

**TÀI LIỆU ÔN TẬP KỸ SƯ, KỸ THUẬT VIÊN Y HỌC HẠT NHÂN –  
VẬT LÝ Y KHOA TRONG XÉT TUYỂN VIÊN CHỨC BỆNH VIỆN  
ĐA KHOA TỈNH TRÀ VINH NĂM 2023**

**BÀI 1**

**KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ BỨC XẠ ION HÓA**

**Câu 1. Bức xạ là gì? Bức xạ ion hóa là gì? Nêu sự khác biệt giữa bức xạ ion hóa và bức xạ không ion hóa.**

- Bức xạ là hiện tượng phát một dạng năng lượng bất kỳ (dưới dạng hạt hoặc tia) vào trong không gian hoặc một môi trường vật chất.

Ví dụ: Bức xạ nhiệt, sóng radio FM, sóng điện từ, ánh sáng nhìn thấy, tia X, ...

- Bức xạ ion hóa được định nghĩa theo luật năng lượng nguyên tử là *chùm hạt hoặc sóng điện từ có khả năng ion hóa vật chất*, như vậy bức xạ đó phải có đủ năng lượng để bứt các điện tử khỏi các nguyên tử, phân tử hoặc ion và gây ra sự ion hóa môi trường vật chất nó đi qua. Bức xạ ion hóa gồm: Alpha, beta, tia X, tia gamma, neutron và các bức xạ mang điện có năng lượng lớn hơn 12,4eV.

- Bức xạ không ion hóa là bức xạ không có đủ năng lượng để bứt các điện tử khỏi nguyên tử. Bức xạ không ion hóa gồm: Bức xạ nhiệt, sóng radio FM, sóng viba, sóng rada, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, laser, sóng siêu âm, ...

**Câu 2. Kể tên những bức xạ ion hóa mà anh/chị biết và nguồn gốc của bức xạ ion hóa.**

- Bức xạ ion hóa gồm: Alpha, beta, tia X, tia gamma, neutron và các bức xạ mang điện có năng lượng lớn hơn 12,4eV.

- Bức xạ ion hóa có thể có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo. Bức xạ ion hóa có nguồn gốc tự nhiên đến từ vũ trụ, đất đá hay bên trong cơ thể con người.

- Các nguồn bức xạ có nguồn gốc nhân tạo là các nguồn phóng xạ hoặc thiết bị bức xạ do con người tạo ra. Đối với nguồn phóng xạ thì ta có nguồn kín và nguồn hở. Đối với khía cạnh an toàn bức xạ thì khả năng gây ra liều lượng bức xạ của hai nguồn này khác nhau là chiếu trong và chiếu ngoài. Đối với các thiết bị bức xạ là máy phát tia X hoặc máy gia tốc có thể gây ra một liều lượng chiếu ngoài. Các nguồn khác do con người tạo ra như lò phản ứng hạt nhân, nhà máy điện hạt nhân hay bom hạt nhân cũng là những nguồn gốc gây ra liều phóng bức xạ.

**Câu 3. Hoạt độ phóng xạ và đơn vị đo hoạt độ phóng xạ là gì?**

Hoạt độ phóng xạ được định nghĩa theo Luật năng lượng nguyên tử: Hoạt độ phóng xạ là đại lượng biểu thị số hạt nhân phân rã phóng xạ trong một đơn vị thời gian.

$$A = - dN/dt$$

Trong đó:

A là hoạt độ phóng xạ ( $\text{giây}^{-1}$ );

dN là số hạt nhân phân rã;

dt là thời gian số hạt nhân phân rã (giây).

Đơn vị đo hoạt độ phóng xạ trong hệ SI là Becquerel, viết tắt là Bq.

1 Bq = 1 phân rã trên giây;

Đơn vị ngoài hệ SI là Curie, viết tắt là Ci;

1 Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq

## BÀI 2

### TƯƠNG TÁC CỦA BỨC XẠ VỚI VẬT CHẤT

#### Câu 1. Khả năng ion hóa và độ đâm xuyên của bức xạ với vật chất như thế nào?

Khi tương tác với vật chất, bức xạ ion hóa truyền năng lượng của mình cho các nguyên tử hay phân tử môi trường. Các nguyên tử hay phân tử môi trường nhận năng lượng từ bức xạ ion hóa sẽ bị biến đổi, hoặc nhảy lên trạng thái kích thích hoặc bị ion hóa. Khả năng ion hóa và độ đâm xuyên là hai đặc trưng của bức xạ ion hóa với môi trường.

Khả năng ion hóa được xác định bằng số cặp ion-electron được tạo trên một đơn vị đường đi. Khả năng ion hóa càng lớn, mất mát năng lượng càng nhanh, quãng chạy của bức xạ ion hóa trong vật chất càng nhỏ, khả năng đâm xuyên của bức xạ càng yếu.

#### Câu 2. Trình bày tương tác của bức xạ gamma với vật chất.

Khi tương tác với electron và nguyên tử của môi trường, lượng tử gamma hoặc mất tất cả năng lượng (hấp thụ) hoặc phần lớn năng lượng do quá trình tán xạ. Gamma tương tác vật chất có 3 quá trình chính: hiệu ứng quang điện, tán xạ của lượng tử gamma lên electron tự do (tán xạ Compton) và tạo cặp trong trường hạt nhân (hiệu ứng tạo cặp).

#### Câu 3. Tương tác của tia gamma với vật chất theo những phương thức nào?

- **Hiệu ứng quang điện** là quá trình tương tác của lượng tử gamma với electron liên kết trong nguyên tử. Tất cả năng lượng của gamma ( $E_\gamma$ ) mất đi để bức electron từ nguyên tử.

- **Tán xạ Compton** là tán xạ đàn hồi của gamma tới với các electron chủ yếu ở quỹ đạo ngoài cùng của nguyên tử. Tiết diện tán xạ Compton phụ thuộc vào năng lượng gamma và số  $Z$  của môi trường.

- **Hiệu ứng tạo cặp**: lượng tử gamma trong điện trường của electron hoặc hạt nhân có thể tạo ra cặp electron positron. Quá trình này chỉ có thể xảy ra nếu  $E_\gamma > 2m_0c^2 = 1,02$  MeV.



### BÀI 3 GHI ĐO BỨC XẠ

**Câu 1. Trình bày các đại lượng về liều (liều hấp thụ, liều tương đương, liều hiệu dụng) và đơn vị đo của chúng.**

#### **Liều hấp thụ**

Liều hấp thụ là năng lượng của bức xạ bị hấp thụ trên đơn vị khối lượng của đối tượng bị chiếu xạ, theo định nghĩa ta có:

$$D_{ht} = \frac{\Delta E}{\Delta M}$$

Trong đó:

$\Delta E$  : năng lượng của bức xạ bị mất đi do sự ion hoá trong đối tượng bị chiếu xạ;

$\Delta m$  : khối lượng của đối tượng bị chiếu xạ;

D<sub>ht</sub>: liều hấp thụ;

Ngoài đơn vị SI là J/kg, liều hấp thụ còn có đơn vị Gy hoặc rad.

$$1\text{Gy} = 1\text{J/kg} = 100\text{rad} = 100\text{cGy}$$

#### **Liều chiếu**

Liều chiếu của tia X hoặc tia gamma là phần năng lượng của nó mất đi để biến đổi thành động năng của hạt mang điện trong một đơn vị khối lượng của không khí, khí quyển ở điều kiện tiêu chuẩn. Từ định nghĩa trên, ta có:

$$D_{ch} = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$

Trong đó:

$\Delta Q$ : điện tích một loại, xuất hiện do sự ion hoá không khí trong một đơn vị thể tích.

$\Delta m$  : khối lượng không khí của thể tích trên.

D<sub>ch</sub>: liều chiếu.

Đơn vị của liều chiếu là Coulomb trên kilogram (C/kg) hoặc Roentgen (R).

$$1\text{C/kg} = 3876\text{ R.}$$

#### **Liều tương đương**

Trong thực nghiệm cho thấy hiệu ứng sinh học gây bởi bức xạ không chỉ phụ thuộc vào liều hấp thụ mà còn phụ thuộc vào loại bức xạ. Do vậy, một đại lượng được dùng là liều tương đương: “tương đương” có nghĩa là giống nhau về mặt sinh học. Để so sánh tác dụng sinh học của các loại bức xạ khác nhau. Dựa vào tính chất trên, liều tương đương được định nghĩa là liều hấp thụ trung bình trong mô hoặc cơ quan T bất kỳ do bức xạ r nhân với hệ số trọng số phóng xạ tương ứng của bức xạ.

$$H_T = \sum(W_r \times D_{T,r})$$

Trong đó:

r: loại bức xạ được hấp thụ trong mô hoặc cơ quan T;

$W_r$ : là hệ số trọng số phóng xạ của bức xạ r, bảng 10.1;

$D_{T,r}$ : liều hấp thụ trung bình của bức xạ r trong mô hoặc cơ quan T;

$H_T$ : liều tương đương.

Đơn vị của liều tương đương là J/kg, rem hoặc Sievert (Sv), 1Sv = 100 rem

### **Liều hiệu dụng**

Để đánh giá độ nguy hiểm gây ra những hiệu ứng ngẫu nhiên như ung thư hay di truyền trên từng bộ phận hay một cơ quan bất kỳ của cơ thể, ICRP đề nghị đưa vào các trọng số mô  $W_T$ . Các mô khác nhau nhận cùng một liều tương đương như nhau thì tổn thương sinh học khác nhau.

Liều hiệu dụng được định nghĩa là tổng của tất cả các liều tương đương ở các mô hay cơ quan, mỗi một liều được nhân với trọng số mô tương ứng. Liều hiệu dụng cho biết xác suất xảy ra những hiệu ứng ngẫu nhiên khi cơ thể bị chiếu tại nhiều vùng khác nhau.

$$E = \sum (W_T \times H_T)$$

Trong đó:

$W_T$ : là trọng số mô;

$H_T$ : là liều tương đương;

E: là liều hiệu dụng.

Đơn vị của liều hiệu dụng là J/kg hoặc Sievert (Sv).

### **Câu 2. Nêu các cơ chế ghi đo bức xạ**

Có 7 cơ chế được sử dụng để ghi đo bức xạ:

- Sự ion hóa
- Sự nhấp nháy
- Nhiệt phát quang
- Quang phát quang
- Các cơ chế hóa học
- Sự đốt nóng
- Các cơ chế sinh học

### **Câu 3. Các yêu cầu khi sử dụng liều kế cá nhân trong ghi đo bức xạ.**

- Mỗi nhân viên bức xạ cần được trang bị tối thiểu 1 liều kế cá nhân riêng biệt. Liều kế này được đeo liên tục trong quá trình làm việc với bức xạ.
- Liều kế phải được đọc liều định kỳ (tối thiểu 3 tháng/ lần). Khi liều kế được gửi đi đọc liều, nhân viên phải nhận được liều kế khác thay thế để theo dõi liều bức xạ một cách liên tục.
- Trường hợp một người làm cho 2 cơ sở trở lên, phải sử dụng liều kế riêng biệt cho từng cơ sở.
- Trong suốt quá trình sử dụng không được để liều kế bị nhiễm bản hóa chất và đặc biệt là chất phóng xạ.
- Khi sử dụng liều kế cá nhân phải ghi đầy đủ thông tin cá nhân của người đeo vào bản theo dõi liều cá nhân.
- Kết quả đọc liều phải được thông báo đến từng người đeo.



- Không được sử dụng liều kế cá nhân vào mục đích khác ngoài việc theo dõi liều cho nhân viên bức xạ.

## BÀI 4

### TỔNG QUAN VỀ XẠ TRỊ

**Câu 1. Có ý kiến cho rằng “Xạ trị kỹ thuật hiện đại, tiên tiến chỉ mang lại lợi ích cho bệnh nhân”. Điều đó đúng hay sai? Vì sao?**

Ý kiến trên là không đúng vì:

- Xạ trị kỹ thuật tiên tiến: IMRT, IGRT, SBRT, SRS, DIBH, ....
- Bên cạnh những lợi ích to lớn mang lại cho bệnh nhân, nó có thể làm hại bệnh nhân nhiều hơn xạ trị kỹ thuật thường quy vì:
  - Xạ trị kỹ thuật cao đòi hỏi độ chính xác rất cao trong các bước của quy trình xạ trị: cố định bệnh nhân, mô phỏng, lập kế hoạch xạ trị, QA-QC kế hoạch xạ trị, thực thi kế hoạch xạ trị có IGRT, QA-QC máy xạ trị...
  - Chỉ cần một sai lầm nhỏ trong các bước trên là bệnh nhân có thể bị làm hại do xạ trị
    - Thí dụ:
      - Cố định bệnh nhân không tốt
      - Xác định sai thể tích xạ trị
      - Không QA-QC máy xạ trị hay kế hoạch xạ trị

**Câu 2. Vì sao nói việc kết hợp xạ trị ngoài (EBRT) với xạ trị áp sát (Brachytherapy) là giải pháp điều trị tối ưu trong xạ trị ung thư cổ tử cung?**

- Liều kiểm soát bướu ung thư cổ tử cung từ 80-95 Gy.
- Xạ trị ngoài tiêu diệt bướu đại thể, bướu vi thể, hạch ... nhưng có tác hại nhiều lên mô lành nếu chỉ xạ thuần túy 80 Gy vào bướu cổ tử cung.
- Xạ trị áp sát có tác dụng khu trú liều rất cao vào bướu đại thể, suy giảm liều rất nhanh khi cách xa bướu đại thể nên giảm liều ảnh hưởng lên mô lành rất tốt. Do đó, xạ trị áp sát không có tác dụng tốt đối với bướu có kích thước lớn hay có thêm hạch.
- Vì vậy, để xạ trị tối ưu cho ung thư cổ tử cung, ta phải bắt buộc kết hợp xạ trị ngoài và xạ trị áp sát theo hướng tận dụng ưu điểm, loại bỏ hạn chế của từng kỹ thuật:
  - Xạ trị ngoài đến 50 Gy/25fx lần để tiêu diệt hạch và có độ kiểm soát bướu đại thể đồng thời hạn chế được liều vào mô lành.
  - Sau đó, xạ trị áp sát tiếp theo 7 Gy/tuần/lần x 3 lần (tương đương 29.9 Gy xạ trị ngoài) để đủ liều vào bướu đại thể, hạn chế liều vào mô lành.

- Như vậy, việc kết hợp này đảm bảo đủ liều vào bướu và không chế được liều vào mô lành.

**Câu 3. Trình bày ngắn gọn ưu điểm và hạn chế của xạ trị:**

***Ưu điểm của xạ trị:***

- Có thể điều trị những vị trí bướu mà phẫu thuật khó với tới được (thí dụ)
- Có thể kiểm soát bướu tại chỗ ở mức độ vi thể (xạ vào CTV)
  - GTV: bướu đại thể
  - CTV: bướu đại thể cộng thêm phần xâm lấn vi thể

***Hạn chế của xạ trị:***

- Ít hiệu quả khi thể tích bướu lớn (thí dụ)
- Sự nhạy xạ của mô lành quanh bướu cản trở việc nâng liều (thí dụ)
- Không có tác dụng toàn thân (di căn toàn thân)
- Tiềm năng sinh ung thư thứ cấp (ung bướu nhi)



## BÀI 5

### MÁY GIA TỐC TUYẾN TÍNH XẠ TRỊ

#### Câu 1. Trình bày vắn tắt về cấu tạo của máy gia tốc tuyến tính trong xạ trị.

Máy gia tốc tuyến tính xạ trị (Linac xạ trị) sử dụng sóng điện từ cao tần để gia tốc các hạt electron tới năng lượng cần thiết tạo ra chùm tia X (bức xạ hãm) hoặc sử dụng trực tiếp chùm electron này cho các mục đích điều trị. Các thành phần cơ bản của một Linac dùng trong xạ trị gồm các khối thiết bị chính được mô tả như sau:

- **Cần máy đứng:** chứa máy phát sóng, súng điện từ và ống dẫn sóng gia tốc.
  - **Bộ phát sóng cao tần RF:** gồm bộ điều khiển, thiết bị tạo vi sóng (magnetron hoặc klystron), bộ xoay vòng 4 công và bộ kiểm soát tần số tự động (Automatic Frequency Control, AFC).
  - **Ống dẫn sóng gia tốc:** gồm ống dẫn sóng và ống gia tốc. Ống gia tốc là bộ phận chính của máy gia tốc và đây là nơi xảy ra quá trình gia tốc chùm electron từ động năng ban đầu ở mức keV lên năng lượng rất cao vài chục MeV. Ống dẫn sóng là thiết bị dùng để truyền sóng RF từ thiết bị tạo sóng cao tần magnetron hoặc klystron đến ống gia tốc.
  - **Súng điện từ:** có chức năng tạo nguồn electron để đưa vào ống gia tốc. Súng này hoạt động dựa trên nguyên lý bức xạ nhiệt bằng phương pháp đốt nóng cathode trực tiếp hoặc gián tiếp.
  - **Cần máy:** gồm hệ thống truyền tải electron và đầu máy gia tốc. Cần máy được gắn vào cần máy đứng và có thể quay quanh trục vuông góc với nó.
  - **Hệ thống truyền tải electron:** để đưa electron đến đầu máy điều trị.
  - **Từ trường uốn:** làm cho chùm electron khi thoát ra khỏi ống gia tốc có phổ năng lượng hẹp hơn.
  - **Đầu máy gia tốc tuyến tính xạ trị:** gồm bia, bộ chuẩn trực sơ cấp, các bộ lọc phẳng, buồng ion hóa, gương, bộ chuẩn trực thứ cấp. Ngoài ra đầu máy có thể thêm vào một số thiết bị như: nêm (wedge), bộ chuẩn trực đa lá, ...
  - **Giường điều trị:** là nơi đặt và bố trí bệnh nhân, có thể quay xung quanh trục giường, nâng lên và hạ xuống để đạt được vị trí điều trị mong muốn.
  - **Bảng điều khiển:** là thiết bị điều khiển các hoạt động của máy gia tốc như: di chuyển giường điều trị, quay cần máy, điều chỉnh kích thước và góc của bộ chuẩn trực thứ cấp, ...
- Ngoài ra, Linac còn có một số bộ phận khác như hệ hội tụ chùm tia, hệ lái chùm tia, hệ thống nước làm mát, hệ thống bơm ion hút chân không, ...

#### Câu 2. Nguyên lý hoạt động của máy gia tốc tuyến tính xạ trị



Mục đích của máy gia tốc tuyến tính xạ trị là tạo ra được các điện tử năng lượng cao bằng cách gia tốc các electron được sinh ra do bức xạ nhiệt từ súng điện tử, được điều chế thành các xung và phun vào ống gia tốc. Với các cấu tạo đã trình bày ở trên, máy gia tốc tuyến tính xạ trị hoạt động theo nguyên lý:

- Cathode của súng điện tử được đốt nóng làm phát sinh các electron và hội tụ thành chùm tia xuyên qua anode của súng điện tử, sau đó được bắn vào ống gia tốc. Chùm electron này được gia tốc trong một điện trường cao tần phát ra từ bộ phát sóng cao tần (khoảng 300 MHz) trong ống gia tốc thẳng.

- Bức xạ vi sóng được cung cấp dưới dạng các xung ngắn, khoảng một vài  $\mu\text{s}$  và được phát ra dưới dạng các xung điện áp cao, khoảng 50 kV từ bộ điều chế xung đến thiết bị tạo vi sóng. Súng điện tử và nguồn vi sóng được tạo thành xung sao cho các electron có vận tốc cao được phun vào ống dẫn sóng tăng tốc cùng một thời điểm.

- Hệ thống ống dẫn sóng và súng điện tử được hút chân không dưới áp suất thấp để tạo ra sự chuyển động tự do, tránh va chạm các electron với các nguyên tử khí suốt dọc chiều dài chuyển động của chúng.

- Chùm electron được gia tốc có xu hướng bị phân kỳ, một phần do lực tương tác Coulomb, nhưng chủ yếu là do lực điện trường trong cấu trúc ống dẫn sóng có thành phần xuyên tâm. Tuy nhiên, sự phân kỳ này có thể khắc phục và các electron được hội tụ trở lại theo quỹ đạo thẳng khi sử dụng một điện trường đồng trục. Điện trường này là do các cuộn dây nam châm cung cấp và đương nhiên phải đồng trục với ống dẫn sóng. Ngoài ra, còn có các cuộn lái tia phụ được sử dụng để dẫn chùm electron sao cho khi xuất hiện từ ống tăng tốc sẽ chuyển động theo đúng hướng và vị trí yêu cầu.

- Khi máy ở chế độ phát chùm tia electron, electron được dùng trực tiếp cho quá trình điều trị. Electron sau khi được gia tốc trong ống gia tốc sẽ đi qua hệ từ trường uốn và thoát ra ngoài, hướng thẳng chùm tia qua bộ chuẩn trục và tiến về phía bệnh nhân. Trong đầu máy có một số bộ phận kiểm soát liều lượng, tạo hình dạng và sự đồng đều chùm tia tùy theo mục đích điều trị.

- Khi máy ở chế độ phát photon, chùm electron sau khi được gia tốc, nhờ bộ uốn chùm tia sẽ va chạm tập trung vào bia – được làm bằng vật liệu có số hiệu nguyên tử Z cao. Thông qua hiệu ứng bức xạ hãm, photon năng lượng cao được tạo ra và ứng dụng trong y tế, cụ thể là cho mục đích xạ trị.

### **Câu 3. Trình bày các thông số bức xạ và đơn vị dùng trong máy gia tốc tuyến tính xạ trị**

- *Phân bố phần trăm liều theo độ sâu*

Phần trăm liều theo độ sâu (Percentage depth dose, PDD) là tỉ số biểu thị bằng phần trăm của liều hấp thụ tại một điểm trong nước có độ sâu z (Dz) chia cho liều hấp thụ tại độ sâu liều cực đại zmax (Dmax). Liều sâu phần trăm được xác định bởi công thức:

$$PDD(s,Q,f,z) = \frac{D_z}{D_{Max}} \times 100 \%$$

trong đó  $s$  là kích thước trường chiếu tại mặt phẳng điểm đồng tâm,  $f$  là khoảng cách từ nguồn bề mặt phantom,  $Q$  là năng lượng chùm tia.

- **Tỉ số liều ngoài trục**

Tỉ số liều ngoài trục (Off Center Ratio, OCR) là tỉ số giữa liều tại một điểm cách trục chính của chùm tia một khoảng  $x$  ( $D_x$ ) với liều tại điểm trên trục chính ( $D_0$ ) ở cùng độ sâu  $z$ , được tính như công thức:

$$OCR(s, Q, f, x) = \frac{D_x}{D_0} \times 100 \%$$

trong đó  $s$  là kích thước trường chiếu tại mặt phẳng điểm đồng tâm,  $Q$  là năng lượng chùm tia,  $f$  là khoảng cách từ nguồn phát bức xạ đến bề mặt phantom.

- **Đơn vị liều phát của máy gia tốc (Monitor Unit, MU)**

Đơn vị liều phát của máy gia tốc (Monitor Unit, MU) được sử dụng để kiểm soát liều bức xạ phát ra từ máy gia tốc. 1 MU biểu thị lượng điện tích ghi nhận được từ buồng ion hóa gắn ở đầu máy gia tốc tương ứng với liều hấp thụ 1 cGy tại độ sâu liều cực đại ( $z_{max}$ ) trong phantom nước của trường chiếu  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  với khoảng cách nguồn đến bề mặt (Source to Surface (Skin) Distance, SSD) bằng 100 cm.



## BÀI 6

### HỆ THỐNG TRANG THIẾT BỊ TRONG XẠ TRỊ

#### Câu 1. Trình bày tổng quan về thiết bị cố định và thiết bị mô phỏng trong xạ trị

##### - *Thiết bị cố định:*

Quá trình điều trị xạ trị cho bệnh nhân ung thư thường kéo dài rất lâu, có khi vài ngày trong xạ trị điều trị triệu chứng giảm đau, nhưng có khi lên đến hàng tháng đối với xạ trị triệt để. Do vậy, để bảo đảm tính chính xác trong suốt quá trình điều trị, bệnh nhân cần phải được cố định, định vị sao cho tư thế của bệnh nhân là giống nhau từ ngày này sang ngày khác, và không dịch chuyển trong quá trình phát tia điều trị. Có rất nhiều loại thiết bị cố định bệnh nhân trong xạ trị, mỗi loại sẽ tương thích với từng bệnh lý và vị trí ung thư.

Thường gặp là các loại dụng cụ cố định sau:

- Cố định trong xạ trị vùng đầu-mặt-cổ.
- Cố định trong xạ trị vùng ngực.
- Cố định trong xạ trị ung thư vú.

##### - *Thiết bị mô phỏng trong xạ trị:*

Sau công đoạn cố định, định vị tư thế, bệnh nhân sẽ được chụp hình CT phục vụ cho công tác lập kế hoạch xạ trị ở các bước tiếp theo, gọi là chụp hình "CT xạ trị". Khái niệm CT xạ trị nên được hiểu là hình ảnh CT từ công đoạn này sẽ được dùng trong mục đích điều trị bằng tia xạ, chứ bản thân máy ghi hình CT không có chức năng xạ trị. Khác với chụp hình CT quy ước dùng để chẩn đoán bệnh, chụp hình CT xạ trị có một số điểm khác biệt sau:

- Bệnh nhân chỉ được chụp hình sau khi đã được cố định, định vị tư thế xạ.
- Giường ghi hình mặt lõm dùng trong ghi hình chẩn đoán phải được thay bằng giường phẳng bằng sợi carbon gọi là "Flat table top" hay giường RTP (Radiotherapy Treatment Planning table) để tương thích với giường điều trị của máy phát tia xạ.

#### Câu 2. Trình bày tổng quan về hệ thống lập kế hoạch điều trị

Hệ thống lập kế hoạch xạ trị, hay phần mềm lập kế hoạch xạ trị, viết tắt là TPS (Treatment Planning Systems/Software) là một hệ thống gồm nhiều máy tính (computers) kết nối với nhau, trên đó có tích hợp các phần mềm tính liều xạ trị chuyên dụng để thực hiện 03 chức năng:

- Thu nạp (Import) dữ liệu bệnh nhân.
- Tính liều xạ trị cho bệnh nhân (Dose calculation).
- Chuyển (Export) thông số đã tính liều xạ trị sang máy điều trị.



### **Câu 3. Trình bày các thiết bị đảm bảo chất lượng trong xạ trị**

Một máy gia tốc Linac từ lúc bắt đầu lắp ráp cho đến khi sẵn sàng để đưa vào điều trị cho bệnh nhân phải trải qua rất nhiều công đoạn khác nhau như giai đoạn nghiệm thu thiết bị, theo thuật ngữ chuyên môn là ATP (Acceptance Test Procedure), giai đoạn thu thập dữ liệu chùm tia để đưa vào hệ thống lập kế hoạch xạ trị, gọi theo thuật ngữ chuyên môn là Data Commissioning, và giai đoạn kiểm tra, đảm bảo tính chính xác về liều lượng xạ trị sau quá trình lập kế hoạch xạ trị gọi là QA/QC.

Để thực hiện được tất cả công việc này, mỗi trung tâm xạ trị cần phải trang bị đầy đủ các hệ thống thiết bị đo liều và QA/QC để bảo đảm chất lượng điều trị tốt nhất và tối ưu nhất cho bệnh nhân. Các thiết bị đo liều và QA/QC được phân lập thành 05 nhóm thiết bị chính như sau:

- **Thiết bị đo liều tương đối:** dùng để nghiệm thu thiết bị và thu thập dữ liệu chùm tia cho hệ thống lập kế hoạch xạ trị "Data Commissioning", QA/QC máy theo định kỳ.
- **Thiết bị đo liều tuyệt đối:** dùng để chuẩn hoá liều phát ra của máy gia tốc, sao cho trong điều kiện tiêu chuẩn thì 1 MU phát ra của đơn vị máy gia tốc phải tương đương với 1 cGy của đơn vị liều lượng xạ trị.
- **Thiết bị kiểm tra chất lượng máy gia tốc:** dùng để kiểm tra máy gia tốc định kỳ hàng ngày, hàng tháng, hàng quý, hàng năm.
- **Thiết bị kiểm tra hệ kế hoạch xạ trị:** dùng để kiểm tra lại liều lượng xạ trị sao cho liều tính toán từ hệ thống lập kế hoạch phải đúng với liều thực tế ghi nhận được.
- **Thiết bị đo liều in-vivo cho bệnh nhân:** dùng để theo dõi đánh giá liều ở một số cơ quan trọng yếu, liều mặt da trong một số kỹ thuật xạ trị đặc biệt và phục vụ nghiên cứu khoa học.

## BÀI 7

### QUY TRÌNH XẠ TRỊ NGOÀI

**Câu 1. Trình bày mục tiêu, tầm quan trọng, cái nhìn tổng thể của lập kế hoạch điều trị.**

*Lập kế hoạch xạ trị ngoài là quá trình xác định số lượng, hướng trường chiếu, dạng năng lượng và những đặc tính khác của chùm tia phóng xạ nhằm phân bố liều lượng vào bệnh nhân để kiểm soát hay tiêu diệt khối bướu ung thư.*

**Mục tiêu của lập kế hoạch điều trị:**

- Tối ưu hóa liều điều trị vào bướu (thể tích đích).
- Giảm tối đa biến chứng trên mô lành.

**Tầm quan trọng của việc lập kế hoạch điều trị:**

- Bảo đảm mục đích điều trị được thực hiện chính xác.
- Hạn chế tối đa các sai sót trong quá trình xạ trị.

**Câu 2. Trình bày các bước trong quy trình xạ trị ngoài cho bệnh nhân.**

1. Chỉ định xạ trị.
2. Mô phỏng và các phương tiện cố định.
3. Xác định và vẽ các thể tích đích và cơ quan lành.
4. Lập kế hoạch điều trị (Treatment planning).
5. Đánh giá kế hoạch - Chuyển dữ liệu tới máy gia tốc – Kiểm tra các thông số điều trị.
6. Kiểm tra kế hoạch – Xạ trị.
7. Theo dõi.



## BÀI 8

### QUY TRÌNH KIỂM CHUẨN CHẤT LƯỢNG TRONG XẠ TRỊ

#### Câu 1. Vai trò của QA/QC trong xạ trị là gì?

QA (Quality Assurance)/QC (Quality Control) là sự thực hiện định kỳ việc đo đạc, so sánh các thông số kỹ thuật chuẩn của thiết bị, chuẩn liều đúng theo các hướng dẫn kỹ thuật. Trong đó mọi biện pháp cần thiết khác như sửa chữa thay thế được áp dụng để duy trì hay đạt được các mục tiêu kỹ thuật phù hợp với các tiêu chuẩn đã được đề ra.

Chất lượng trong việc xạ trị là nhiệm vụ của mỗi một khâu trong toàn bộ quá trình tổng thể. Bao gồm từ khâu chuẩn đoán, chuẩn máy, đo liều, lập kế hoạch điều trị và thực hiện điều trị, ... Để đạt được sự tối ưu trong điều trị, tổng các sai số phải đạt được trong phạm vi cho phép. Chương trình QA/QC nhằm mục đích ngăn ngừa các sai số hệ thống và giảm được các sai số ngẫu nhiên.

#### Câu 2. Trình bày những vấn đề liên quan đến QA/QC

Liều lượng tại máy xạ trị gia tốc là tỉ số giữa liều chiếu và liều hấp thụ (MU/Gy), nó có thể thay đổi do nhiều nguyên nhân và ở bất cứ thời điểm nào nên phải được kiểm tra thường xuyên để kiểm tra sự thay đổi nếu có, và giữ độ bất biến tín hiệu ra của chùm tia,

...

##### - *Chất lượng chùm tia (PDD, TPR, Dmax, ...):*

Là những tham số cần được quan tâm. Kiểm tra năng lượng phát ra của hai loại bức xạ photon và electron từ máy gia tốc, xác định được chính xác năng lượng đích thực của chùm tia.

##### - *Hệ thống cơ khí:*

Vì hệ thống cơ khí của máy xạ trị gia tốc có liên quan nhiều nhất đến mọi hoạt động hàng ngày nên phải đảm bảo máy hoạt động một cách chính xác, an toàn và ổn định (thân máy, ống chuẩn trực, MLC, bàn điều trị, trường chiếu ánh sáng, trường chiếu xạ, thước chỉ khoảng cách quang học (ODI), đồng tâm quay thân máy, laser, ...).

##### - *Hệ thống khóa liên động:*

Toàn bộ hệ thống khóa liên động và các công tắc bảo vệ mạch điện hoạt động cần phải được kiểm tra một cách kỹ càng theo định kỳ.

##### - *Các phụ kiện:*

Khay chì và các khối chì che chắn, wedge, applicator, ... phải được đảm bảo an toàn chính xác, phải vững chắc, không dễ xảy ra tai nạn cho bệnh nhân.

##### - *Hệ thống định vị:*

Được thể hiện ba hoặc bốn chùm laser với hai đèn chiếu ngang, một đèn chiếu dọc và một đèn chiếu thẳng đứng cắt nhau tại điểm đồng tâm. Trong trường hợp chỉ dùng một tia đơn trong điều trị, thì có thể có một thước cơ học để chỉ báo khoảng cách.

##### - *Hệ thống theo dõi bệnh nhân:*

Phải có phương tiện quan sát bệnh nhân liên tục trong điều trị, ... đảm bảo phát hiện kịp thời những sự cố bất thường, những tai nạn xảy ra.

##### - *Hệ thống theo dõi bức xạ:*

Nhằm đảm bảo an toàn cho nhân viên vận hành cũng như cho bệnh nhân.

#### Câu 3. Trình bày các sai số trong quá trình xạ trị

Những sai số thường mắc phải trong quá trình điều trị:



- **Sai số do về giải phẫu bệnh:** sai số về diện tích cơ thể, về tư thế nằm của bệnh nhân, sai lầm trong việc xác định các mô liên quan, đánh giá mức đồng bộ không đồng đều của các mô ...
- **Sai số do xác định các thể tích mục tiêu:** hình dạng và sự khu trú của chúng, sự di động của một số tổ chức như cơ quan hô hấp, hệ tuần hoàn, ... lập kế hoạch điều trị xạ trị: số liệu chùm tia (như năng lượng chùm tia, kích thước, góc nghiêng, ...), sai số trong tính toán lập kế hoạch.
- **Sai số do thiết bị điều trị:** sai số về chuyển động cơ khí, chuẩn máy và liều chiếu của máy.
- **Sai số do thao tác điều trị:** tư thế bệnh nhân, vận hành máy, hay cách đặt các dụng cụ che chắn, ...

## BÀI 9

### CÁC KỸ THUẬT XẠ TRỊ VÀ LẬP KẾ HOẠCH XẠ TRỊ

#### Câu 1. Trình bày xạ trị bằng kỹ thuật 2D

- Lập kế hoạch điều trị 2D là việc lập kế hoạch và tính toán sự phân bố liều xạ chỉ trong mặt phẳng 2 chiều, các đường phân bố liều cũng chỉ được tính toán và hiển thị trong một mặt phẳng.

- Những *thông tin về bệnh nhân* được thu thập bằng cách vẽ các đường cong bề mặt da của bệnh nhân bằng tay.

- *Thuật toán đơn giản* được sử dụng, liều được tính là liều tại độ sâu trục trung tâm nhân với hệ số lệch trục. Không có sự hiệu chỉnh sự đồng nhất được áp dụng trong tính toán liều.

- Kế hoạch điều trị được đánh giá bởi việc kiểm tra việc phân bố liều trong mặt phẳng này và nếu kế hoạch không được chấp nhận việc hiệu chỉnh hình học chùm tia, thay đổi Wedge hoặc thay đổi trọng số chùm tia sẽ làm thay đổi kế hoạch.

#### Câu 2. Trình bày xạ trị bằng kỹ thuật 3D

- Sự khác biệt lớn nhất hay rõ ràng nhất của tiến trình 3D so với 2D là vấn đề về thể tích. Target của vùng điều trị được thể hiện trong *không gian 3 chiều*. *Dữ liệu thông tin về bệnh nhân* được thu thập với sự chú ý về việc thu thập những thông tin về thể tích hơn là những thông tin về mặt phẳng.

- *Sự bố trí hình học chùm tia* và hướng điều trị được dựa trên việc chiếu xạ của một thể tích bia 3D và sự tính toán *phân bố liều* được thực hiện trên không gian ba chiều.

- *Thuật toán tính toán liều* có tính thêm sự loe của chùm tia trong tất cả các hướng và có tính thêm sự hiệu chỉnh *độ không đồng đều* của mô cũng như sự không đồng đều của hướng chiếu. Cuối cùng kế hoạch điều trị được phân tích và đánh giá trên 3 chiều và *sự phân bố liều* được hiển thị ở dạng thể tích hơn là ở dạng mặt phẳng.

- *Giới hạn của kỹ thuật 3D*: Không cung cấp được những phương pháp cho phép che chắn các cơ quan quý nằm ngay sát khối bướu hay bị khối bướu bao quanh một phần hay toàn bộ.

#### Câu 3. Trình bày xạ trị bằng kỹ thuật IMRT

- IMRT là một kỹ thuật xạ trị mà liều lượng và việc cung cấp liều được tối ưu bằng cách sử dụng “lập kế hoạch ngược”. Việc “lập kế hoạch ngược” này sẽ tính toán và tạo nên những chùm tia được điều biến về thông lượng.

- IMRT là việc kết hợp giữa:

- Lập kế hoạch xạ trị ngược sử dụng máy tính để tối ưu hóa liều lượng
- Điều biến cường độ chùm tia trong xạ trị được thực hiện bởi máy tính

- IMRT tạo ra khả năng điều biến thông lượng các các chùm tia bức xạ tạo thành sự phân bố liều phù hợp với hình dạng của mô đích, tạo được sự phân bố phù hợp mô đích cho một thể tích bia 3D trong khi đó giảm thiểu liều tới một mức có thể chấp nhận được cho các mô lành xung quanh.

- Đặc tính của khối u để áp dụng IMRT
- Hình dạng phức tạp, kỳ quái.
- Nằm kề cơ quan quý.
- Nằm kề vùng đã chiếu xạ.
- Có thể cố định tốt và định vị dễ dàng.
- Ít hoặc không bị ảnh hưởng bởi sự di động của những cơ quan kề bên.
- Chịu được liều cao hơn liều quy ước để có thể xạ lại.



## BÀI 10

### HƯỚNG DẪN ĐẢM BẢO AN TOÀN BỨC XẠ TRONG XẠ TRỊ

#### Câu 1. Thực hiện đảm bảo an toàn bức xạ tại cơ sở gồm những nội dung gì?

Bảo đảm an toàn bức xạ là một công việc hết sức quan trọng của một cơ sở xạ trị, bao gồm các công việc chính sau:

- Bảo đảm an toàn cho nhân viên bức xạ.
- Bảo đảm an toàn bức xạ cho bệnh nhân.
- Bảo đảm an toàn bức xạ cho dân chúng.
- Bảo đảm an toàn bức xạ cho môi trường xung quanh.
- Bảo đảm an ninh cho các nguồn phóng xạ, đối với các cơ sở xạ trị có sử dụng nguồn bức xạ trong xạ trị áp sát.

Để đạt được các mục đích trên thì một cơ sở xạ trị cần phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Có nhân viên phụ trách an toàn bức xạ, người này cần phải được đào tạo cơ bản về an toàn bức xạ tổng quát, an toàn bức xạ chuyên sâu, có kiến thức về tính toán thiết kế che chắn cho một cơ sở xạ trị có máy Linac, có nguồn xạ trị áp sát. Ngoài ra người này còn phải được đào tạo để có thể: lập kế hoạch ứng phó sự cố bức xạ và có khả năng giải quyết các sự cố bức xạ.

- Có đầy đủ các trang thiết bị cần thiết như: liều kế cá nhân, máy đo kiểm tra suất liều và các thiết bị an toàn, bảo hộ lao động khác.

#### Câu 2. Trình bày giới hạn liều đối với con người theo ICRP

Từ những năm 30, ICRP (Ủy ban quốc tế về an toàn bức xạ) đã khuyến cáo rằng mọi tiếp xúc với bức xạ vượt quá giới hạn thông thường nên giữ ở mức độ càng thấp càng tốt. Khuyến cáo này được bổ sung và điều chỉnh hàng năm để giúp nhân viên và công chúng nói chung phòng tránh quá liều. Các khuyến cáo gần đây nhất được đưa ra năm 2007. Các khuyến cáo này không là giới hạn bắt buộc nhưng đã được thông qua như là quy tắc luật pháp ở nhiều nước.

**Đối với nhân viên bức xạ:** Theo khuyến cáo của ICRP, mức liều đối với nhân viên trong một năm đơn lẻ bất kỳ là không quá 50 mSv, và liều trung bình cho 5 năm kế tiếp nhau là 20 mSv/năm. Nếu một phụ nữ mang thai làm việc trong điều kiện bức xạ thì giới hạn liều nghiêm ngặt hơn là 2 mSv/năm.

**Đối với công chúng:** Giới hạn liều đối với công chúng nói chung thấp hơn đối với nhân viên. ICRP khuyến cáo rằng giới hạn liều đối với công chúng không nên vượt quá 1 mSv/năm.

**Đối với bệnh nhân:** ICRP không có khuyến cáo giới hạn liều đối với bệnh nhân. Ở nhiều trường hợp chụp X quang, bệnh nhân phải chiếu liều cao hơn nhiều lần so với giới hạn liều cho công chúng. Trong xạ trị, liều chiếu có thể tăng gấp hàng trăm lần so với giới hạn liều đối với nhân viên. Bởi vì liều xạ được dùng là để xác định bệnh và để chữa bệnh, nên hiệu quả của điều trị được xem là cần thiết hơn ngay cả khi phải dùng đến liều cao.

**Câu 3. Kể tên một số biện pháp kỹ thuật để bảo vệ đối với các nguy hiểm do chiếu xạ ngoài?**

Các biện pháp kỹ thuật là các biện pháp quan trọng để giảm liều bức xạ chiếu ngoài. Biện pháp kỹ thuật sẽ được áp dụng tối đa và đầu tiên để kiểm soát liều bức xạ chiếu ngoài áp dụng theo nguyên tắc ALARA. Khi thực hiện các biện pháp kỹ thuật để kiểm soát các mối nguy hiểm của bức xạ chiếu ngoài, ta tuân thủ 3 nguyên tắc kiểm soát cơ bản:

- Thời gian;
- Khoảng cách;
- Che chắn.

Ngoài ra các biện pháp kỹ thuật khác có thể kể đến như sau:

- Sử dụng kỹ thuật khóa liên động để hạn chế hoặc ngăn cấm xâm nhập vùng nguy hiểm;
- Phối hợp che chắn cố định trong thiết kế của nhà máy và thiết bị;
- Sử dụng tay máy từ xa để tránh thao tác trực tiếp và tăng khoảng cách nguồn với người thao tác;
- Sử dụng bộ đặt thời gian định trước trong thiết bị X-quang để kiểm soát thời gian chiếu.

**Người biên soạn**



**BS.CKI Tạ Thanh Bình**

**PHÊ DUYỆT**



**TS.BS Trần Kiến Vũ**