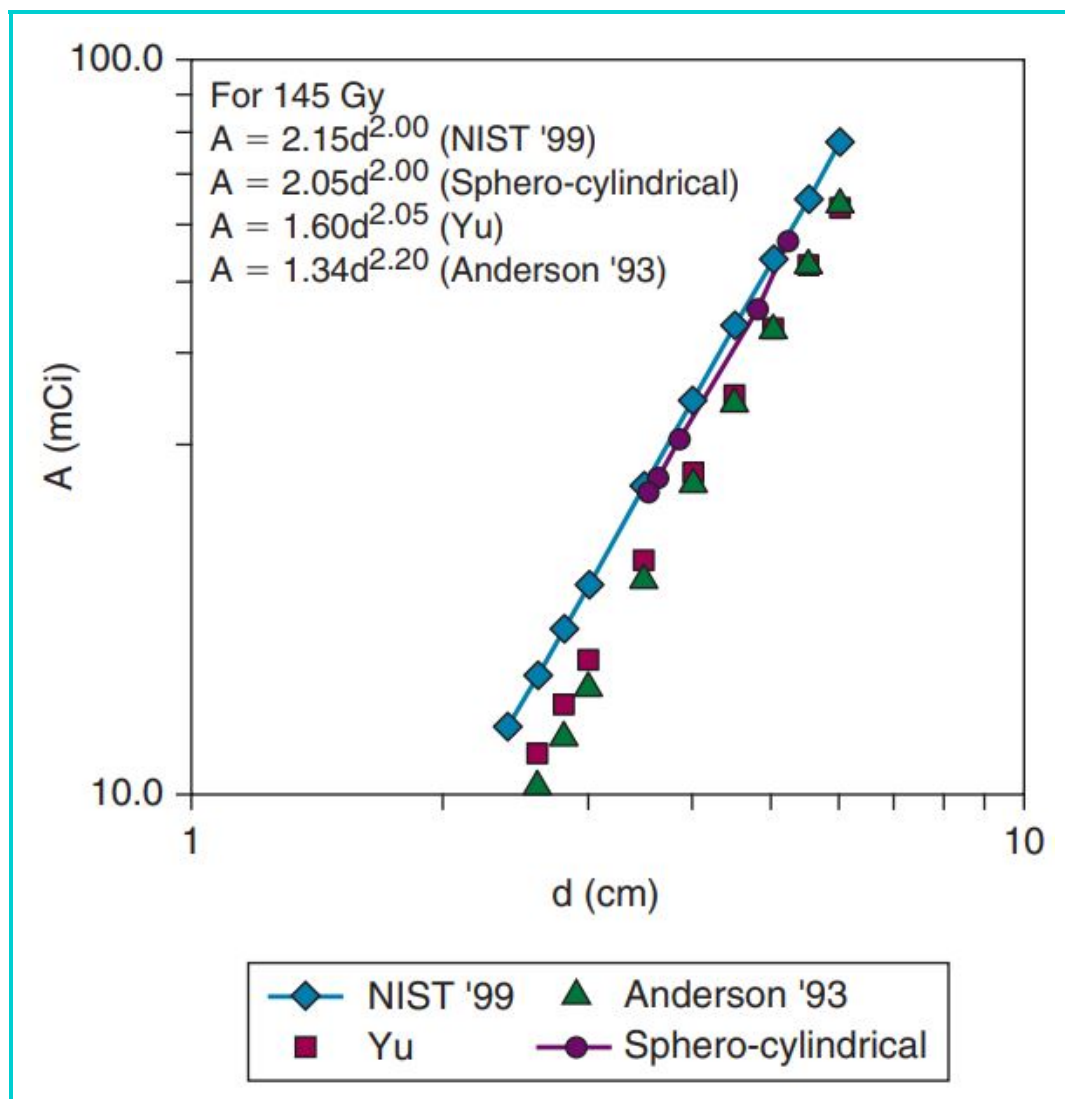


Figura 10: Exemplo de nomograma desenvolvido para implante de semente de próstata.

A NRC não forneceu orientação específica sobre o que constitui a conclusão de um procedimento PSI na perspectiva de concluir a diretiva escrita. Recomenda-se, portanto, que cada instituição defina claramente o final do procedimento em seu protocolo de Políticas e Procedimentos (P&P). Os pontos temporais comumente usados são (i) o paciente saindo da sala de cirurgia ou (ii) o paciente sendo liberado da recuperação. O que constitui uma conclusão precisa da diretiva escrita é um tanto controverso. No passado era utilizada uma definição baseada em dosimetria, como a dose recebida por 90% do alvo (D90) > 75% da dose prescrita. Mais recentemente, uma definição baseada em atividade implantada foi adotada.

4. Procedimento na Sala de Tratamento/Cirurgia (OR)

Inserção das Agulhas

A inserção da agulha ocorre de forma guiada por imagem para garantir que as agulhas sejam implantadas até o plano base da próstata, mas não além, para evitar a perfuração da bexiga. A uretra e a “bexiga bulbar”^a são frequentemente visualizadas usando um cateter de Foley preenchido com contraste.

^aA região da bexiga bulbar é uma parte específica da bexiga urinária localizada perto da próstata. É conhecida como “bexiga bulbar” devido à sua forma arredondada e à proximidade com a base da próstata, onde a uretra se conecta à bexiga.

TABLE 22.5 ■ PSI DVH Constraints from Selected Literature

Organ	DVH Constraint (Rx to D90)	Isotope	Source
Prostate	125 Gy (monotherapy) 100 Gy (boost) + 45 Gy (external)	¹⁰³ Pd	ABS recommendation on implementing NIST 1999 ¹
	144 Gy (monotherapy)	¹²⁵ I	Bice et al. ²²
	140-160 Gy for D90 (monotherapy)	¹²⁵ I	Stock et al. ²³
	140-200 Gy BED (low risk) >200 Gy (BED) (intermediate/high risk)	¹⁰³ Pd, ¹²⁵ I	Stone et al. ²⁴
	115 Gy (monotherapy) V ₁₅₀ <45% 1.6-2.2 U source strength	¹³¹ Cs	ABS recommendation on ¹³¹ Cs ²⁵
	145 Gy (monotherapy)	¹²⁵ I	RTOG-9805
	108 Gy (boost) + 45 Gy (external)	¹²⁵ I	RTOG-0019
	145 Gy (monotherapy with ¹²⁵ I) 125 Gy (monotherapy with ¹⁰³ Pd) 110 Gy (boost with ¹²⁵ I) + 45 Gy (external) 100 Gy (boost with ¹⁰³ Pd) + 45 Gy (external)	¹⁰³ Pd, ¹²⁵ I	RTOG-0232, ABS recommendation on prostate implant dose prescriptions ²⁶
Rectum*	D _{max} , V ₁₀₀ (outer rectal wall defines volume)	¹⁰³ Pd, ¹²⁵ I	RTOG-0232
Urethra*	D _{max} <200% of prescription dose	¹⁰³ Pd, ¹²⁵ I	RTOG-0232

The rectum and urethra doses (*) are not planning dose constraints but parameters to be tracked in postimplant dosimetry. In clinical practice, they may be used as planning DVH constraints.

Figura 11: Constraints de dose para PSI.

É utilizada uma unidade de passo (stepper)/estabilizador (stabilizer) conectada à mesa cirúrgica para fixar/segurar a sonda da TRUS e a grade do implante (Figura 22.6). O stepper permite que a sonda da TRUS seja posicionada nas três dimensões de translação e na rotação pitch para alinhar a sonda com o paciente. A grade do implante usada para orientação das agulhas é montada no stepper em uma posição fixa formando um ângulo reto em relação ao TRUS. No comissionamento e durante o controle de qualidade periódico, a posição da grade é calibrada em relação à sonda TRUS e ao display eletrônico da grade do implante no visor das imagens TRUS. O Teste 7 do AAPM TG-128 descreve como realizar esta calibração.

A inserção da agulha guiada por tomografia computadorizada (TC) aumenta a dose recebida pelo paciente e pela equipe devido a imagem quando comparada ao TRUS; o baixo contraste dos tecidos moles também é outra desvantagem da TC. O implante de agulha guiado por ressonância magnética (MRI) otimiza o contraste dos tecidos moles, mas está disponível em poucas clínicas e requer um equipamento compatível com RM. Assim, a tecnologia predominantemente utilizada para orientação por imagem durante o procedimento de PSI é a TRUS. A sonda da TRUS deve ter arranjos de detectores biplanares para fornecer uma imagem sagital e transversal. A próstata deve estar centralizada na grade do implante. A sonda da TRUS deve ser inclinada de forma que a borda posterior da próstata fique paralela ao trajeto da agulha. É importante ajustar a posição ântero-posterior da sonda de forma que haja um bom contato para a ultrassom, mas a pressão na próstata não deve ser tão alta a ponto de criar uma forma convexa da borda posterior da próstata. Ao usar um pré-plano, deve-se tomar muito cuidado para posicionar o TRUS o mais próximo possível da posição do pré-plano. Isso é obtido combinando a anatomia o mais próximo possível do pré-plano; a curvatura da uretra no plano sagital e as calcificações na glândula são bons pontos de referência.

A ordem de colocação das agulhas depende da preferência do médico, que pode ser uma colocação individual, uma colocação por fileira, localizações periféricas e centrais ou todas de uma vez. Um braço-C portátil é frequentemente utilizado como um dispositivo de imagem auxiliar para a TRUS para ajudar na visualização das agulhas. A próstata incha devido ao edema causado pelo posicionamento das agulhas e também pode mudar de posição em relação ao local onde a agulha fixa uma parte da anatomia, o que pode causar incertezas de localização para algumas técnicas de implante. Uma técnica que pode corrigir de forma confiável a anatomia da próstata é a seguinte:

Doe, John	
MR 11-22-33	
DOB 01-01-1900	
Preimplant:	
Treatment Site:	Prostate + margin (<5mm)
Intended Number of ¹²⁵ I Seeds:	_____
Prescribed Activity (mCi):	_____
Treatment Time:	Permanent
Date:	_____
AU Signature:	_____
AU Name:	Dr. Who, MD
Postimplant:	
Treatment Site:	Prostate + margin (<5mm)
# of ¹²⁵ I Seeds Implanted:	_____
Implanted Activity (mCi):	_____
Treatment Time:	Permanent
Date:	_____
AU Signature:	_____
AU Name:	Dr. Who, MD

Figura 12: Exemplo de Diretiva Escrita.

- Colocação de duas agulhas centrais à esquerda e à direita da uretra para fixar o centro da glândula.
- Fileiras de implantes das fileiras anteriores às posteriores; isso tem a vantagem de que eventual interferência do arco púbico é detectada no início do implante, onde os ajustes no plano ou no implante são mais fáceis.
- Em uma fileira, implante de agulha alternada começando na linha média, movendo-se para fora, alternando os lados.

Manuseio e Monitoramento das Sementes

Análise do Plano e Imagem de Acompanhamento Pós-Implante

5. Segurança, Políticas e Procedimentos

Internação e Alta do Paciente

QA e Manutenção do Equipamento

Políticas e Procedimentos

Requisitos de Pessoal e Tempo

Referências

- [1] Sou-Tung Chiu-Tsao, Melvin A Astrahan, Paul T Finger, David S Followill, Ali S Meigooni, Christopher S Melhus, Firas Mourtada, Mary E Napolitano, Ravinder Nath, Mark J Rivard, et al. Dosimetry of 125i and 103pd coms eye plaques for intraocular tumors: Report of task group 129 by the aapm and abs. *Medical physics*, 39(10):6161–6184, 2012.
- [2] Phillip M Devlin, Caroline L Holloway, and Alexandra J Stewart. *Brachytherapy: applications and techniques*. Springer Publishing Company, 2015.
- [3] Task Force, E Rand Simpson, Brenda Gallie, Normand Laperriere, Akbar Beiki-Ardakani, Tero Kivelä, Virpi Raivio, Jorma Heikkonen, Laurence Desjardins, Remi Dendale, et al. The american brachytherapy society consensus guidelines for plaque brachytherapy of uveal melanoma and retinoblastoma. *Brachytherapy*, 13(1):1–14, 2014.
- [4] Paolo Montemaggi, Mark Trombetta, and Luther W Brady. *Brachytherapy: an international perspective*. Springer, 2016.
- [5] N Suntharalingam, E B Podgorsak, and H Tölli. Brachytherapy: Physical and clinical aspects. In E.B. Podgorsak, editor, *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students*, chapter 13, pages 451 – 484. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005.