

SỰ BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG TRONG CƠ THỂ SỐNG

MỤC TIÊU HỌC TẬP:

1. Nêu được các dạng năng lượng của cơ thể sống và phát biểu đúng định nghĩa về: nhiệt lượng, nội năng, entropi, năng lượng tự do và các nguyên lý nhiệt động lực học.
2. Giải thích được sự biến đổi năng lượng ở cơ thể, nhu cầu năng lượng của cơ thể.
3. Trình bày được tầm quan trọng của trạng thái dừng và sự cần thiết phải bảo vệ môi trường

Các hệ thống sống trong quá trình tồn tại cũng như duy trì mọi hoạt động nhất định phải thực hiện trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh. Như vậy trong cơ thể luôn tồn tại hai quá trình quan trọng không thể tách rời nhau mà bổ xung, tạo điều kiện cho nhau, đồng thời ta cũng thấy được mối quan hệ đặc biệt của chúng với môi trường. Việc khảo sát các quá trình trao đổi vật chất và năng lượng của cơ thể sống làm sáng tỏ ý nghĩa vật lý của sự sống, làm rõ điều kiện tồn tại, duy trì và phát triển của sự sống, từ đó cho chúng ta thấy rõ tầm quan trọng của môi trường sống.

Đối với Lý sinh, đặc biệt là Lý sinh y học thì vấn đề quan tâm là các dạng năng lượng và sự biến đổi của chúng trên cơ thể sống.

1. CÁC DẠNG NĂNG LƯỢNG CÓ THỂ TỒN TẠI TRONG CƠ THỂ SỐNG

Khái niệm năng lượng là khái niệm quan trọng nhất trong vật lý học. tất cả các dạng cụ thể của vật chất chuyển động đều có năng lượng. Năng lượng là số đo chung của chuyển động vật chất trong các hình thức chuyển động khác nhau. Mỗi hình thức vận động cụ thể tương đương với một dạng năng lượng. Cơ thể được cấu tạo từ các nguyên tử, phân tử vật chất luôn vận động và biến đổi, vì vậy trên cơ thể cũng có đầy đủ các dạng của năng lượng.

1.1. Cơ năng

Cơ năng là năng lượng của chuyển động cơ học và tương tác cơ học giữa các vật hoặc các phần của vật. Cơ năng của hệ vật bằng tổng của động năng và thế năng của hệ.

- Động năng là số đo phần cơ năng do vận tốc của nó quyết định.

Trong cơ thể, động năng được gặp ở những nơi đang có sự chuyển động: chuyển động của cả cơ thể, của máu trong hệ tuần hoàn, của khí trong hô hấp, của thức ăn trong ống tiêu hóa, của vật chất qua màng tế bào...

- Thế năng là phần cơ năng của hệ quy định bởi tương tác giữa các phần của hệ với nhau và với trường lực ngoài. Thế năng bằng công mà các lực thế thực hiện được khi chuyển hệ từ vị trí (cấu hình) đang xét tới vị trí (cấu hình) có thế năng quy ước bằng 0.

Đối với cơ thể, xét về toàn bộ, do tồn tại trong trường hấp dẫn của trái đất nên nó có một thế năng. Giữa từng cơ quan, bộ phận trong cơ thể cũng tồn tại thế năng do

chúng di chuyển vị trí tương đối đối với nhau, hoặc thay đổi cấu hình trong quá trình thực hiện các chức năng của cơ thể sống.

1.2. Điện năng

Điện năng là năng lượng liên quan tới sự tồn tại của điện trường và sự chuyển động của các phân tử mang điện. Trong cơ thể, điện năng có trong sự vận chuyển thành dòng của các ion qua màng tế bào, trong sự phát các loại sóng điện từ vào không gian xung quanh. Điện năng làm cho hưng phấn được dẫn truyền đến tế bào, đảm bảo cho sự hoạt động của tế bào. Không có nó cơ thể không thể tồn tại được.

1.3. Hóa năng

Hóa năng là năng lượng giữ cho các nguyên tử, các nhóm hóa chức có vị trí không gian nhất định đối với nhau trong một phân tử. Năng lượng sẽ được giải phóng khi phân tử bị phá vỡ. Độ lớn của năng lượng được giải phóng tùy thuộc từng liên kết. Hóa năng có ở khắp cơ thể. Hóa năng của cơ thể tồn tại dưới nhiều hình thức: hóa năng của các chất tạo hình, hóa năng của các chất dự trữ (glycogen, lipid, protid), hóa năng của các chất đảm bảo các hoạt động chức năng, hóa năng của các hợp chất giàu năng lượng...

1.4. Quang năng

Quang năng là dạng năng lượng liên quan đến ánh sáng. Cơ thể tiếp nhận năng lượng từ các lượng tử sáng, sử dụng nó trong các phản ứng quang hóa nhằm tạo năng lượng cho cơ thể, tiếp nhận và xử lý thông tin, thực hiện quá trình sinh tổng hợp...

1.5. Nhiệt năng

Nhiệt năng là dạng năng lượng gắn với chuyển động nhiệt hỗn loạn của các phân tử cấu tạo nên vật chất. Vì vậy nhiệt năng còn có tên gọi là năng lượng chuyển động nhiệt.

Sự biến đổi từ các dạng năng lượng khác sang nhiệt năng và ngược lại đóng một vai trò quan trọng trong tự nhiên.

Nhiệt năng tồn tại trong toàn bộ cơ thể, đảm bảo cho cơ thể có một nhiệt độ bên trong cần thiết cho các phản ứng chuyển hóa diễn ra bình thường. Để duy trì hoạt động và giữ cho cơ thể ở trạng thái cân bằng, trong cơ thể luôn đồng thời tồn tại hai quá trình: tạo ra nhiệt năng cần thiết và loại một phần nhiệt năng ra khỏi cơ thể.

1.6. Năng lượng hạt nhân

Năng lượng hạt nhân được dự trữ trong hạt nhân nguyên tử, khi bị phá vỡ năng lượng này được giải phóng.

Ở cơ thể, có thể kể đến năng lượng này khi xét tương tác của bức xạ hạt nhân, tia vũ trụ với cơ thể.

2. SỰ BIẾN ĐỔI CỦA CÁC DẠNG NĂNG LƯỢNG TRONG CƠ THỂ SỐNG

Các cơ thể sống không phải là những máy nhiệt mà là những máy chuyển hóa, chúng biến đổi năng lượng từ môi trường (ví dụ thức ăn...) thành nhiệt năng, cơ năng,

năng lượng thẩm thấu hoặc một dạng năng lượng khác nào đó mà sinh vật có thể sử dụng được.

2.1. Sự biến đổi năng lượng ở cơ thể sống

Xét theo sự biến đổi năng lượng trong cơ thể ta có thể chia thành ba phần: năng lượng vào cơ thể, năng lượng chuyển hóa trong cơ thể, năng lượng rời cơ thể.

- Năng lượng vào cơ thể: chủ yếu là hóa năng của thức ăn, có 3 chất chính cung cấp năng lượng cho cơ thể là protid, lipid, glucid. Ngoài ra còn có năng lượng nhiệt, năng lượng của sóng điện từ...

- Chuyển hóa năng lượng trong cơ thể: Không giống với các chức năng khác, cơ thể không có riêng bộ máy chuyển hóa năng lượng chung cho cả cơ thể. Các chất hấp thụ được vận chuyển tới các tế bào, ở đây chúng tham gia vào các phản ứng chuyển hóa phức tạp. Khi ấy hóa năng của chất hấp thụ chuyển thành các dạng năng lượng cần thiết cho cơ thể.

Chuyển hóa năng lượng, đi kèm với chuyển hóa các chất hấp thụ diễn ra theo ba bước, ở ba khu vực của tế bào: ở bào tương, ở ty lạp thể và ở các bào quan khác.

Trong tất cả các phản ứng chuyển hóa bao giờ cũng có một phần năng lượng của các chất tham gia biến đổi thành nhiệt năng.

- Năng lượng rời cơ thể:

Năng lượng rời cơ thể dưới các dạng hóa năng của các chất bài tiết, động năng, điện năng và nhiệt năng. Người ta thường chia các nguyên nhân tiêu hao năng lượng cơ thể thành 3 loại lớn:

+ Tiêu hao năng lượng để duy trì sự sống: chuyển hóa cơ sở, vận cơ, điều nhiệt, tiêu hóa

+ Tiêu hao năng lượng cho phát triển cơ thể

+ Tiêu hao năng lượng cho sinh sản.

2.2. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học

Nhiệt động lực học là một bộ phận của vật lý học nghiên cứu các quá trình biến đổi năng lượng trong tự nhiên. Nhiệt động lực học khảo sát các quá trình, chiều tiến triển của quá trình với một tập hợp lớn các phần tử tạo thành một hệ thống vật. Ta không thể nào tưởng tượng được khái niệm nhiệt độ hay áp suất của một phần tử riêng lẻ nào đó mà chỉ có thể có khái niệm về nhiệt độ và áp suất của một khối khí gồm rất nhiều phần tử. Nhiệt động lực học không trả lời cho ta biết cơ chế của hiện tượng này hay khác mà chỉ có thể cho ta rõ quá trình đó xảy ra thật hay không, chiều hướng tiến triển của quá trình như thế nào trên quan điểm năng lượng.

2.2.1. Hệ nhiệt động

Hệ nhiệt động (sau đây gọi tắt là hệ) là một tập hợp gồm rất nhiều các phần tử. Như vậy, kích thước của một hệ lớn hơn đáng kể so với kích thước của phần tử nằm trong hệ. Tùy theo đặc tính tương tác với môi trường xung quanh, nhiệt động lực học xét 3 loại hệ: cô lập, kín và mở.

Hệ được gọi là cô lập khi nó không trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh.

Hệ được gọi là kín khi nó chỉ trao đổi năng lượng với môi trường xung quanh. Ở đây không xảy ra trao đổi vật chất qua biên giới của hệ, do đó khối lượng của hệ không thay đổi. Một hệ kín có thể sinh công do lấy năng lượng từ môi trường xung quanh hoặc sử dụng năng lượng dự trữ của bản thân.

Hệ được gọi là mở khi nó trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh. Cơ thể sinh vật là hệ mở vì nó luôn trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh. Tuy nhiên cơ thể sinh vật khác với các hệ mở khác ở các điểm:

- Là một dạng tồn tại đặc biệt của các protid và các chất khác tạo thành
- Có khả năng tự tái tạo
- Có khả năng tự phát triển.

Ở mỗi thời điểm hệ mang những tính chất vật lý và hóa học xác định. Tập hợp các tính chất này quyết định trạng thái của hệ. Thông thường, các trạng thái của hệ được mô tả nhờ các thông số trạng thái: nhiệt độ T , áp suất p , thể tích V , nội năng U , entropi S , nồng độ C ... Khi hệ chịu một quá trình biến đổi thì ít nhất cũng có một thông số trạng thái thay đổi, khi ấy ta nói hệ đã thực hiện một quá trình nhiệt động.

Quá trình nhiệt động có thể là quá trình kín hay chu trình, tức là quá trình nhiệt động trong đó hệ sau hàng loạt biến đổi lại quay về trạng thái ban đầu.

Những quá trình năng lượng xảy ra trong cơ thể sống cũng như trong các hệ thống không sống đều tuân theo các nguyên lý của nhiệt động lực học. Những nguyên lý này thiết lập dựa trên sự tổng quát hóa các dữ kiện thực nghiệm, chúng có vai trò to lớn trong lý thuyết cũng như trong thực hành, kỹ thuật.

2.2.2. Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học

Năng lượng là độ đo dạng chuyển động xác định của vật chất, nó phản ánh khả năng sinh công của một hệ. Năng lượng có thể biến đổi từ dạng này sang dạng khác. Trên cơ sở của mọi nghiên cứu tự nhiên, vật lý đã thiết lập được định luật tổng quát nhất là định luật bảo toàn và biến đổi năng lượng “Năng lượng không tự nhiên xuất hiện và không thể biến mất, nó chỉ biến đổi từ dạng này sang dạng khác”. Các quá trình xảy ra trong cơ thể sống cũng tuân theo định luật trên.

Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học là cách biểu diễn định luật bảo toàn và biến đổi năng lượng ứng dụng vào các hệ và các quá trình nhiệt động, trong đó khảo sát sự có mặt của nhiệt lượng, nội năng của hệ và công mà hệ thực hiện.

2.2.2.1. Nhiệt lượng – Đơn vị đo nhiệt lượng

Cho hai vật có khối lượng m_1, m_2 có nhiệt độ khác nhau tiếp xúc với nhau đồng thời cô lập với môi trường xung quanh. Ta giả thiết là trong hệ này không xảy ra các phản ứng hóa học, do đó kết quả của sự cân bằng nhiệt là chúng có cùng nhiệt độ t . Giả sử nhiệt độ ban đầu của chúng là t_2 và t_1 với $t_2 > t_1$. Kết quả thu được $t_2 > t > t_1$.

Ta thấy ở đây vật thứ nhất m_1 đã nóng lên, còn vật thứ hai m_2 thì nguội đi, tức là đã có một quá trình truyền phần năng lượng có liên quan đến nhiệt độ từ vật thứ hai sang vật thứ nhất. Những kết quả thực nghiệm cho phép thiết lập được hệ thức:

$$c_1 m_1 (t - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t) \quad (1)$$

c_1, c_2 là các hệ số tỉ lệ chắc chắn tương ứng phụ thuộc vào bản chất vật thứ nhất và bản chất vật thứ hai.

Biểu thức (1) có thể viết đơn giản hơn nếu ta đưa vào một đại lượng mới kí hiệu là Q và được xác định bằng dạng sau:

$$\Delta Q = mc \cdot \Delta t = mc \cdot \Delta T \quad (2)$$

Q gọi là nhiệt lượng. Nếu nhiệt độ của vật nào đó bị tăng thì ta nói vật đó nhận được nhiệt lượng. Nhiệt lượng có mặt ở cả hai vế của biểu thức (1); ở vế trái, nhiệt lượng bị thu bởi vật lạnh hơn, còn ở vế phải, nhiệt lượng được trao bởi vật nóng hơn, tức là nhiệt lượng trao bằng nhiệt lượng nhận. Bản chất của biểu thức (1) là định luật bảo toàn năng lượng: nhiệt lượng không được tạo ra và không bị mất đi mà chỉ bị trao đổi. Đơn vị đo nhiệt lượng là calo (cal), đó là nhiệt lượng làm nóng 1g nước từ $14,5^{\circ}\text{C}$ đến $15,5^{\circ}\text{C}$.

$$1\text{kcal} = 1000 \text{ cal}$$

Hệ số c có mặt ở biểu thức (1) hoặc (2) đặc trưng cho bản chất của vật chất thu nhiệt hay trao nhiệt, gọi là tỉ nhiệt hay nhiệt dung riêng.

$$c = \frac{A \cdot Q}{m \Delta t} \quad (3)$$

Đơn vị đo tỉ nhiệt là cal/độ.g.

Trị số tỉ nhiệt của vật chất đã cho bằng nhiệt lượng cần truyền cho một đơn vị khối lượng vật chất đó để nó tăng lên 1°C .

Tỉ nhiệt bị thay đổi theo nhiệt độ, nhưng tại nhiệt độ phòng thì những chênh lệch về tỉ nhiệt của vật do nhiệt độ nhỏ đến mức ta có thể bỏ qua.

Nhiệt dung của một vật nào đó là tích số của khối lượng và tỉ nhiệt của nó. Đơn vị của nhiệt dung là cal/độ. Người ta gọi nhiệt dung của một mol (phân tử gam) vật chất là nhiệt dung phân tử gam.

Tỉ nhiệt trung bình của cơ thể người là 0,8 cal/g độ tức là gần bằng tỉ nhiệt của nước, phù hợp với dữ kiện là nước chiếm tới hơn 70% trọng lượng cơ thể. Ngoài ra người ta còn nhận thấy tỉ nhiệt của các mô và cơ quan của cơ thể rất khác nhau, giá trị càng gần tỉ nhiệt của nước khi tỉ lệ nước trong mô càng lớn. Ví dụ tỉ nhiệt của máu là 0,93 còn của xương đặc khoảng 0,3 - 0,4 cal/g độ.

2.2.2.2. Nội năng

Người ta gọi nội năng của hệ là năng lượng dự trữ toàn phần của tất cả các dạng chuyển động và tương tác của tất cả các phần tử nằm trong hệ.

Năng lượng chuyển động nhiệt, năng lượng dao động của các phân tử, nguyên tử, năng lượng của điện tử quỹ đạo, năng lượng hạt nhân... là các thành phần khác nhau của nội năng.

Động năng của chuyển động tập thể của hệ, thế năng tương tác của hệ với môi trường xung quanh không được kể là thành phần của nội năng.

Mỗi hệ đều có nội năng U xác định, ta chưa thể xác định trị số tuyệt đối U nhưng hoàn toàn có thể xác định được lượng thay đổi của nó là dU . Nội năng của hệ chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ nên nó là hàm trạng thái. Nếu hệ thay đổi qua các trạng thái khác nhau rồi lại trở về trạng thái ban đầu (hệ thực hiện chu trình) thì

$$\Delta U = 0$$

Nếu hệ từ trạng thái 1 biến đổi sang trạng thái 2 ta có:

$$\Delta U = \int_{U_1}^{U_2} dU = U_2 - U_1 \quad (1.1)$$

2.2.2.3. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học

Giả sử có một hệ nào đó nhận một nhiệt lượng δQ , nếu như hệ không thực hiện công đối với môi trường ngoài thì phần nhiệt lượng này hoàn toàn dùng làm tăng nội năng U của hệ vật thêm lượng dU .

Ta có: $\delta Q = dU$

Nếu như hệ vật thực hiện công lên môi trường ngoài δA thì công này lấy ở phần nhiệt lượng mà vật thu được, do đó:

$$\delta A = \delta Q - dU$$

Hay

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (1.2)$$

Đó là biểu thức toán học của nguyên lý thứ nhất nhiệt động học, được phát biểu như sau:

Nhiệt lượng truyền cho hệ dùng làm tăng nội năng của hệ và biến ra công thực hiện bởi lực của hệ đặt lên môi trường ngoài.

Từ biểu thức (1.2) ta thấy: nếu $\delta Q = 0$ thì $\delta A = -dU$, nghĩa là nếu không cung cấp nhiệt lượng cho hệ, hệ muốn sinh công δA thì buộc phải giảm nội năng một lượng dU .

Cũng trong trường hợp $\delta Q = 0$ (không nhận năng lượng từ ngoài), lại có $dU = 0$ (giả sử khi ấy hệ thực hiện một chu trình) thì buộc phải có $\delta A = 0$, điều đó nghĩa là hệ không thể sinh công, nói khác đi là không thể tồn tại những động cơ vĩnh cửu loại một, là những động cơ không cần cung cấp năng lượng δQ cũng sinh công δA mà nội năng lại không thay đổi.

Nguyên lý thứ nhất nhiệt động học được rút ra từ thực nghiệm, nó không cho biết dạng năng lượng này có thể biến đổi hoàn toàn thành dạng năng lượng khác hay không mà chỉ cho biết sự tương đương về lượng giữa chúng mà thôi. Nguyên lý áp

dụng cho thể giới vật chất nói chung, đối với hệ sinh vật người ta thấy nó vẫn hoàn toàn đúng.

2.2.3. Áp dụng nguyên lý thứ nhất nhiệt động học cho hệ thống sống

Hoạt động sinh công của cơ thể sống có điểm khác với quá trình sinh công của các máy nhiệt thông thường. Ở hệ thống sống, dù là cơ thể toàn vẹn hay ở các cơ quan riêng biệt, công sinh ra không phải do dòng nhiệt lượng từ bên ngoài đi vào cơ thể.

Chúng ta có thể minh họa điều đó bằng ví dụ như sau:

Ta biết rằng hiệu suất của một máy nhiệt được tính bằng biểu thức:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1.3)$$

trong đó: T_1 là nhiệt độ tuyệt đối của nguồn nhiệt, T_2 là nhiệt độ tuyệt đối của nguồn làm lạnh. Giả sử như hoạt động của cơ có sinh ra công, cơ hoạt động như một máy nhiệt với hiệu suất 33%, nhiệt độ nơi làm lạnh (không khí) là 25°C hay 298°K

Dùng công thức (1.3) ta có:

$$\frac{1}{3} = \frac{T_1 - 298}{T_1} \quad (1.4)$$

Rút ra : $T_1 = 447^\circ\text{K}$ hay 174°C

Thành thử, nếu cơ hoạt động như một máy nhiệt thông thường thì để sinh công nó phải được đun nóng tới 174°C , điều đó rõ ràng là không thực tế bởi vì các phân tử protein cấu tạo nên bắp cơ đã bị phân hủy ngay ở nhiệt độ $40^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$.

Như vậy thì ở cơ thể sống, công được sinh ra là do sự thay đổi nội năng của hệ thống nhờ các quá trình sinh hóa hoặc nhờ sự thay đổi yếu tố entropi .

Tính chất sinh nhiệt là tính chất tổng quát của cơ thể sống, nó đặc trưng cho các tế bào đang có chuyên hóa cơ bản. Những chức năng sinh lý bất kỳ cũng kéo theo sự sinh nhiệt. Nguồn gốc nhiệt lượng cung cấp cho người là thức ăn. Thức ăn do cơ thể sử dụng thông qua quá trình đồng hóa để cải tạo các tổ chức tạo thành chất dự trữ vật chất, năng lượng trong cơ thể, phát sinh nhiệt để duy trì nhiệt độ của cơ thể chống lại sự mất nhiệt và môi trường xung quanh và dùng để sinh công trong các hoạt động sống.

Nhiều thí nghiệm trên động vật và con người chứng tỏ rằng khi không sinh công ở môi trường ngoài, nhiệt lượng tổng cộng do cơ thể sinh ra gần bằng nhiệt lượng sinh ra do đốt các vật chất hữu cơ nằm trong thành phần thức ăn cho tới thành CO_2 và H_2O .

Nguyên lý thứ nhất áp dụng trong hệ thống sống có thể viết dưới dạng sau:

$$\Delta Q = \Delta E + \Delta A + \Delta M \quad (1.5)$$

Trong đó: - ΔQ là nhiệt lượng sinh ra trong quá trình đồng hóa thức ăn
- ΔE là năng lượng mất vào môi trường xung quanh

- ΔA là công mà cơ thể thực hiện để chống lại lực của môi trường ngoài
- ΔM là năng lượng dự trữ dưới dạng hóa năng

Đây cũng là phương trình cơ bản của quá trình cân bằng nhiệt đối với cơ thể người.

Dưới đây là kết quả đo về cân bằng nhiệt của một người sau một ngày đêm:

Lượng thức ăn đưa vào cơ thể:

- Protein	56,8g	tạo	237 kcal
- Lipid	140,0g	tạo	1307 kcal
- Glucid	79,98g	tạo	335 kcal
Cộng:			1879 kcal

Năng lượng tỏa ra:

Năng lượng tỏa ra xung quanh	1374 kcal
Nhiệt lượng tỏa ra qua khí thải	43 kcal
Phân và nước tiểu	23kcal
Nhiệt lượng bốc hơi qua hô hấp	181kcal
Nhiệt lượng bốc hơi qua da	227kcal
Các số hiệu chỉnh khác	31kcal
Cộng:	1879 kcal

Người ta thấy rằng năng lượng do thức ăn cung cấp bằng năng lượng tỏa ra. Nhiệt lượng được sinh ra ở cơ thể được chia làm hai loại: năng lượng sơ cấp và nhiệt lượng thứ cấp. Nhiệt lượng sơ cấp xuất hiện do kết quả phân tán năng lượng nhiệt trong quá trình trao đổi vật chất bởi những phản ứng hóa sinh (xảy ra không thuận nghịch). Nhiệt lượng này tỏa ra sau khi cơ thể hấp thu thức ăn vào oxy. Nhiệt lượng thứ cấp xuất hiện trong quá trình oxy hóa thức ăn được dự trữ trong các liên kết giàu năng lượng (ATP). Khi các liên kết này đứt, chúng giải phóng năng lượng để thực hiện một công nào đó và cuối cùng biến thành nhiệt. Nhiệt lượng tỏa ra khi đứt các liên kết giàu năng lượng dự trữ trong cơ thể để điều hòa các hoạt động chủ động của cơ thể được quy ước là nhiệt thứ cấp.

Đối với cơ thể sống bình thường: lượng năng lượng dự trữ vào cơ thể khoảng 50%. Khi bệnh lý thì lượng năng lượng này giảm xuống. Phần năng lượng do cơ thể tỏa ra ở dạng nhiệt lượng sơ cấp sẽ chiếm phần lớn. Tỷ lệ trên phụ thuộc vào tỷ lệ cường độ tỏa nhiệt và cường độ sinh nhiệt. Đối với động vật máu nóng khi nhiệt độ môi trường thấp hơn thân nhiệt, thì nhiệt tỏa ra môi trường, để cân bằng nhiệt của cơ thể thì phải sinh nhiệt. Nhiệt lượng này là nhiệt lượng loại hai sản ra do co cơ hoặc do tiêu dần năng lượng dự trữ của cơ thể (tiêu mỡ như động vật ngủ đông).

3. Một số quá trình biến đổi năng lượng trên cơ thể sống

3.1. Năng lượng trong quá trình cơ cơ

Công thực hiện trong quá trình cơ cơ được tính bằng công thức sau:

$$A = \int F(x)dx$$

Trong đó x là độ dài cơ

Hiệu suất công của quá trình cơ cơ

$$H = \frac{A_c}{A_{max}}$$

A_c là công thực hiện với môi trường ngoài

A_{max} là công mà cơ thực hiện ứng với năng lượng cung cấp.

Thông thường hiệu suất này chỉ đạt khoảng 20-30%

Năng lượng dung trong quá trình cơ cơ được lấy trực tiếp từ ATP có trong cơ.

Lượng ATP có sẵn trong cơ không nhiều nên trong quá trình hoạt động ATP phải được tổng hợp một cách liên tục, nhanh chóng nhờ một loại protein giàu năng lượng là phosphocreatin qua phản ứng sau:



Tuy nhiên lượng ATP tổng hợp trong quá trình này chỉ đủ để cơ hoạt động trong thời gian ngắn. Để có đủ năng lượng làm việc trong thời gian dài ATP được tổng hợp từ một phản ứng khác là phân hủy glycogen.



Quá trình này tạo nhiều lactate sẽ kìm hãm quá trình tổng hợp ATP.

3.2. Công trong hô hấp

Khi hít thở, không khí được đưa vào phổi và đẩy ra liên tục. Công này được tính bằng công thức

$$A = \int p dv$$

Vì áp suất này thay đổi liên tục nên công này khó có thể tính bằng lý thuyết.

Dụng cụ đo đại lượng này gọi là phễu dung kế, kết quả đo được công A khoảng 1-2J/phút.

3.3. Năng lượng ở tim

Tim hoạt động như một bơm cơ học, liên tục tạo ra áp suất để đẩy máu đến các cơ quan. Công suất cơ học của tim vào khoảng 1,3-1,4W, trong khi toàn bộ giá trị chuyển hóa của cơ thể là 100W.

Cũng như các cơ khác, hoạt động của tim đòi hỏi phải cung cấp năng lượng, năng lượng này cũng lấy từ việc tổng hợp ATP

4. Nguyên lý thứ hai hệ nhiệt động

Nhược điểm của nguyên lý 1 là không cho biết chiều diễn biến của quá trình biến đổi từ nhiệt và công, chỉ cho biết sự liên quan về lượng giữa chúng khi chúng tham gia vào quá trình cho trước. Nguyên lý 2 độc lập và khắc phục hạn chế của nguyên lý 1, nó xác định chiều diễn biến của quá trình vĩ mô và cho phép đánh giá khả năng sinh công của các hệ nhiệt động khác nhau.

4.1. Một vài thông số nhiệt động quan trọng

Trong các thông số nhiệt động liên quan đến nguyên lý thứ hai, ta thấy có: gradien, entropi, năng lượng tự do.

4.1.1. Gradien

Giả sử f là hàm vô hướng của các tọa độ không gian x, y, z , người ta định nghĩa:

Gradien của f , kí hiệu là \overline{gradf} là một vector mà ba thành phần trên ba trục tọa độ là các đạo hàm riêng của f lần lượt theo x, y, z .

$$\overline{gradf} = \left(\frac{\delta f}{\delta x}, \frac{\delta f}{\delta y}, \frac{\delta f}{\delta z} \right)$$

Ta có :

$$df = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial z} dz$$

Hoặc ở dạng tích vô hướng:

$$df = \overline{gradf} \cdot d\vec{l}$$

Trong đó $d\vec{l}$ là vector có các thành phần dx, dy, dz .

Nếu f là hàm một biến (biến x) thì:

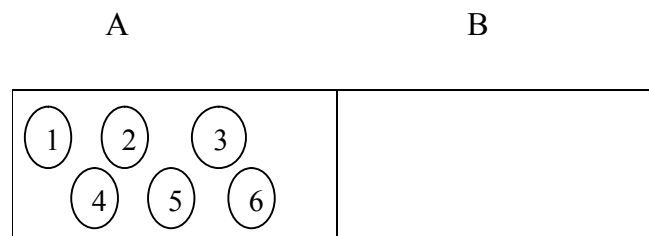
$$\overline{gradf} = \frac{df}{dx}$$

Như vậy *gradien f là đại lượng vector cho ta biết mức độ thay đổi của đại lượng f trong không gian (độ lớn và hướng)*

Khi so sánh tế bào sống với hệ không sống thì điểm khác nhau đầu tiên dễ dàng nhận thấy là ở tế bào sống có rất nhiều gradien. Ví dụ: gradien thẩm thấu có trong mọi tế bào sống và đóng vai trò quan trọng trong hoạt động sống của tế bào thực vật; gradien nồng độ gây bởi sự phân phối không đều các vật chất khác nhau giữa môi trường trong và ngoài tế bào; sự phân phối không đồng đều các ion làm xuất hiện gradien điện ở màng tế bào. Như vậy sự có mặt của các gradien tạo ra khả năng cơ bản thực hiện công ở các tế bào sống. Ví dụ sự phát sinh xung động thần kinh liên hệ mật thiết với sự phân phối không đồng đều các ion và gradien điện, sự trương bào liên quan đến gradien thẩm thấu... Ở các tế bào chết không còn các loại gradien như trên nữa.

4.1.2. Entropi

Xét hệ là một bình kín chia làm hai phần bằng nhau A và B bằng một vách ngăn, có 6 phân tử giống nhau được đánh số khác nhau từ 1 đến 6. Ban đầu cả 6 phân tử tập trung ở phía A. Nếu bỏ vách ngăn, các phân tử khuếch tán, các phân tử còn lại ở A có thể bị thay đổi từ 0 đến 6.



- Ban đầu cả 6 phân tử ở phần A thì chỉ có duy nhất một cách sắp xếp.
- Nếu 5 phân tử ở phần A, 1 phân tử ở phần B thì có 6 cách phân phối khác nhau. Với số phân tử ở phần A khác nhau ta có bảng 2.1.

Xác suất nhiệt động cho ta số cách có thể thực hiện phân phối các phân tử, đại lượng này luôn ≥ 1 ; nó khác với xác suất toán học ở chỗ xác suất toán học nằm trong khoảng từ 0 đến 1 và cho biết khả năng xảy ra một cách phân phối nào đó.

Qua bảng 2.1 ta thấy: ban đầu số phân tử ở phần A là 6 thì sau đó đa phần quan sát được số phân tử khả năng ở A là 4, 3 hoặc 2 phân tử. Nói cách khác là hệ chuyển từ trạng thái có xác suất xuất hiện nhỏ sang trạng thái có xác suất xuất hiện lớn hoặc hệ chuyển từ trạng thái có ít cách phân phối sang trạng thái có nhiều cách phân phối (xác suất nhiệt động W lớn). Vì $\ln W$ là hàm đồng biến với W nên có thể dùng $\ln W$ để xác định chiều hướng diễn biến của các quá trình tự nhiên.

Bảng 2.1

Số phân tử ở phần		Số cách phân phối (W) (Xác suất nhiệt động)	Xác suất toán học p
A	B		
6	0	1	1/64
5	1	6	6/64
4	2	15	15/64
3	3	20	20/64
2	4	15	15/64
1	5	6	6/64
0	6	1	1/64
Tổng cộng		64	64/64

Định nghĩa 1:

$$\text{Đại lượng } S = k \cdot \ln W$$

Trong đó S là entropi của hệ, k là hằng số Boltzmann.

Qua ví dụ minh họa trên ta thấy chiều hướng diễn biến của quá trình là tiến tới trạng thái có xác suất nhiệt động W lớn, tức là theo chiều tăng entropi. Chiều hướng này có tính chất một chiều khi ta để hệ tự diễn biến. Nói cách khác, trạng thái có entropi S lớn là trạng thái dễ xảy ra.

Định nghĩa 2: Gọi T nhiệt độ của hệ, δQ là nhiệt lượng mà hệ trao đổi, S là entropi của hệ thì:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Trong trường hợp T khác nhau thì:

$$dS = \sum_{i=1}^n \frac{\delta Q_i}{T_i} \quad (1.2)$$

Từ định nghĩa entropi, ta có các nhận xét:

- S là hàm trạng thái nghĩa là một hàm chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối mà không phụ thuộc vào quá trình thay đổi trạng thái.

- S là đại lượng có thể cộng được tương tự như nội năng. Entropi của một hệ phức tạp bằng tổng entropi của các phần riêng biệt.

- S được xác định sai kém nhau 1 hằng số cộng:

$$\Delta S = S_B - S_A = (S_B + S_0) - (S_A + S_0)$$

- Khi hệ nhận nhiệt, $\delta Q > 0$, ta có $dS > 0$ hay entropi của hệ tăng; Khi hệ trao nhiệt, $\delta Q < 0$, ta có $dS < 0$ hay entropi của hệ giảm.

- Khi hệ nhận nhiệt, chuyển động của các phân tử, nguyên tử tăng tương ứng với S tăng và ngược lại khi hệ tỏa nhiệt S giảm.

Ý nghĩa của entropi (S) cho ta khái niệm về mức độ hỗn loạn của 1 hệ nào đó.

4.1.3. Năng lượng tự do

Từ biểu thức: $dS = \frac{\delta Q}{T}$

suy ra: $\delta Q = T \cdot dS$

Kết hợp với biểu thức:

$$\delta Q = dU + \delta A$$

Công mà hệ thực hiện có thể viết: $\delta A = \delta Q - dU = TdS - dU$

$$\delta A = - [dU - TdS]$$

$$\delta A = - [dU - d(TS)]$$

$$\delta A = -d[U - TS]$$

Đặt $U - TS = F$ (F là năng lượng tự do của hệ) $\rightarrow \delta A = -dF$

$$U = F + TS$$

Năng lượng tự do không phải là một dạng đặc biệt của năng lượng, đây là quy ước gọi tên phần nội năng của hệ được dùng để thực hiện công nào đó, nói khác đi nó đặc trưng cho khả năng sinh công của hệ.

Trong biểu thức trên, phần TS được gọi là năng lượng liên kết, không có khả năng sinh công.

4.1.4. Trạng thái cân bằng

- Trạng thái cân bằng nhiệt động của hệ là trạng thái mà các thông số đặc trưng cho hệ có giá trị xác định và không đổi khi không có các nguyên nhân bên ngoài làm thay đổi chúng.

Khi hệ nhiệt động ở trạng thái cân bằng sẽ không xảy ra hiện tượng truyền nhiệt, phản ứng hóa học...

- Trạng thái cân bằng của một hệ cô lập:

Xét biểu thức: $U = F + TS$

Ta thấy: vì S của hệ cô lập chỉ giữ nguyên hoặc tăng lên, phần năng lượng liên kết TS cũng giữ nguyên hoặc tăng, nó là phần nội năng không có khả năng biến thành công.

Khi hệ tiến tới trạng thái cân bằng, S đạt cực đại nghĩa là TS đạt cực đại (năng lượng liên kết đạt cực đại), vì U có giá trị không đổi (hệ cô lập) nên giá trị năng lượng tự do F đạt cực tiểu. Do đó trạng thái cân bằng nhiệt động của hệ cô lập được đặc trưng bằng entropi đạt cực đại hay năng lượng tự do đạt cực tiểu

4. 2. Quá trình không thuận nghịch

4.2.1. Quá trình thuận nghịch

Một hệ gồm nước và hơi nước bão hòa khi có cùng nhiệt độ T sẽ cân bằng vì đối với mỗi thứ có thể tích V xác định. Nếu nhiệt độ T thay đổi, thể tích V của mỗi thứ cũng thay đổi theo, ta nói hệ ở trạng thái không cân bằng.

Một quá trình biến đổi từ trạng thái này sang trạng thái khác được gọi là thuận nghịch khi nó có thể tiến hành theo chiều ngược lại và trong quá trình ngược đó, hệ trải qua các trạng thái trung gian như trong quá trình thuận.

Quá trình thuận nghịch chỉ có thể là tập hợp các trạng thái cân bằng nên nó là một quá trình cân bằng.

Do quá trình ngược trải qua các trạng thái trung gian như quá trình thuận nên hệ nhận công trong quá trình thuận bao nhiêu thì cũng cung cấp cho môi trường ngoài bấy nhiêu trong quá trình ngược. Nói khác đi, với quá trình thuận nghịch thì sau biến đổi nghịch để về trạng thái ban đầu, môi trường xung quanh không bị biến đổi.

Ví dụ: dao động không ma sát của con lắc toán học: con lắc chuyển động từ trái qua phải rồi từ phải qua trái, không ma sát nên môi trường không nóng lên, đồng thời công thực hiện do trọng lực cũng bằng không; do vậy môi trường xung quanh không bị biến đổi.

4.2.2. Quá trình không thuận nghịch

- Trong thực tế đời sống hàng ngày ta thấy hàng loạt các quá trình mà chỉ qua sát thấy nó tiến triển theo một chiều, không quan sát thấy quá trình xảy ra ngược lại: người lớn lên rồi chết, quả trứng rơi bị vỡ nát, nước hoa khuếch tán ra môi trường xung quanh, mù lầy từ cây cao su sông có thể làm thành lớp xe... đó là các quá trình không thuận nghịch.

Quá trình không thuận nghịch là quá trình khi ta tiến hành theo chiều ngược lại, hệ không trải qua các trạng thái trung gian như trong quá trình thuận.

Các trạng thái mà hệ trải qua trong quá trình không thuận nghịch là các trạng thái không cân bằng, do đó khi trạng thái đã biến đổi thì nó không trở về trạng thái cũ.

Trong quá trình không thuận nghịch, công và nhiệt lượng mà hệ nhận vào không bằng công và nhiệt lượng do hệ cung cấp cho bên ngoài, do đó đối với quá trình không thuận nghịch, sau khi tiến hành theo chiều thuận và theo chiều ngược để trở về trạng thái ban đầu thì môi trường xung quanh bị biến đổi.

Ví dụ về các quá trình không thuận nghịch:

Ví dụ 1: Giả sử có một hệ nhiệt động là một bình cô lập với môi trường xung quanh, gồm hai phần A và B chứa cùng một loại khí với mật độ $n_A > n_B$. Nhiệt độ của bình ở mọi thời điểm như nhau. Ta bỏ vách ngăn, các phân tử ở hai phần khuếch tán lan sang nhau cho tới khi mật độ đồng đều theo toàn bộ thể tích bình. Trạng thái của hệ tồn tại ngay sau khi bỏ vách ngăn là trạng thái không cân bằng nhiệt động, là trạng thái không thể duy trì mãi mãi theo thời gian. Trong quá trình tự chuyển về trạng thái mới (phân phối đều các phân tử theo toàn bộ thể tích), một khối lượng khí đi từ phần A sang phần B. Hệ đã thực hiện một công nào đó.

Có thể chứng minh rằng công A thực hiện được tính theo công thức:

$$A = RT \ln \frac{n_A}{n_B}$$

Trong đó R là hằng số khí lí tưởng; T là nhiệt độ tuyệt đối của hệ.

Ta thấy khi $n_A \neq n_B$ thì $A \neq 0$ (hệ có khả năng sinh công), còn khi $n_A = n_B$ thì $A = 0$ (hệ mất khả năng sinh công). Trạng thái ổn định được thiết lập sau khi hệ san bằng mật độ là trạng thái cân bằng nhiệt động.

Từ ví dụ này ta nhận thấy: để tự nhiên, hệ tiến triển theo một chiều xác định làm gradient mật độ suy giảm, tới trạng thái ít khả năng sinh công. Sự tiến triển của hệ theo chiều ngược lại rất khó xảy ra.

Ví dụ 2: Cho hai vật có nhiệt độ T khác nhau tiếp xúc nhau và cô lập với môi trường ngoài. Ta thấy nhiệt độ ở vật có nhiệt độ cao sẽ hạ xuống, còn nhiệt độ ở vật có nhiệt độ thấp sẽ tăng lên. Ta không quan sát thấy điều ngược lại. Quá trình truyền nhiệt như vậy là quá trình một chiều, xảy ra theo xu hướng truyền năng lượng từ nơi có nhiệt độ cao tới nơi có nhiệt độ thấp.

Ví dụ 3: Giả sử ta có hai bình đựng nước được đậy bằng nắp giống hệt nhau. Bình A chứa lượng nước rất lớn nhưng ở nhiệt độ T_A gần bằng nhiệt độ môi trường xung quanh. Bình B chứa lượng nước nhỏ nhưng ở nhiệt độ T_B cao hơn môi trường xung quanh. Rõ ràng rằng (so với môi trường xung quanh) nhiệt lượng dự trữ trong bình A rất lớn còn nhiệt lượng dự trữ trong bình B rất nhỏ nhưng hơi nước trong bình A không có khả năng đẩy bật nắp (không có khả năng sinh công), còn hơi nước trong bình B lại có khả năng đẩy bật nắp (có khả năng sinh công)

Từ ví dụ này ta thấy:

- Sự chênh lệch nhiệt độ giữa hệ và môi trường xung quanh càng lớn thì khả năng sử dụng hữu hiệu nhiệt năng chứa trong nó càng cao.

- Không phải bất kì phần nhiệt năng nào dự trữ trong hệ vật cũng có thể dễ dàng biến đổi thành công cơ học, đồng thời ta thấy không thể biến đổi hoàn toàn nhiệt ra thành công. Do đó việc đánh giá một hệ nhiệt động không chỉ dựa vào phần năng lượng dự trữ mà còn phải dựa vào khả năng sinh công của nó. Các dạng năng lượng khác có thể hoàn toàn biến đổi thành nhiệt năng, trong khi nhiệt năng không thể biến đổi hoàn toàn thành dạng năng lượng khác. Tính chất này cũng là một biểu hiện của các quá trình tự biến đổi trong tự nhiên chỉ diễn biến theo một chiều.

Người ta gọi tất cả các quá trình biến đổi trong tự nhiên chỉ diễn biến theo một chiều là các quá trình không thuận nghịch.

Loại trừ các quá trình lí tưởng thuận nghịch, tất cả các quá trình xảy ra trong tự nhiên (nhiệt truyền từ nóng sang lạnh, ma sát biến đổi công thành nhiệt, các phân tử khuếch tán từ nơi có áp suất cao (hay mật độ cao) sang nơi có áp suất thấp (hay mật độ thấp) nhiều hơn chiều ngược..) là các quá trình không thuận nghịch.

- Nhận xét:

+ Các quá trình tự nhiên không thuận nghịch diễn biến luôn liên quan đến sự suy giảm gradien (gradien nồng độ trong khuếch tán khí, gradien nhiệt độ trong truyền nhiệt...)

+ Tính trật tự của hệ giữ nguyên hoặc giảm dần theo diễn biến của quá trình không thuận nghịch trong hệ cô lập.

- Trong các ví dụ trên, muốn cho hệ trở về trạng thái ban đầu ($n_A > n_B$, $T_1 > T_2$) ta phải tốn công từ ngoài tác dụng vào, tức là môi trường phải có thay đổi: bơm chân không, máy làm lạnh là các quá trình ngược của các quá trình trên.

4.3. Nguyên lý thứ hai nhiệt động học

4.3.1. Phát biểu nguyên lý

Ta không thể giải thích được vì sao các quá trình trong tự nhiên lại có những quá trình chỉ xảy ra theo một chiều hướng xác định, ta buộc phải thừa nhận đó là một quy luật rút ra từ quan sát thực nghiệm một số lớn hiện tượng. Do đó, quy luật này có tính chất thống kê, dùng với số đông, cũng có nghĩa là không loại trừ khả năng xảy ra hiện tượng với chiều hướng ngược lại. Quy luật được phát biểu bằng nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học theo nhiều cách khác nhau mà tương đương nhau:

- Tính trật tự của hệ cô lập chỉ có thể giữ nguyên hoặc giảm dần
- Không thể tồn tại trong tự nhiên một chu trình mà kết quả duy nhất là biến nhiệt thành công, không để lại dấu vết gì ở môi trường xung quanh.
- Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 2 tức là động cơ chuyển động tuần hoàn, cho ta công bằng cách nhận nhiệt lượng và làm lạnh từ cùng một nguồn.

Ở phần định nghĩa entropi, chúng ta đã lưu ý đến hiện tượng: nếu để cho hệ tự diễn biến, nó sẽ tiến tới trạng thái có entropi lớn, nói cách khác, ở các quá trình biến đổi năng lượng trong hệ cô lập để tự biến biến (quá trình không thuận nghịch), entropi luôn luôn không giảm:

$$\Delta S \geq 0$$

Ở trạng thái cân bằng nhiệt động của hệ cô lập, tức là ở trạng thái không thay đổi theo thời gian, entropi không còn tăng hơn được nữa, nói cách khác là nó đạt cực đại:

$$\frac{dS}{dt} = 0$$

- Như vậy dựa vào khái niệm entropi, nguyên lý thứ hai của nhiệt động lực học có thể được phát biểu một cách khác như sau:

“Trong các hệ cô lập, chỉ những quá trình nào kéo theo việc tăng entropi mới có thể tự diễn biến; giới hạn tự diễn biến của chúng là trạng thái có giá trị cực đại của entropi”.

4.3.2. Ý nghĩa và giới hạn áp dụng của nguyên lý thứ hai

Cần chú ý rằng nói chung trạng thái có xác suất cao hay xảy ra hơn trạng thái có xác suất thấp, điều đó có nghĩa là cũng có lúc ta quan sát được trạng thái có xác suất thấp. Nói khác đi, các quá trình tự nhiên xảy ra trong hệ cô lập diễn biến theo chiều

tăng entropi và cá biệt có thể có trường hợp hệ chuyển từ trạng thái có entropi cao sang trạng thái có entropi thấp. Đó là tính chất thống kê của nguyên lí thứ hai nhiệt động lực học

Cũng như các định luật thực nghiệm khác, cơ sở của nguyên lí thứ hai nhiệt động lực học là những quan sát thế giới xung quanh con người. Lĩnh vực con người quan sát thấy trực tiếp là một tập hợp rất lớn các phần tử, đã khá là to lớn nhưng cũng chỉ là một phần vô cùng nhỏ của vũ trụ. Vì thế nguyên lí thứ hai này không thể đem áp dụng cho toàn thể vũ trụ (khi xem vũ trụ như hệ cô lập), cũng như cho thế giới các hạt cơ bản vì tại đó vật chất chuyển động trong không gian, thời gian có những tính chất, quy luật mới.

4.3.3. Năng lượng tự do và trạng thái cân bằng nhiệt động

- Xét biểu thức nội năng: $U = F + TS$, ta thấy:

Đối với hệ cô lập, S chỉ giữ nguyên hoặc tăng lên do đó năng lượng liên kết TS cũng giữ nguyên hoặc tăng (TS là phần nội năng không có khả năng biến thành công). Khi hệ thống tiến đến cân bằng, S đạt cực đại, nghĩa là TS đạt cực đại (năng lượng liên kết đạt cực đại). Vì U có giá trị không đổi (hệ cô lập) nên năng lượng tự do đạt cực tiểu.

Do đó trạng thái cân bằng nhiệt động được đặc trưng bằng entropi đạt cực đại hay năng lượng tự do đạt cực tiểu.

- Trạng thái cân bằng của hệ hóa học

Nếu ta quan sát một quá trình đạt cân bằng hóa học nào đó thì sự thay đổi năng lượng tự do khi các chất tham gia phản ứng tạo thành các sản phẩm của phản ứng phụ thuộc vào hằng số cân bằng như sau:

$$F = -RT \ln K$$

Trong đó T là nhiệt độ tuyệt đối, R là hằng số khí, K là hằng số cân bằng

Tùy theo mức độ thay đổi của năng lượng tự do, có thể đánh giá độ lớn cực đại của công hữu ích nhận được khi thực hiện quá trình cho trước. Ta cũng suy ra rằng năng lượng tự do của hệ tăng lên khi ta nạp công cho hệ. Chẳng hạn, một khối khí khi bị nén là đã nạp công, rõ ràng khi khối khí giãn nở, nó có khả năng sinh công.

Người ta định nghĩa entapi H bằng biểu thức:

$$H = U + pV$$

U là nội năng khối khí, p là áp suất, V là thể tích. Ta có:

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V + V\Delta p$$

Với các quá trình đẳng áp thì:

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V = \Delta Q$$

Entapi gọi là hàm chứa nhiệt, nhờ nó ta dễ dàng tính được năng lượng trong các quá trình hóa học. Trong cơ thể sống, năng lượng hóa học được sử dụng không hoàn toàn, điều đó cho thấy cơ chế của các quá trình sinh vật không được hoàn thiện. Trong những trường hợp khác nhau, hiệu quả của các cơ chế này không như nhau. Để đặc

trung cho hiệu quả này người ta dùng tỉ số giữa công sản sinh trong quá trình và năng lượng chi phí để sinh công đó.

Vì các cơ thể sống chỉ sử dụng năng lượng tự do của các phản ứng để sinh công nên hiệu quả của các cơ chế cho trước có thể đánh giá bằng hiệu suất η :

$$\eta = \frac{\Delta A}{\Delta F}$$

Trong đó ΔA là công sản sinh, ΔF là phần năng lượng tự do giảm đi để sinh công này. Đưa các chất vào trong cơ thể và oxy hóa chúng là đã tạo nên nhiệt độ cơ thể và các liên kết giàu năng lượng, tức là dự trữ năng lượng tự do. Năng lượng tự do này có thể biến chuyển thành năng lượng tập trung trong các gradien khác nhau, tức là chúng đã làm giàu năng lượng cho cơ thể. Như vậy năng lượng tự do của hệ được quyết định bằng độ lớn gradien. Từ nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học ta suy ra rằng những quá trình tự nhiên trong hệ cô lập tiến triển theo phương hướng làm suy giảm gradien, tức là làm giảm năng lượng tự do hay làm tăng entropi.

4.3.4. Năng lượng trong các phản ứng hóa sinh

- Trong quá trình chuyển hóa cơ bản có xảy ra các phản ứng hóa sinh. Ở những giai đoạn đặc biệt của quá trình, các phản ứng này có thể coi là thuận nghịch và đối với chúng, có thể tính các thông số nhiệt động như năng lượng tự do, hàm chứa nhiệt (entapi) và entropi. Biết rõ các đại lượng này ta có thể dự đoán trước phương hướng của phản ứng nào đó trên cơ sở nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học. Nếu như phản ứng là thuận nghịch thì năng lượng tự do bằng công cực đại, nếu phản ứng không thuận nghịch thì một phần năng lượng phân tán ở dạng nhiệt và công thực hiện sẽ tương ứng nhỏ hơn. Thông thường các phản ứng hóa sinh xảy ra trong những điều kiện không đổi về áp suất và nhiệt độ, bởi vậy phương trình:

$$\Delta F = \Delta U - T\Delta S$$

Có thể viết tương tự:

$$\Delta Z = \Delta H - T\Delta S$$

Trong đó ΔZ là sự thay đổi năng lượng tự do khi áp suất và nhiệt độ không đổi, ta gọi nó là thế nhiệt động, ΔH là biến thiên entapi. Lượng ΔZ khác với ΔF là phần thay đổi năng lượng tự do của hệ khi thể tích và nhiệt độ không đổi.

Độ lớn của thế nhiệt động liên hệ với hằng số cân bằng của phản ứng hóa sinh thuận nghịch bằng hệ thức:

$$\Delta Z = \Delta Z_0 + RT \cdot \ln K$$

K là hằng số cân bằng của phản ứng.

Đại lượng ΔZ bằng năng lượng tự do chuẩn của phản ứng (ΔZ_0) nếu mỗi chất ban đầu và các sản phẩm của phản ứng chứa trong dung dịch ở 25⁰C và với độ linh động của các phân tử trong dung dịch bằng 1.

Sự thay đổi lượng chứa nhiệt ΔH có thể xác định bằng cách đo hiệu ứng nhiệt của phản ứng khi đốt cháy vật chất trong bình đo nhiệt lượng. Trong trường hợp này:

$$\Delta H = - \Delta Q$$

Một cách khác là xác định sự phụ thuộc của phản ứng vào nhiệt độ. Khi ấy theo phương trình đẳng áp của phản ứng:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{-Q}{RT^2}$$

Có thể xác định $\Delta H = - \Delta Q$. Khi đặt các dữ kiện về đại lượng ΔZ_0 , ΔH dễ dàng xác định được ΔS trong đó những biến thiên của các đại lượng tương ứng có thể thay bằng những giá trị sau cùng của các đại lượng này. Thông thường những giá trị chuẩn của các đại lượng này được dẫn ra trong các sổ tay hóa sinh.

- Sự thay đổi năng lượng tự do khi tạo nên liên kết hóa sinh nào đó liên quan chặt chẽ với sự thay đổi năng lượng của liên kết hóa học giữa các nguyên tử của các phân tử tham gia phản ứng. Bằng cách phân tích công thức phân tử và các dữ kiện về nhiệt lượng của các phản ứng có thể xác định năng lượng liên kết. Người ta thấy rằng năng lượng định khu trong các liên kết hóa trị, đồng thời mỗi dạng liên kết có năng lượng gọi là năng lượng liên kết trung bình. Để tính toán năng lượng liên kết trung bình người ta sử dụng các dữ kiện về nhiệt lượng đốt và nhiệt lượng phân li phân tử thành nguyên tử. Nhiệt lượng phân li xác định bằng phép quang phổ khi nghiên cứu các mức độ dao động của phân tử và nguyên tử.

Bảng 2.2 cho biết năng lượng của các dạng liên kết khác nhau, trong đó liên kết hydro là yếu nhất

Dạng liên kết	Năng lượng trung bình (đơn vị tính: kcal)	Dạng liên kết	Năng lượng trung bình (đơn vị tính: kcal)
C – C	58.6	S – H	87.5
N – N	20.0	C – N	48.6
O – O	34.9	C – O	70.0
P – O	50.0	C – S	57.5
S – S	63.8	C = C	100.0
C – H	87.3	C ≡ C	123.0
N – H	82.0	C = O	142.0
O – H	110.2	H – H	4 ÷ 8

Trong sinh học, rất phổ biến các từ “liên kết giàu năng lượng” hay “liên kết năng lượng lớn”. ATP (Adenosin triphosphat) là chất quan trọng nhất trong các chất có liên kết giàu năng lượng.

Nguyên lí thứ nhất nhiệt động lực học nói về sự biến đổi tương hỗ giữa nội năng U, công A, nhiệt lượng Q, cho phép xác định hệ thức biểu diễn sự liên quan về lượng giữa chúng khi chúng tham gia vào một quá trình cho trước, nhưng không nêu lên khả năng xảy ra và chiều hướng phát triển của quá trình đó. Mặt khác qua thực nghiệm ta thấy công có thể biến hoàn toàn thành nhiệt nhưng quá trình ngược lại thì không bao giờ xảy ra hoàn toàn. Điều đó chỉ giải thích được bằng nguyên lí thứ hai nhiệt động lực học. Nguyên lí thứ hai độc lập với nguyên lí thứ nhất, nó xác định chiều

hướng diễn biến của một quá trình vĩ mô và cho phép đánh giá khả năng sinh công của các hệ nhiệt động khác nhau.

4.4. Áp dụng nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học cho hệ thống sống

4.4.1. Trạng thái dừng của hệ thống sống

- Ta có thể áp dụng nguyên lý thứ hai vào hệ thống sống vì hệ thống sống là hệ mở đặc biệt, luôn xảy ra trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường bên ngoài.

- Trong hệ cô lập: trạng thái cân bằng được thiết lập sau khi phản ứng hay quá trình biến đổi kết thúc, hệ không thay đổi theo thời gian.

- Đối với hệ thống sống ta dùng khái niệm trạng thái dừng: *“là trạng thái xảy ra ở hệ mở, trong đó các thông số trạng thái không thay đổi theo thời gian mà vẫn có dòng vật chất và năng lượng vào ra hệ”*

- So sánh trạng thái dừng với trạng thái cân bằng nhiệt động

Ta hãy so sánh trạng thái dừng xảy ra trong hệ mở và trạng thái cân bằng hóa học xảy ra ở hệ kín:

	Trạng thái cân bằng hóa học	Trạng thái dừng
1	Hệ kín, không có dòng vật chất ra vào hệ	Hệ mở, có dòng vật chất không đổi vào hệ và thải ra các sản phẩm của phản ứng
2	Tốc độ phản ứng thuận bằng tốc độ phản ứng nghịch $v_1 = v_2$	Tốc độ phản ứng thuận luôn lớn hơn tốc độ phản ứng nghịch do vật chất được đưa vào và ra $v_1 > v_2$
3	Tốc độ phụ thuộc vào nồng độ ban đầu của các chất tham gia phản ứng	Tốc độ phản ứng hóa học không phụ thuộc vào nồng độ ban đầu, nhưng đáng kể là các nồng độ dừng liên tục được giữ nguyên do dòng vật chất mới đi vào
4	Năng lượng tự do trong hệ bằng 0 $F = 0$	Năng lượng tự do trong hệ khác 0 và bảo toàn giá trị $F = \text{const} \neq 0$
5	Chất xúc tác không làm thay đổi tỉ lệ chất phản ứng	Chất xúc tác làm thay đổi nồng độ dừng, ảnh hưởng tới tốc độ của quá trình

Những nét giống nhau và khác nhau cơ bản của cân bằng dừng và cân bằng nhiệt động nằm trong ba thông số: entropi, năng lượng tự do và thời gian. Như ta đã xác định, cân bằng nhiệt động không phụ thuộc vào thời gian, entropi đạt cực đại, năng lượng tự do bằng không, tức là hệ bị giảm phẩm chất và không thể ở trạng thái sinh công được.

Sự giống nhau của trạng thái cân bằng nhiệt động với trạng thái dừng ở chỗ không phụ thuộc thời gian, tức là tương tự trạng thái cân bằng nhiệt động, hệ dừng sẽ giữ những thông số cơ bản không đổi theo thời gian. Entropi của trạng thái dừng có độ

lớn không đổi nào đó, không bằng giá trị cực đại. Năng lượng tự do của hệ dừng khác không và được đặc trưng bằng độ lớn không đổi nào đó. Điều này nghĩa là trạng thái dừng không nằm ở trạng thái kém phẩm chất, ngược lại nó đi ra khỏi trạng thái cân bằng dừng, có khả năng sinh công trước khi đạt trạng thái cân bằng nhiệt động.

Trạng thái dừng khác cơ bản với trạng thái cân bằng nhiệt động ở chỗ hệ trong trạng thái dừng vẫn luôn trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường bên ngoài

- Sự chuyển trạng thái dừng:

Mức của trạng thái dừng dễ dàng bị dao động lớn, phụ thuộc vào những điều kiện bên ngoài và bên trong. Hệ mở bất kì (kể cả cơ thể người) có thể chuyển sang các mức khác nhau của trạng thái dừng (trạng thái nghỉ ngơi, sự lớn lên...). Nếu con người thay đổi điều kiện lao động, nơi ở thì trong mọi trường hợp đều có sự điều chỉnh lại trạng thái dừng từ mức này sang mức khác. Có thể qua sát thấy sự điều chỉnh trong ví dụ thay đổi tốc độ các quá trình oxy hóa. Khi chuyển từ trạng thái dừng này sang trạng thái dừng khác, mức mới trong hệ không được thiết lập ngay tức khắc. Thông thường ban đầu quan sát thấy sự tăng hoặc giảm mức ở trạng thái dừng của hệ so với đòi hỏi tương ứng với những điều kiện thay đổi bởi môi trường ngoài và trong. Ví dụ sự dao động động lực của mức áp suất máu ở động mạch lúc bắt đầu và sau khi hoạt động chân tay.

Sự tiến hóa của trạng thái dừng xảy ra theo phương hướng tiến tới những quá trình xảy ra với tốc độ cao hơn nhưng bảo toàn sự ổn định của hệ. Chính những tốc độ cao hơn của các quá trình giúp ta phân biệt các sinh vật bậc cao với sinh vật bậc thấp.

Tốc độ phản ứng hóa học trong hệ càng lớn thì hệ càng kém ổn định, dĩ nhiên hệ ở trạng thái dừng. Bởi vậy trong quá trình tiến hóa, sự nâng cao tốc độ phản ứng đạt được là nhờ các men tác dụng ở nhiệt độ thấp, còn sự ổn định của hệ thống được đảm bảo bởi sự duy trì cân bằng nội môi nhờ có các liên hệ ngược. Sự không đổi của môi trường bên trong là yếu tố hàng đầu ảnh hưởng đến tốc độ các phản ứng hóa học. Ở sinh vật máu nóng có một cơ chế điều chỉnh nhiệt độ tự động luôn hoạt động vì khoản nhiệt độ hoạt động của các men trong cơ thể khá hẹp.

Các nhà khoa học đã giải thích sự phát triển của các mô u ác tính bằng quan điểm xuất hiện trạng thái dừng mới khác, với mức thấp khá nhiều nhưng lại ổn định hơn. Trạng thái dừng mới đạt được bằng tỉ lệ các chất xúc tác và các chất ức chế. Các tế bào ung thư tích lũy những chất oxy hóa, những chất này giúp tế bào ung thư chuyển sang trạng thái có tốc độ các phản ứng oxy hóa thấp. Chính vì vậy những tế bào này tăng thêm được độ bền vững và có tốc độ sinh sản lớn hơn với tế bào bình thường của cơ thể.

4.4.2. Áp dụng nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học cho hệ thống sống

- Khi áp dụng nguyên lý thứ hai nhiệt động lực học cho hệ thống sống, lúc đầu ta thấy có sự mâu thuẫn. Theo nguyên lý thứ hai thì tính trật tự của hệ cô lập cần phải giảm tương đương với sự tăng của entropi. Trong khi đó cơ thể lại tạo ra liên tục những tổ chức có trật tự cao trong quá trình phát triển, tính trật tự của tổ chức cơ thể

ngày một hoàn thiện. Từ những phân tử nhỏ trật tự thấp mà cơ thể nhận được trong quá trình ăn uống và hô hấp, những đại phân tử phức tạp có trật tự cao như polymer sinh học được tạo ra và xây dựng nên những cấu trúc hoàn thiện. Cơ thể lớn lên và phát triển, tuy thực hiện một quá trình không thuận nghịch nhưng tính trật tự không những được bảo toàn mà còn tăng lên, entropi như vậy phải giảm đi tương đối.

Phải chăng nguyên lý thứ hai này không thể áp dụng cho hệ thống sống? Thực ra điều này không phải như vậy. Ta biết, cơ thể sống là một hệ mở, tức là có sự trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường ngoài, chúng khác với hệ cô lập. Trong hệ cô lập, quá trình phản ứng hóa học, biến đổi trạng thái... bị giới hạn bởi số lượng vật chất tham gia phản ứng. Trạng thái cân bằng được thiết lập sau khi phản ứng hay quá trình biến đổi kết thúc và hệ sẽ không thay đổi theo thời gian.

Trong khi đó ở hệ thống sống, do vật chất và năng lượng ra vào không ngừng nên quá trình biến đổi năng lượng luôn xảy ra. Chính do sự diễn biến của các quá trình này nên buộc hệ thống sống (hệ mở) không thể nằm ở trạng thái cân bằng nhiệt động. Nói một cách khác, sự tồn tại trạng thái không cân bằng là điều kiện sống của cơ thể. Tuy nhiên đối với cơ thể không phải được đặc trưng bằng trạng thái không cân bằng bất kì mà chỉ bằng trạng thái tại đó các tính chất của hệ không thay đổi, các thông số hóa lý như gradien, các đặc trưng động học... được bảo toàn (không thay đổi theo thời gian). Ví dụ, ở tế bào sống thì độ pH và gradien nồng độ ion luôn được giữ trong khoảng không đổi. Đó chính là trạng thái dừng của hệ thống sống.

- Hoạt động sinh công của cơ thể sống có điểm khác với quá trình sinh công của máy nhiệt thông thường. Ở hệ thống sống, dù là cơ thể toàn vẹn hay ở các cơ quan riêng biệt, công sinh ra không phải do dòng nhiệt lượng từ bên ngoài đi vào cơ thể. Ta có thể minh họa bằng ví dụ đơn giản sau:

Ta biết, hiệu suất của một máy nhiệt được xác định theo biểu thức:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

trong đó: T_1 là nhiệt độ tuyệt đối của nguồn nhiệt, T_2 là nhiệt độ tuyệt đối của nguồn làm lạnh. Giả sử như hoạt động của cơ có sinh ra công, cơ hoạt động như một máy nhiệt với hiệu suất 33%, nhiệt độ nơi làm lạnh (không khí) là 25°C hay 298°K

Dùng công thức trên ta có:

$$\frac{1}{3} = \frac{T_1 - 298}{T_1}$$

Rút ra : $T_1 = 447^{\circ}\text{K}$ hay 174°C

Thành thử, nếu cơ hoạt động như một máy nhiệt thông thường thì để sinh công nó phải được đun nóng tới 174°C , điều đó rõ ràng là không thực tế bởi vì các phân tử protein cấu tạo nên bắp cơ đã bị phân hủy ngay ở nhiệt độ $40^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$.

Như vậy thì ở cơ thể sống, công được sinh ra là do sự thay đổi nội năng của hệ thống nhờ các quá trình sinh hóa hoặc nhờ sự thay đổi yếu tố entropi .

Sự biến đổi entropi của hệ thống sống

Hệ mở trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh, bởi vậy sự thay đổi entropi của hệ chia ra hai phần: dS_e là phần thay đổi entropi gây ra bởi sự tương tác với môi trường xung quanh (do trao đổi bằng các dòng vật chất và năng lượng ra vào hệ); dS_i là phần thay đổi entropi gây ra bởi những thay đổi bên trong hệ.

Có thể biểu diễn sự thay đổi chung ở hệ như sau:

$$dS = dS_e + dS_i$$

Giả sử ta cô lập hệ, không còn phần thay đổi dS_e nữa (không có trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường xung quanh), khi ấy $dS = dS_i$.

Theo nguyên lý thứ hai nhiệt động học dS_i chỉ có thể nhận giá trị dương hoặc bằng 0.

$dS_i = 0$ khi hệ thay đổi thuận nghịch

$dS_i > 0$ khi trong hệ xảy ra các quá trình không thuận nghịch

Đối với cơ thể sống, những quá trình biến đổi bên trong cơ thể (oxy hóa, phân hủy hiem khí các thức ăn đưa vào cơ thể, sự tổng hợp các quá trình năng lượng cao...) xảy ra không thuận nghịch nên chúng gắn liền với việc tăng entropi hay $dS_i > 0$

Đại lượng dS_e có thể nhận giá trị bất kì: dương, âm hoặc bằng 0.

Với cơ thể sống, do quá trình tương tác với môi trường xung quanh (sử dụng thức ăn cao phân tử, tách ra khỏi cơ thể các sản phẩm thoái hóa trong quá trình tiêu hóa, truyền nhiệt trực tiếp với môi trường xung quanh...) mà tạo thành một dòng vật chất có năng lượng tự do cao, đi vào cơ thể (S nhỏ) và một dòng vật chất có năng lượng tự do thấp (S lớn) đi ra khỏi cơ thể.

Khi $dS_e = 0$ (trường hợp riêng là hệ cô lập, nói chung hệ mở vẫn có thể xảy ra tình huống này) thì $dS = dS_i$, tức là phần thay đổi entropi của toàn bộ hệ thống được xác định bằng sự tăng entropi bên trong hệ.

Khi $dS_e > 0$ thì chắc chắn $dS > 0$, entropi S luôn luôn tăng.

Khi $dS_e < 0$ có 3 trường hợp:

+ $|dS_e| < |dS_i| \rightarrow dS = dS_i + dS_e > 0$: entropi của hệ tăng

+ $|dS_e| > |dS_i| \rightarrow dS < 0 \Rightarrow$ entropi giảm, tính trật tự trong hệ tăng. Điều này lí giải vì sao có những giai đoạn phát triển, hệ thống có tính trật tự ngày càng cao

+ $|dS_e| = |dS_i| \rightarrow dS = 0$ đây là trường hợp ứng với trạng thái dừng là trạng thái có $S = const$.

Sự khác nhau về nguyên tắc của cân bằng nhiệt động so với cân bằng dừng là ở chỗ xuất hiện những thông số động học của cân bằng dừng.

Từ công thức $dS = dS_i + dS_e$, chia cả 2 vế cho dt, ta có:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS_e}{dt} + \frac{dS_i}{dt}$$

Đây chính là công thức diễn tả tốc độ biến thiên entropi ở hệ thống sống.

Sự cần thiết phải có môi trường sạch với entropi thấp

Xét biểu thức nội năng $U = F + TS$, ta thấy:

- Ở hệ cô lập, vì entropi S chỉ giữ nguyên hoặc tăng, nên phần năng lượng liên kết TS cũng giữ nguyên hoặc tăng. Nội năng U không đổi, phần năng lượng liên kết không có khả năng biến thành công tăng lên, phần năng lượng tự do F có khả năng biến thành công giảm. Khi S_{\max} thì $(TS)_{\max}$ còn F_{\min} : khả năng sinh công của hệ ít nhất. Hệ thống sống mà cô lập với môi trường xung quanh, hay nói cách khác là nếu không có môi trường xung quanh để trao đổi vật chất và năng lượng thì hệ thống sẽ suy giảm khả năng sinh công và tiến tới trạng thái cân bằng nhiệt động. Như vậy môi trường xung quanh là cần thiết đối với sống.

- Mặt khác ta xét biểu thức diễn tả tốc độ biến thiên entropi ở trạng thái dừng:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS_e}{dt} + \frac{dS_i}{dt} = 0$$

Hay

$$\frac{dS_i}{dt} = -\frac{dS_e}{dt} \neq 0 \quad (1.3)$$

Biểu thức này cho ta thấy ở trạng thái dừng gốc độ tăng entropi trong cơ thể bằng tốc độ tạo đối entropi với môi trường xung quanh: dòng vật chất và năng lượng đi vào cơ thể có entropi thấp, còn dòng vật chất và năng lượng đi ra môi trường có entropi cao thì tạo ra dS_e có giá trị âm. Nói cách khác, môi trường phải sạch mới có dòng vật chất và năng lượng có entropi thấp đi vào cơ thể và cơ thể thải ra môi trường dòng vật chất và năng lượng có entropi cao. Việc giữ cho môi trường sống sạch với entropi thấp là điều kiện cần thiết để cho cơ thể sống ở trạng thái dừng tồn tại, phát triển, có khả năng sinh công.

BÀI 10. MỘT SỐ ỨNG DỤNG PHỔ BIẾN CỦA VẬT LÝ KỸ THUẬT TRONG NGÀNH Y

MỤC TIÊU HỌC TẬP:

1. Trình bày được ứng dụng của sóng âm và sóng siêu âm trong y học
2. Trình bày được khái niệm laser và ứng dụng của laser trong y học
3. Trình bày được khái niệm bức xạ ion hóa và ứng dụng của nó trong y học

I. ỨNG DỤNG CỦA SÓNG ÂM VÀ SÓNG SIÊU ÂM TRONG Y HỌC

1. Sóng âm

1.1. Khái niệm

Là sóng cơ học có tần số trong khoảng 16(Hz) – 20000(Hz), sóng có tần số nhỏ hơn 16(Hz) gọi là sóng hạ âm, sóng có tần số lớn hơn 20000(Hz) gọi là sóng siêu âm.

Chú ý: sóng âm truyền được trong các môi trường rắn, lỏng và khí thông thường thì vận tốc truyền trong môi trường rắn lớn hơn lỏng và trong môi trường lỏng lớn hơn khí.

- *Nguồn phát âm*: Có nhiều phương pháp tạo nên âm thanh, nhưng phổ biến hơn cả là làm chomột vật rắn một màng căng hoặc một dây căng thẳng thực hiện dao động đàn hồi.

Ở động vật, cơ quan phát âm quan trọng nhất là thanh quản với các dây âm thanh. Tiếng nói đối với con người đặc biệt quan trọng, nó thuộc về hệ thống tín hiệu thứ hai, hình thành trong quá trình lao động sáng tạo và phát triển về cấu tạo của cơ thể con người, nó là công cụ thể hiện và truyền bá tư duy. Tiếng nói là âm do con người phát ra. Người ta thấy cấu tạo của dây âm thanh rất đặc biệt. Niêm mạc của nó rất loãng, lỏng lẻo và không dính chặt vào tổ chức dưới đó. Vì vậy một dao động có thể xuất hiện ở từng bộ phận dưới, trên và ngay ở dây âm thanh. Những tìm tòi này bổ sung cho hai quan điểm cơ học và thần kinh ở trên về cơ chế phát âm. Ta cũng cần nhấn mạnh rằng các xoang cộng hưởng đóng vai trò khá quan trọng, chúng quyết định âm sắc của tiếng nói người. Khi phát nguyên âm như a, o ,u... thì xoang cộng hưởng chia ra hai phần tạo thành hai tần số cộng hưởng khác nhau. Khi phát phụ âm thì âm thanh sinh ra còn nhờ sự ma sát qua kẽ răng, các khe giữa lưỡi và vòm hầu. Nhiều khi các âm phát ra không phải do dây âm thanh rung động mà các hốc ở xương mặt đóng vai trò quan trọng ta gọi là xoang mũi (khi ngâm nga, nói thầm).

1.2. Phân loại sóng âm

Phân loại theo phương dao động: dựa vào cách truyền sóng, người ta chia sóng cơ ra làm hai loại: sóng dọc và sóng ngang.

- Sóng ngang là sóng mà phương dao động của các phần tử của môi trường vuông góc với tia sóng. Sóng ngang xuất hiện trong các môi trường có tính đàn hồi về hình dạng. Tính chất này chỉ có ở vật rắn.

- Sóng dọc là sóng mà phương dao động của các phần tử môi trường trùng với tia sóng. Sóng dọc xuất hiện trong cả môi trường chịu biến dạng về thể tích, do đó nó truyền được trong các vật rắn cũng như trong môi trường lỏng và khí.

Phân loại theo tần số: sóng âm được chia theo dải tần số thành 3 vùng chính.

- Sóng âm tần số cực thấp, hay còn gọi là sóng hạ âm (Infrasound): $f < 16 \text{ Hz}$.

Ví dụ: sóng địa chấn.

- Sóng âm tần số nghe thấy được (Audible sound): $f = 16 \text{ Hz} - 20 \text{ kHz}$

- Sóng siêu âm (Ultrasound): $f > 20 \text{ kHz}$

Các nguồn sóng siêu âm có trong tự nhiên: Đôi, một vài loài cá biển phát sóng siêu âm để định hướng ... Nói chung các sóng này nằm trong vùng tần số 20 – 100 kHz. Sóng siêu âm ứng dụng trong y học có tần số từ 700 KHz đến 50 MHz trong đó siêu âm chẩn đoán sử dụng các tần số từ 2 MHz đến 50 MHz.

1.3. Hiệu ứng Doppler

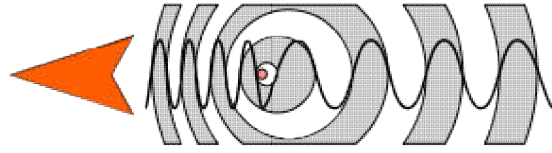
Hiệu ứng Doppler là một hiệu ứng vật lý, đặt tên theo Christian Andreas Doppler, trong đó tần số và bước sóng của các sóng âm, sóng điện từ hay các sóng nói chung bị thay đổi khi mà nguồn phát sóng chuyển động tương đối với người quan sát.

Đối với sóng chuyển động trong một môi trường, như sóng âm, nguồn sóng và người quan sát đều có thể chuyển động tương đối so với môi trường. Hiệu ứng Doppler lúc đó là sự tổng hợp của hai hiệu ứng riêng rẽ gây ra bởi hai chuyển động này.

Cụ thể, nếu nguồn di động trong môi trường phát ra sóng với tần số tại nguồn là f_0 , một người quan sát đứng yên trong môi trường sẽ nhận được tần số f :

$$f = f_0 \left(\frac{1}{1 + v/c} \right)$$

với c tốc độ lan truyền của sóng trong môi trường, v là thành phần vận tốc chuyển động của nguồn so với môi trường theo phương chỉ đến người quan sát (âm nếu đi về phía người quan sát, dương nếu ngược lại).



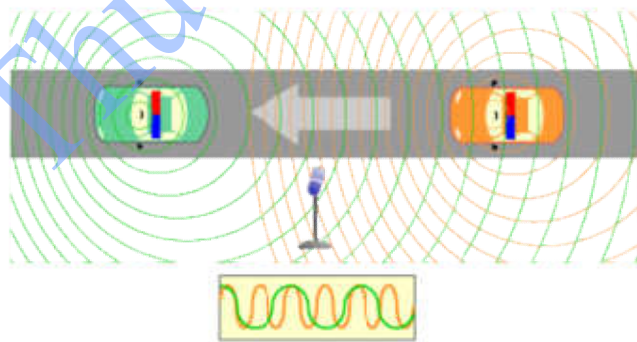
Tần số tăng lên khi nguồn tiến về phía người quan sát, và giảm đi khi nguồn đi ra xa người quan sát (với điều kiện chuyển động giữa nguồn và người không phải là chuyển động đều).

Tương tự, khi nguồn đứng im còn người quan sát chuyển động:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

Đối với sóng điện từ (ví dụ ánh sáng), lan truyền mà không cần môi trường, hiệu ứng Doppler được tính toán dựa vào thuyết tương đối.

Trong hiệu ứng Doppler thật ra tần số của nguồn sóng không bị thay đổi. Để hiểu rõ nguyên nhân tạo ra hiệu ứng Doppler, sự thay đổi tần số, ta lấy ví dụ của hai người ném bóng. Người A ném bóng đến người B tại một khoảng cách nhất định. Giả sử vận tốc trái bóng không đổi và cứ mỗi phút người B nhận được x số bóng. Nếu người A từ từ tiến lại gần người B, anh ta sẽ nhận được nhiều bóng hơn mỗi phút vì khoảng cách của họ đã bị rút ngắn. Vậy chính số bước sóng bị thay đổi nên gây ra sự thay đổi tần số.



Một microphone cố định thu âm tiếng của xe cảnh sát tại độ ngân khác nhau tùy thuộc vào hướng tương đối của chúng

Một tiếng còi trên xe cấp cứu tiến đến ta sẽ có tần số cao hơn (chói hơn) khi xe đứng yên. Tần số này giảm dần (trầm hơn) khi xe vượt qua ta và nhỏ hơn bình thường khi xe chạy ra xa.

Nhà thiên văn học John Dobson giải thích hiện tượng trên: "lý do mà tiếng còi giảm là do xe không tông bạn".

Nói cách khác, nếu chiếc xe đi theo phương thẳng tới bạn, tần số sẽ vẫn giữ nguyên (vì thành phần vận tốc v theo phương chỉ tới bạn không đổi) cho đến khi chúng vượt qua bạn, thì lập tức chuyển sang tần số thấp hơn. Sự khác biệt giữa tần số cao lúc tiến đến so với tần số chuẩn của còi đúng bằng sự khác biệt giữa tần số thấp lúc ra xa so với tần số chuẩn. Khi chiếc xe không tông vào bạn mà chỉ qua mặt bạn, thành phần vận tốc theo phương chỉ tới bạn không giữ nguyên do phương này luôn thay đổi tùy thuộc vị trí của xe:

$$v = v_0 \cdot \cos \theta$$

Trong đó v là thành phần vận tốc của xe theo phương chỉ tới bạn, v_0 là tốc độ của xe và θ là góc giữa hướng di chuyển của xe và hướng nối từ xe đến bạn.

2. Ứng dụng sóng âm trong y học

2.1. Chuẩn đoán gõ

Khi gõ vào các vị trí tương ứng của các tạng (tim, phổi, gan ...) trên lồng ngực hay trên thành bụng, các tạng này sẽ dao động và phát ra âm. Dựa vào âm phát ra chúng ta có thể xác định được vị trí, kích thước của chúng, có thể xác định được chúng bình thường hay có bệnh.

Ta có thể dùng ngón tay hay một dùi nhỏ gõ trực tiếp trên da bệnh nhân, ở vùng tương ứng với các phủ tạng cần chẩn đoán. Phương pháp này ít dùng vì những chấn động gõ thường bị tắt dần sau khi qua lớp da, mô cơ... do đó chúng ta chỉ làm cho các tạng đó dao động với biên độ nhỏ, âm các tạng phát ra nhỏ quá khó nghe. Chúng ta thường gõ qua ngón tay hoặc qua thanh gỗ mỏng đặt sát vào nơi muốn gõ. Tùy theo bệnh nhân và yêu cầu cần chẩn đoán, chúng ta phải gõ với mức độ mạnh nhẹ khác nhau : gõ mạnh đối với bệnh nhân quá béo, với trẻ em phải gõ nhẹ. Thường chúng ta gõ với mức độ trung bình vì gõ như thế cũng đủ làm cho các tạng ở sâu dưới da 5 cm dao động và dao động này có thể lan truyền trên một diện tích 4 đến 6 cm². Khi muốn tìm giới hạn của một tạng nào đó hay nghiên cứu một phần của tạng đó, cần phải gõ nhẹ.

Âm phát ra khi gõ cần phải phân tích một cách tỉ mỉ về cường độ, độ cao, âm sắc... như thế mới nhận được các thay đổi nhỏ của âm, phân biệt được các trường hợp bệnh lý và bình thường. Thí dụ như âm phát ra khi gõ vào phổi của một người bình thường có tần số cao, âm sắc phong phú (có nhiều họa âm) cường độ lớn, thời gian dư âm dài.

Âm phát ra khi gõ những tạng đặc hoặc phổi bị vôi hóa, màng phổi bị tràn dịch,... có tần số thấp (tiếng nghe đục), cường độ nhỏ, thời gian dư âm ngắn. Còn âm ở ổ bụng, dạ dày phát ra có tần số cao song âm sắc nghèo nàn (hầu như không có họa âm).

2.2. Chuẩn đoán nghe

Phương pháp này nghiên cứu âm phát ra từ các tạng như tim, phổi... để chuẩn đoán bệnh. Các âm phát ra từ cơ thể thường có tần số thấp không vượt quá 1000Hz. Âm ở phổi có độ cao phụ thuộc vào tiết diện khí quản và cuống phổi, cường độ mạnh hay yếu là do hô hấp nông hay sâu.

Âm phát ra ở tim biến đổi do nhiều yếu tố: tình trạng van tim, vận tốc máu, độ nhớt của máu, miệng của van.

Để nghe các âm phát ra từ trong cơ thể, người ta dùng ống nghe (stétoscope). Ống nghe gồm 2 dây cao su mềm hình trụ có tác dụng truyền âm nối với một hộp bằng sắt hình trụ bẹt, mặt có căng một màng mỏng đóng vai trò một hộp cộng hưởng. Hộp cộng hưởng có khi là một loa hình phễu không có màng căng. Mặt của hộp cộng hưởng đặt áp sát da (nơi muốn nghe), dao động âm của cơ thể truyền tới được hộp này khuếch đại, sau đó những dao động này sẽ qua các dây truyền âm để tới tai.

Tần số dao động riêng của màng tỷ lệ thuận với độ căng của màng. Các dao động âm từ cơ thể tới màng sẽ làm màng dao động mạnh nhất (cộng hưởng) nếu tần số của chúng trùng với tần số dao động riêng của màng. Nếu dùng loa để nghe, thì chỗ da bệnh nhân bị loa ép vào sẽ căng ra và đóng vai trò của một màng căng. Chúng ta có thể điều chỉnh sức ép của loa vào da để độ căng của màng da đó có tần số dao động riêng trùng với tần số của âm muốn nghiên cứu, nhờ đó chúng ta có thể nghe âm này rõ hơn âm khác. Thường còn dùng cách này khi âm muốn nghiên cứu bị các âm khác che lấp.

3. Ứng dụng của sóng siêu âm

Ngày nay, kỹ thuật siêu âm đã có mặt và phát huy tác dụng trong mọi lĩnh vực khoa học, kỹ thuật và đời sống như: trong ngành hàng hải và địa chất (các thiết bị thăm dò độ sâu của đại dương, dò tìm đá ngầm, phát hiện các luồng cá, các thiết bị liên lạc dưới nước.... bằng siêu âm), trong quân sự và quốc phòng (các loại mìn, thủy lôi siêu âm, các thiết bị dò tín hiệu, phát hiện và theo dõi mục tiêu....), trong lĩnh vực công - nông nghiệp (các thiết bị kiểm tra chất lượng, tìm khuyết tật của sản phẩm, các máy khoan hàn và gia công vật liệu cứng như kim cương, đá quý.... đặc biệt là phương pháp sấy siêu âm tỏ ra ưu việt), các ngành công nghiệp thực phẩm, hoá dược, thông tin liên lạc.... cũng đã quen thuộc với các thiết bị siêu âm. Đặc biệt trong lĩnh vực y học, sóng siêu âm ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong chẩn đoán và điều trị.

3.1. Ứng dụng sóng siêu âm trong điều trị

Khi tác dụng lên các tế bào và các tổ chức sống, siêu âm gây ra 3 hiệu ứng: cơ học, nhiệt học và hoá học. Các hiệu ứng này làm thay đổi tính chất và chức năng sinh lý của các tổ chức trong cơ thể. Đó chính là cơ chế của các liệu pháp điều trị trong kỹ thuật siêu âm.

** Hiệu ứng cơ học*

- Sóng siêu âm khi tác động vào một môi trường vật chất sẽ gây ra tại chỗ những biến đổi áp lực và dịch chuyển các phần vật chất xung quanh vị trí cân bằng của chúng, làm nén giãn môi trường. Ở vùng giãn liên kết của các phân tử có thể bị đứt gãy. Người ta gọi đó là hiện tượng tạo lỗ vi mô.

- Đặc biệt là với chùm siêu âm có cường độ vừa và nhỏ ($<20\text{kW/m}^2$) khi tác động lên tổ chức sinh học siêu âm làm tăng tính thấm thấu của màng tế bào và sự dịch chuyển của bào tương, làm các tổ chức nông của cơ thể bị chấn động nhẹ, đó là một cách xoa bóp tế vi, một tác dụng rất quý trong điều trị viêm tế bào.

- Với chùm siêu âm có cường độ mạnh khi tác động vào tế bào có thể làm rách màng tế bào, biến dạng nhân, do đó có thể phá huỷ tế bào, ứng dụng trong chống đông máu, diệt trùng. Ngày nay người ta còn dùng siêu âm có cường độ mạnh để phá huỷ tổ chức trong sâu như sỏi thận, u tuyến, lấy cao răng, hay sử dụng trong phẫu thuật thần kinh với ưu điểm là làm giảm đau, không gây chảy máu tránh được nhiễm trùng và có độ chính xác cao.

- Với những chất lỏng không trộn lẫn vào nhau được như nước và dầu, nước và thủy ngân, sóng siêu âm có thể làm đứt gãy liên kết giữa các phân tử và làm cho chúng

hoà vào nhau được. Dựa vào đó người ta chế tạo ra các loại nhũ tương, các khí dung với những hạt có kích thước bé.

** Hiệu ứng nhiệt*

Khi chùm siêu âm truyền qua một môi trường vật chất, một phần năng lượng của chùm siêu âm bị môi trường vật chất hấp thụ. Phần lớn năng lượng mà môi trường vật chất hấp thụ biến thành nhiệt năng làm cho môi trường vật chất nóng lên. Hiện tượng này xảy ra nhiều nhất ở các mặt ngăn cách giữa hai môi trường có mật độ khác nhau, đây chính là tác dụng nhiệt của sóng siêu âm. Do vậy khi chùm siêu âm tác động lên cơ thể con người, hiệu ứng nhiệt gây giãn mạch, tăng cường dinh dưỡng, giảm đau có tác dụng điều trị chống teo cơ, chống co thắt cơ, chống viêm, chống đau dây thần kinh, đau khớp.

** Hiệu ứng hoá học*

Sóng siêu âm có thể gây ra các phản ứng mà ở điều kiện bình thường khó xảy ra hoặc có vai trò làm xúc tác các phản ứng hoá học. Đặc biệt siêu âm làm tăng các phản ứng phân ly các hợp chất hữu cơ, làm tăng sự ion hoá và tạo ra nhiều gốc tự do trong môi trường. Sóng siêu âm cũng làm tăng quá trình thẩm thấu qua các màng bán thấm. Chính vì vậy đối với mô sinh học, siêu âm làm thay đổi những đặc tính của nó như độ pH, điểm đẳng điện, áp suất thẩm thấu, áp suất keo. Siêu âm cũng làm thay đổi sự chuyển hoá vật chất và hoạt tính các men sinh học trong cơ thể. Lợi dụng những đặc tính này của siêu âm mà người ta có thể dùng siêu âm để điều trị bệnh cao huyết áp, các bệnh dạ dày (vì siêu âm làm thay đổi độ toan của dịch vị). Trong điều trị thường dùng siêu âm có tần số 20KHz - 1MHz.

* Lưu ý: không dùng siêu âm để điều trị cho người có thai, đang bị sốt, mắc bệnh lao và trẻ em.

3.2. Ứng dụng sóng siêu âm vào chuẩn đoán

3.2.1. Chuẩn đoán bằng hình ảnh siêu âm

Nguyên lý:

- Dựa vào chùm siêu âm truyền qua tương tự như nguyên lý dùng tia X.
- Dựa vào hình ảnh thu được từ sóng phản xạ qua các mặt phân giới của đối tượng khảo sát.

3.2.2. Siêu âm Doppler

Siêu âm Doppler là phương pháp ứng dụng hiệu ứng doppler. Người ta phát song siêu âm tới bộ phận cần khảo sát chức năng và thu hồi song phản xạ. Từ sự khác biệt tần số tới và phản hồi ta sẽ có các thiết bị xử lý và hiển thị lên màn ảnh. Ảnh này cho biết chức năng hoạt động của các cơ quan ra sao.

Về khía cạnh kỹ thuật ta quan tâm tới hai vấn đề: một là phân tích song phản hồi để tính tần số Doppler, nhờ đó tính khảo sát được sự chuyển động của vật cần khảo sát. Hai là hiển thị lên màn ảnh sự phân bố của vật chuyển động đó.

Khi đánh giá tín hiệu phản hồi của dòng chảy, các vận tốc của dòng chảy hướng về phía đầu dò được mã màu đỏ trên Doppler màu, còn các vận tốc của dòng chảy hướng ra xa đầu dò sẽ được mã màu xanh.

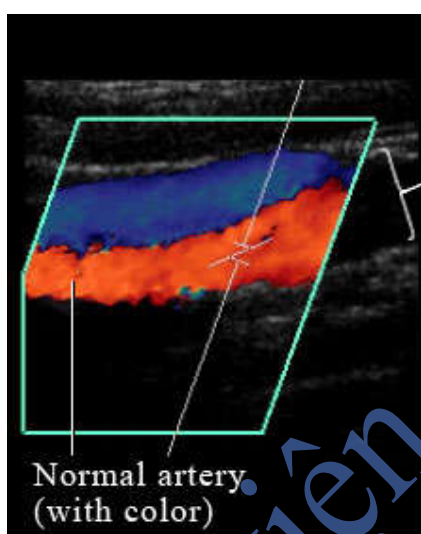


Figure 1

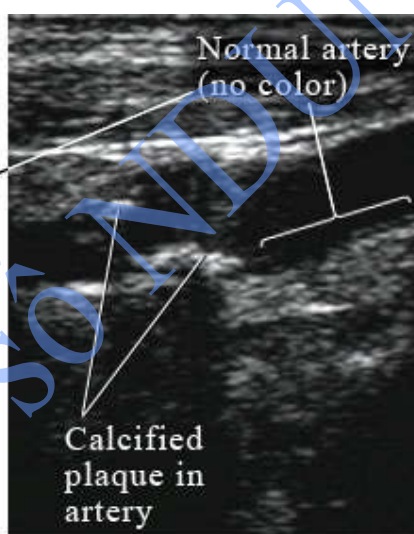


Figure 2

Siêu âm doppler có 4 loại :

- Doppler sóng liên tục (continuous wave Doppler)
- Doppler kép (duplex doppler)
- Doppler màu (color doppler)
- Doppler năng lượng (power Doppler)

Ứng dụng của siêu âm Doppler:

Như vậy ta đã biết các đặc tính của siêu âm Doppler, kỹ thuật này được ứng dụng trong khá nhiều trường hợp, thường gặp nhất là khảo sát mạch máu. Trong khảo sát mạch máu, thông tin từ siêu âm Doppler có thể cho ta các thông số về: Hướng dòng chảy; Sự phân bố vận tốc dòng chảy; Đặc tính nhịp đập; Động mạch hay tĩnh mạch; Vận tốc và lưu lượng dòng chảy.

Ngoài ra siêu âm Doppler còn được ứng dụng trong sản phụ khoa để xem xét tình hình phát triển của thai nhi, cung cấp các thông tin hữu ích về sinh lý tử cung trong thời kỳ mang thai của người mẹ.

Các ứng dụng khác của siêu âm cũng được ứng dụng khá rộng rãi như :

- Khảo sát hoạt động và các thông số chức năng của tim.
- Khảo sát hệ thống tĩnh mạch cửa, tĩnh mạch trên của gan
- Khảo sát bệnh lý động mạch thận
- Khảo sát bệnh lý của động mạch chủ bụng

Lưu ý: Để tránh cho chùm siêu âm bị không khí hấp thụ và gây phản xạ ngay trên mặt da người bệnh, giữa đầu dò siêu âm và da người bệnh, người ta thường bôi thêm một lớp dầu (paraphin, lanolin hoặc glycerin...) có âm trở gần giống như của cơ thể để loại bỏ được lớp không khí len giữa nhằm loại bỏ phản xạ làm chùm siêu âm truyền đến cơ thể một cách toàn vẹn.

II. LASER VÀ ỨNG DỤNG TRONG Y HỌC

2.1. Khái niệm về laser

Laser, một trong những phát minh vĩ đại của thế kỷ XX bắt nguồn từ luận thuyết về hiện tượng phát xạ cưỡng bức của nhà Vật lý thiên tài Albert Einstein năm 1917. Nhưng tới năm 1954 các nhà vật lý Baxốp và Prokhôxốp (Liên xô), Savêlốp và Taoxơ (Mỹ) đồng thời đã công bố công trình về nguyên lý của Laser và họ cũng được tặng giải thưởng Nobel vật lý 1964. Laser là viết tắt gồm chữ cái đầu của cụm từ tiếng Anh: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (sự khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ cưỡng bức). Máy laser đầu tiên được Meiman chế tạo năm 1960 là laser hồng ngọc (Rubi). Tiếp các năm sau người ta đã tìm ra hàng loạt các chất khác có khả năng phát tia laser như: hỗn hợp khí Heli-Neon (He-Ne) 1961, bán dẫn Gallium arsen (Ga-as) 1964, tinh thể yurium Alluminium Garnet (YAG) 1964, laser màu 1966, laser khí Cacbonnic (CO₂) 1968... Laser dần dần trở thành một nhân tố thúc đẩy sự phát triển của nhiều ngành khoa học, đặc biệt công nghiệp và quốc phòng.

Laser được ứng dụng trong y học từ rất sớm: 1966 laser Argon được dùng trong nhãn khoa thực nghiệm, 1971 Hall xác định các hiệu ứng laser CO₂ trên mô sống... Đến nay, laser đang được ứng dụng ngày càng rộng rãi trên hai lĩnh vực:

- Chẩn đoán: dựa trên cơ sở nghiên cứu phổ huỳnh quang để đánh giá chức năng của các tổ chức khác nhau.

- Điều trị: dựa trên hiệu ứng kích thích sinh học (laser công suất thấp), dựa trên hiệu ứng nhiệt trong phẫu thuật (laser công suất cao).

2.2. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của máy phát tia Laser

2.2.1. Cấu trúc điển hình của máy phát tia Laser

Như vậy khi chiếu một chùm ánh sáng vào một môi trường vật chất sẽ có 3 hiện tượng quang học cơ bản xảy ra: hấp thụ, phát xạ tự do và phát xạ cưỡng bức. Vì thế, muốn tạo được chùm tia Laser thì máy phát tia Laser cần có 3 bộ phận chính:

* Môi trường hoạt chất:

Bình thường trong cuộc sống hàng ngày hấp thụ ánh sáng và dẫn truyền ánh sáng là những hiện tượng phổ biến, hiện tượng khuếch đại ánh sáng rất hiếm thấy vì các nguyên tử vật chất chủ yếu ở trạng thái cơ bản. Nghĩa là khi môi trường ở trạng thái cân bằng, số điện tử ở mức thấp (n_1) bao giờ cũng lớn hơn số điện tử ở mức kích thích (n_2). Để có hiệu ứng laser (chùm ánh sáng được khuếch đại) ta phải tạo môi trường đặc biệt mà ở đây hiện tượng phát xạ cưỡng bức phải mạnh hơn hiện tượng hấp thụ. Hiệu ứng này chỉ xảy ra ở môi trường mà các điện tử ở mức trên n_2 lớn hơn số điện tử ở mức dưới n_1 ($n_2 > n_1$). Môi trường đặc biệt như vậy gọi là môi trường đảo ngược độ tích lũy. Môi trường này là thành phần cơ bản của mọi máy laser, có tên là hoạt chất laser.

* Nguồn kích thích (nguồn nuôi, bơm năng lượng):

Ngoài hoạt chất, mỗi laser bất kỳ phải có nguồn nuôi cung cấp năng lượng, là nơi cung cấp năng lượng cho hoạt chất của laser. Nhờ năng lượng này mà các điện tử di chuyển được lên mức kích thích và duy trì đảo ngược độ tích lũy của điện tử trong hoạt chất của laser. Bơm năng lượng có thể là bộ phận phát sáng (đèn Xenon cho laser Rubi), là máy phát tần số cao (laser khí), là dòng điện có mật độ dòng điện lên đến hàng ngàn A/cm² (laser bán dẫn).

* Buồng cộng hưởng:

- Buồng cộng hưởng có chức năng tăng cường sự khuếch đại ánh sáng bằng cách làm cho ánh sáng phản xạ nhiều lần qua hoạt chất.

- Cấu trúc hình dạng của buồng cộng hưởng rất đa dạng. Loại đơn giản nhất gồm hai gương ghép đối diện sao cho trục quang học của chúng trùng nhau ở hai đầu buồng quang học cho phép chùm ánh sáng qua lại hoạt chất nhiều hơn trước khi đạt trạng thái ổn định và phát ra tia laser qua gương bán mờ (gương phản xạ 70-

98%). Buồng cộng hưởng còn có ý nghĩa chỉ cho phép ánh sáng có bước sóng λ thỏa mãn điều kiện sau: $\lambda = 2L/m$ (L: độ dài giữa 2 gương, m: số tự nhiên), vì vậy laser mang tính đơn sắc.

2.2.2. Phân loại Laser

Có nhiều cách phân loại laser: theo môi trường hoạt chất laser, theo phương pháp bơm năng lượng, theo chế độ hoạt động, theo công suất... Phương pháp phân loại thông dụng hiện nay là theo môi trường hoạt chất laser:

- **Laser chất rắn**

- Laser Rubi (hồng ngọc): hoạt chất là tinh thể Alluminium Al_2O_3 có gắn ion Chrom.

- Laser bán dẫn: loại thông dụng nhất hiện nay là laser điốt Gallium arsen

- Laser YAG- Neodym: hoạt chất là yttrium Aluminium Garnet (YAG) và 2-5% nguyên tử Neodym

- **Laser chất khí**

- Laser He-Neon: hoạt chất là khí Heli và Neon

- Laser argon: hoạt chất là khí argon ion hoá bằng phương pháp phóng điện

- Laser CO₂: hoạt chất là phân tử khí CO₂

- Laser Nitơ: hoạt chất là khí Nitơ

- Các loại laser khác: laser hơi đồng, laser hơi vàng, laser excimer...

- **Laser chất lỏng**

Laser màu, với hoạt chất màu pha lỏng trong môi trường khác nhau. Ví dụ là rhodamin 6G.

2.2.3. Tính chất của chùm laser

Bản chất của tia laser là ánh sáng, cho nên tia laser có đầy đủ các tính chất của chùm sáng: giao thoa, nhiễu xạ, phản xạ, khúc xạ...

Với các hoạt chất laser khác nhau, sẽ có λ khác nhau từ miền tử ngoại \rightarrow ánh sáng nhìn thấy \rightarrow hồng ngoại \rightarrow vi sóng. Ngoài ra nó còn có những tính chất sau:

- **Độ đơn sắc rất cao**

Độ rộng phổ của chùm tia laser rất nhỏ ($\Delta\lambda \approx 0,1\lambda_0$) do vậy tia laser có độ đơn sắc rất cao. Laser khác nhau có độ đơn sắc khác nhau, chùm sáng chỉ là một màu và năng lượng tập trung toàn bộ vào màu đó (hay chùm sáng chỉ có một bước sóng).

- **Độ kết hợp rất cao**

Độ kết hợp được đặc trưng bởi thời gian kết hợp và độ dài kết hợp, các laser khí cho bức xạ có độ kết hợp cao nhất. Tính đồng bộ của các photon trong chùm laser là sự kết hợp các photon theo thời gian. Tia laser phát sinh trên cơ sở phát xạ cưỡng bức, các photon giống hệt nhau lại hoạt động đồng bộ theo thời gian và không gian nên tạo ra mật độ công suất độc đáo như khả năng khoan lỗ cực nhỏ, cắt vết nhỏ cực tinh trong thời gian ngắn tới nanô giây (một phần tỷ giây) và những kỹ thuật đo đạc trong ngành quang phổ.

- Độ định hướng cao

Độ định hướng được xác định bởi giá trị của góc mở chùm sáng. Do cấu trúc của buồng cộng hưởng, nên tia laser phát ra hầu như dưới dạng chùm sáng song song. Tuy vậy, do nhiễu xạ nên tia laser có góc mở đạt giá trị cực nhỏ và có thể chiếu xa hàng nghìn kilômet rất cần thiết cho kỹ thuật đo xa, định vị chiếu xạ với độ chính xác rất cao.

- Phát liên tục và phát xung cực ngắn

Nhờ những thành tựu khoa học và công nghệ, ban đầu laser chỉ phát ở chế độ liên tục hoặc chế độ xung, ngày nay cho phép tập trung năng lượng tia laser trong thời gian xung cực ngắn cỡ 1 nanô giây hoặc 1 picô giây (1/ 1000 giây). Điều này có ý nghĩa lớn trong khoa học và y học. Tới nay chỉ có laser có khả năng phát ra thời gian ngắn như vậy.

2.2.4. Ứng dụng của Laser trong y học

Ngày nay, laser được dùng vào nhiều mục đích khác nhau trong y học, kỹ thuật, quân sự, thông tin liên lạc... Các thiết bị laser y học được chia thành hai nhóm chính là nhóm thiết bị chẩn đoán bệnh và nhóm các thiết bị laser điều trị.

- Ứng dụng của laser trong chẩn đoán

Người ta sử dụng laser như nguồn sáng kích thích huỳnh quang của những chất khác nhau trong các ổ chức sống. Do đó, nhờ nghiên cứu phổ huỳnh quang, ta có thể chẩn đoán bệnh một cách chính xác. Thí dụ:

- + Máy cắt lớp laser kết hợp với vi xử lý và computer
- + Phổ Doppler để đo dòng máu sử dụng trong nghiên cứu vi tuần hoàn
- + Phân tích vi phổ phát xạ hoặc kính hiển vi laser...

- Ứng dụng của laser trong điều trị

Các thiết bị laser điều trị gồm 2 loại:

+ Laser công suất thấp (laser mềm): điều trị bằng cách kích thích quang sinh hoá của tổ chức sống giúp bệnh tự khỏi.

+ Laser công suất cao (laser cứng): chùm laser có thể gây hoại tử, quang đông hoặc bốc bay tổ chức tùy thuộc vào công suất, độ hội tụ của laser và khả năng hấp thụ laser của mô. Việc sử dụng các loại laser khác nhau cùng với liều chiếu khác nhau cho phép ta điều trị những căn bệnh khác nhau.

- Laser trong chuyên khoa mắt

Lĩnh vực chuyên khoa mắt vẫn là lĩnh vực ứng dụng có ý nghĩa lớn nhất của laser. Công nghệ hàn bong võng mạc và chữa bệnh glaucoma đã giúp cho hàng triệu người khỏi mù loà.

+ Laser Excimer với bước sóng vùng cực tím xung quanh 200nm để chỉnh độ cong của giác mạc, tạo cơ sở chữa các bệnh loạn thị, viễn thị và cận thị.

+ Laser He-Ne giúp làm giảm nhanh quá trình viêm, đẩy nhanh quá trình biểu mô hoá, phục hồi sự nhạy cảm của giác mạc vì vậy dùng điều trị bỏng nhiệt, bỏng hoá chất, loét giác mạc mắt.

- Laser chữa các tổn thương da

Laser công suất cao đặc biệt là laser CO₂ đã điều trị được các u mạch nông hoàn toàn không sẹo. Nhờ đó, laser trở thành một công cụ không thể thiếu cho chuyên khoa thẩm mỹ da. Laser CO₂, laser Rubi (laser hồng ngọc) với chế độ xung cực ngắn có thể xoá nếp nhăn, nốt ruồi, mụn cơm, sẹo lồi, các vết sạm, tàn nhang, trứng cá, sạm da, sùi mào gà....

Đối với laser công suất thấp (như laser He-Ne) được sử dụng để điều trị các vết loét loét loét dưỡng, các dạng eczema, viêm bì da thần kinh, vẩy nến, trứng cá đỏ... Để nâng cao hiệu quả điều trị, những năm gần đây người ta phối hợp chiếu laser với thuốc cảm quang và chống viêm.

- Laser trong lĩnh vực ngoại khoa

+ Trong phẫu thuật: phương pháp mổ bằng laser ngày càng được áp dụng phổ biến. Người ta dùng chùm tia laser CO₂ có mật độ công suất cao thay cho dao mổ thông thường, chùm laser đó được gọi là dao laser hay dao quang. Sử dụng dao quang trong phẫu thuật an toàn và chính xác hơn nhiều so với dùng dao thường hay dao điện. Ngoài ra đường rạch bằng dao quang thì nhỏ hơn các loại dao thường và cầm máu tốt hơn.

+ Trong tim mạch: hiện nay, thành tựu lớn nhất về ứng dụng laser trong chuyên khoa tim mạch là kỹ thuật tạo hình bằng laser Ecimer. Dùng laser kết hợp với nội soi trong phẫu thuật bằng YAG:Nd có thể tạo hình van và hàn các lỗ thông nhĩ, thông liên thất. Nhờ đó, laser có thể điều trị được các bệnh nhồi máu cơ tim, suy mạch vành nhẹ, cao huyết áp và tai biến mạch máu não.

+ Trong các trường hợp nhiễm trùng ngoại khoa: Do có tác dụng tốt, laser nội mạch được sử dụng rộng rãi với mục đích phòng và điều trị nhiều loại nhiễm trùng ngoại khoa.

+ Ngoài ra, laser còn ứng dụng điều trị các bệnh lý về mạch (như xơ vữa, xơ cứng mạch máu) và điều trị các chứng loạn dưỡng.

- Laser trong lĩnh vực nội khoa

+ Bệnh của cơ quan hô hấp: Phương pháp chiếu laser bên ngoài được thay dần bằng phương pháp chiếu nội khí quản và nội mạch. Chiếu laser He-Ne phối hợp trong điều trị viêm phổi mãn làm bệnh khỏi nhanh hơn: làm tăng sinh hồng cầu, làm ổn định dần các enzym và làm bình thường hoá quá trình trao đổi năng lượng. Chiếu laser nội khí quản cho trẻ em bị viêm phổi không đặc hiệu mãn tính có tác dụng tăng chuyển hoá trong tế bào nhờ đó rút ngắn thời gian điều trị.

+ Bệnh của cơ quan tiêu hoá: laser năng lượng thấp có tác dụng kích thích quá trình tái tạo tổ chức hạt và quá trình biểu mô hoá do đó nó có tác dụng tại chỗ điều trị các tổn thương loét đường tiêu hoá. Ví dụ: điều trị loét dạ dày hành tá tràng bằng laser năng lượng thấp qua ống nội soi có hiệu quả cao.

+ Laser trong các bệnh về khớp: khi chiếu laser ánh sáng đỏ có tác dụng giảm đau và chống viêm ở các bệnh nhân bị bệnh thấp khớp. Chiếu laser cũng có hiệu quả khi điều trị những tổn thương thoái hoá nặng của các khớp lớn và sau tổn thương bộ máy vận động.

- Laser trong đông y và chuyên ngành thần kinh

Người ta đã phát minh ra một loại thiết bị y tế đặc biệt gọi là laser châm cứu. Các hệ laser châm cứu có hiệu quả hơn so với các laser châm cũng như các phương pháp dùng kim thông thường. Đầu bút laser được gắn với hệ thống dò huyết và khi tìm đúng huyết mới bắt đầu chiếu huyết. Nhờ đó, trường hợp chệch huyết là rất hiếm khi xảy ra giúp bệnh nhân không bị đau mà hiệu quả lại cao. Thiết bị này cũng cho phép chiếu nhiều huyết cùng một lúc. Dùng laser châm cứu có thể điều trị được rất nhiều

bệnh như là đau dây thần kinh tam thoa, viêm khớp, đái đường, đái dầm, đau dây thần kinh tọa, đau đầu, mất ngủ cơ năng, đau lưng cơ năng, hen suyễn, phế quản....

Ngoài ra còn sử dụng laser He- Ne nội mạch để điều trị hiệu quả bệnh thần kinh như: điều trị đau dây thần kinh tọa, liệt VII, bệnh Parkinson và tai biến mạch máu não.

- Laser trong điều trị ung thư

Đó là biện pháp điều trị bằng quang động lực, tức là chiếu những chùm laser có bước sóng thích hợp vào các mô và cơ quan để kích thích (hoạt hoá) các hoá chất đã được đưa vào trước đó. Khi ấy các hoá chất đó sẽ có tác dụng diệt bào hoặc kìm hãm sự phát triển của tế bào. Ứng dụng phương pháp này trong điều trị bệnh ung thư (đối với laser màu, laser hơi vàng). Ngoài ra, laser còn được sử dụng trong nhiều chuyên ngành khác như sản khoa và bệnh học giới tính, răng hàm mặt, tai mũi họng....

Tóm lại, laser được ứng dụng rộng rãi trong y học, tùy vào mục đích điều trị mà ta có thể lựa chọn các loại laser khác nhau.

III. BỨC XẠ ION HÓA VÀ ỨNG DỤNG BỨC XẠ ION HÓA TRONG Y HỌC

Bức xạ ion hoá là hiện tượng môi trường vật chất bức xạ ra các ion âm, ion dương và các điện tử tự do một cách trực tiếp hay gián tiếp do sự tương tác giữa các nguyên tử, phân tử của môi trường đó với các nguồn chiếu xạ có năng lượng cao.

- Nguồn gây ra bức xạ ion hoá có thể có sẵn trong tự nhiên (bức xạ tự nhiên) hoặc do con người tạo ra (bức xạ nhân tạo). Trong y sinh học, người ta quan tâm đến hai loại nguồn bức xạ: + Các tia phóng xạ; + Tia Ronghen (tia X).

Bức xạ ion hoá có thể gây nên những tác động ảnh hưởng đến cấu trúc, chức năng sinh lý của các cơ thể sống.

A. Hiện tượng phóng xạ

Hiện tượng phóng xạ là hiện tượng hạt nhân của nguyên tử tự biến đổi (tự phân rã) để trở thành hạt nhân của nguyên tố khác hoặc từ 1 trạng thái có mức năng lượng cao về trạng thái có mức năng lượng thấp hơn. Trong quá trình biến đổi đó hạt nhân phát ra tia có năng lượng cao gọi là tia phóng xạ hay bức xạ hạt nhân.

1. Phóng xạ đối với cơ thể sống

1.1. Con người và phóng xạ

Muốn đánh giá một cách chính xác những nguy cơ có liên quan đến các bức xạ ion hóa, cần phải xét đến sự chiếu xạ tự nhiên mà con người hàng ngày nhận được. Tất

cả sinh vật trên trái đất đều thích nghi và có khả năng sửa chữa đến một mức độ nào đó những tổn thương do chiếu xạ tự nhiên gây ra.

Hàng ngày con người nhận được các bức xạ ion hóa từ các nguồn khác nhau (Nguồn CEA - ủy hội năng lượng nguyên tử Pháp):

- + Phóng xạ đến từ các tia vũ trụ, mặt trời và trái đất: 60%
- + Phóng xạ từ các điều trị y tế: 28%
- + Phóng xạ của chính cơ thể con người: 10%
- + Phóng xạ từ các nguồn nhân tạo khác: 2%.

Đối với các nguồn chiếu xạ từ bên ngoài cơ thể, tia vũ trụ là nguồn chiếu xạ quan trọng nhất. Các bức xạ này đến từ không gian bên ngoài trái đất, đặc biệt là mặt trời. Lớp vỏ khí quyển trái đất là lớp bảo vệ hữu hiệu con người dưới tác động của các tia vũ trụ này. Khi ta lên cao thì liều chiếu xạ bởi các tia vũ trụ này sẽ tăng lên. Liều chiếu xạ tăng lên gấp 100 lần đối với người khi đi trên máy bay đường dài, so với đi trên mặt nước biển.

Các nguyên tố phóng xạ chứa trong đất chủ yếu là Uran, Heli, Kali, Cacbon... Một số vùng trên thế giới, nơi chứa nhiều đá granit, liều chiếu xạ sẽ lớn hơn so với các vùng khác. Tính toán cho thấy, trong 1 tấn granit có khoảng 3 gram Uran và các đồng vị phóng xạ khác.

Những chất khí phóng xạ thoát ra từ một số sản phẩm phân rã Uran chứa trong đất như Radon, hay Kali, Chi trong thức ăn mà chúng ta hấp thu một phần vào cơ thể cũng gây ra trong cơ thể một liều phóng xạ lớn nhất - Phóng xạ từ bên trong.

Nguồn chiếu xạ nhân tạo: liều lượng chiếu xạ lớn nhất con người nhận được từ nguồn chiếu xạ nhân tạo là từ các hoạt động y tế (X-quang...), sau đó là các hoạt động công nghiệp phi hạt nhân: Đốt than đá, sử dụng phân bón Kali, đồng hồ kim dạ quang... Cuối cùng là các hoạt động hạt nhân: nhà máy tái chế biến chất thải hạt nhân, bụi rơi từ các cuộc thử vũ khí hạt nhân trước đây và của tai nạn Chernobyl... Trung bình một năm mỗi người chúng ta nhận một liều chiếu xạ tương đương khoảng 2,5 mili Sivert.

Các nguyên tố phóng xạ hiện diện trên trái đất phát ra các bức xạ alpha, beta, gamma và các hạt neutron.

1.2. Tính chất của tia phóng xạ

Tia phóng xạ bao gồm những hạt vi mô tích điện (hạt α , hạt β^+ , β^-) và bức xạ điện từ (tia γ) được sinh ra do sự biến đổi của hạt nhân nguyên tử.

** Tính chất hạt α*

- Chùm hạt α phát ra từ một chất phóng xạ thì có năng lượng như nhau, nên người ta nói chùm hạt α có tính chất đơn năng, hạt α phát ra từ các nguyên tố phóng xạ khác nhau có năng lượng từ 4-9 Mev.

- Khả năng đâm xuyên của hạt α không cao. Quãng chạy (đoạn đường thực hiện quá trình oxy hoá) trong chất khí khoảng 2,5-9 cm, trong cơ thể khoảng 0,04 mm. Vì vậy chỉ cần một lớp giấy mỏng có thể cản lại tia α .

- Hạt α có khả năng ion hoá rất lớn, trên quãng chạy của nó trong chất khí có thể tạo ra từ 100000 đến 250000 cặp ion, trung bình tạo ra 40000 cặp ion/ 1 cm, càng về cuối quãng chạy khả năng ion hoá càng tăng lên.

- Năng lượng của hạt tới sẽ giảm đi sau mỗi lần ion hoá và cuối cùng nhận thêm 2 điện tử để biến thành nguyên tử Heli.- Hạt α là hạt mang điện nên quỹ đạo của nó trong từ trường là một đường cong.

** Tính chất hạt β*

- Hạt β có vận tốc khoảng (1-3). 10^8 m/s, tia có năng lượng lớn nhất đạt tới 90% vận tốc ánh sáng. Hạt β của các chất phóng xạ có giá trị năng lượng cực đại trong khoảng 1,1-3 Mev.

- Do khối lượng của hạt β nhỏ nên khi tương tác với vật chất quỹ đạo của hạt β là một đường gấp khúc. Vì thế không xác định được quãng chạy của tia β mà chỉ xác định được chiều dày của lớp vật chất mà nó đi qua.

- Khả năng đâm xuyên của hạt β tốt hơn hạt α . Trong không khí hạt β có quãng chạy từ 10 cm đến vài mét, trong cơ thể nó đi được khoảng 5 mm. Do chùm β không đơn năng nên khi sử dụng người ta chỉ cần dùng một miếng nhôm có độ dày mỏng khác nhau để lọc bớt nhằm thu được mức năng lượng mong muốn.

- Khả năng ion hoá môi trường kém hơn so với hạt α , trong không khí hạt β tạo ra từ 10.000 đến 25.000 ion, trung bình nó tạo ra khoảng 75 cặp ion/ 1 cm quãng chạy.

- Năng lượng của hạt tới sẽ giảm đi sau mỗi lần ion hoá và cuối cùng đạt tới mức năng lượng của chuyển động nhiệt thì không còn khả năng gây ion hoá và kích thích nguyên tử. Hạt β^- sẽ trở thành một điện tử tự do hoặc kết hợp với một ion dương

hay một nguyên tử nào đó trong vật chất. Hạt β^+ sẽ kết hợp với một điện tử tự do để biến thành 2 lượng tử gamma.

- Hạt β^- bị tác dụng trong từ trường, quỹ đạo của hạt β^- là một đường cong ngược chiều với quỹ đạo của hạt β^+ và hạt α .

**Tính chất tia γ*

- Tia γ là dòng photon có năng lượng lớn, bước sóng ngắn. Năng lượng cực đại trong khoảng 1,1-3,5 Mev.

- Tia γ có khả năng đâm xuyên rất lớn, trong không khí có thể đi được từ 10 đến hàng trăm mét, trong chất hữu cơ nó xuyên vào được rất sâu, nó dễ dàng xuyên qua cơ thể con người. Thực tế người ta dùng vật liệu là chì và bê tông có độ dày lớn để cản lại tia γ .

- Khả năng ion hoá của tia γ không cao, trên quãng đường trong không khí chỉ tạo ra từ 10 đến 250 cặp ion.

- Khi tác động vào môi trường vật chất thì truyền hết năng lượng qua một lần tương tác, sản phẩm của quá trình tương tác là các hạt vi mô tích điện có năng lượng lớn lại tiếp tục ion hoá vật chất. Vì vậy tia γ có tác dụng ion hoá gián tiếp vật chất.

- Tia γ có bản chất là sóng điện từ nên trong từ trường nó không bị tác dụng, đường đi của tia là một đường thẳng.

Tùy theo cách mà bức xạ tác động lên cơ thể con người, người ta chia ra làm hai kiểu chiếu xạ: Chiếu xạ từ bên ngoài và chiếu xạ từ bên trong.

Chiếu xạ từ bên ngoài: Nguồn chiếu xạ nằm ngoài cơ thể con người. Việc chiếu xạ xảy ra khi con người nằm trên đường đi của các tia bức xạ phát ra từ một thiết bị phát bức xạ hay các chất phóng xạ nằm bên ngoài cơ thể con người. Việc chiếu xạ có thể xảy ra đối với toàn bộ cơ thể hoặc đối với một phần cơ thể con người. Nó ngừng lại khi cơ thể con người không nằm trên đường đi của bức xạ nữa.

Chiếu xạ từ bên trong: Chiếu xạ xảy ra khi chất phóng xạ nằm bên trong cơ thể, những chất này gây ra sự chiếu xạ từ bên trong. Các chất phóng xạ này có thể vào bên trong cơ thể con người bằng đường hô hấp, ăn uống, tổn thương da, sau đó la truyền bên trong cơ thể. Sự nhiễm xạ này chỉ hết khi chất phóng xạ bị đào thải ra khỏi cơ thể do sự bài tiết và suy giảm cường độ phóng xạ.

2. Chiếu xạ tác động lên cơ thể người

Bức xạ ion hoá tác dụng lên các cơ thể sống sẽ gây ra những thương tổn và các hiệu ứng làm rối loạn chức năng sinh lý của chúng. Tuy nhiên độ nhạy cảm của các cơ thể sống trước bức xạ ion hoá và khả năng hồi phục sau chiếu xạ không giống nhau.

2.1. Các tổn thương sớm

Các tổn thương sớm thường xuất hiện khi cơ thể bị chiếu những liều cao trong một khoảng thời gian ngắn. Biểu hiện của tổn thương sớm ở một số cơ quan:

- *Thần kinh trung ương*: Với liều chiếu rất cao gây chết ngay trong vài phút hay vài giờ sau chiếu xạ chủ yếu do các rối loạn của hệ thần kinh trung ương.

- *Máu và cơ quan tạo máu*: Mô lympho và tuỷ xương là những tổ chức nhạy cảm cao với bức xạ. Sau chiếu xạ liều cao chúng có thể ngừng hoạt động và số lượng tế bào trong máu ngoại vi giảm xuống nhanh chóng. Mức độ tổn thương và thời gian kéo dài tổn thương phụ thuộc vào liều chiếu và thời gian chiếu. Biểu hiện lâm sàng ở đây là các triệu chứng xuất huyết, phù, thiếu máu. Xét nghiệm máu cho thấy giảm số lượng limpho, bạch cầu hạt, tiểu cầu và hồng cầu. Xét nghiệm tuỷ xương thấy giảm sinh sản cả 3 dòng, sớm nhất là dòng hồng cầu.

- *Hệ tiêu hoá*: Chiếu xạ liều cao làm tổn thương niêm mạc ống vị tràng gây ảnh hưởng đến việc tiết dịch của các tuyến tiêu hoá với các triệu chứng như ỉa chảy, sút cân, nhiễm độc máu, giảm sức đề kháng của cơ thể. Những thay đổi trong hệ thống tiêu hoá thường quyết định hậu quả của bệnh phóng xạ.

- *Da*: Sau chiếu xạ liều cao thường thấy xuất hiện các ban đỏ trên da, viêm da, sạm da. Các tổn thương này có thể dẫn tới viêm loét, thoái hoá, hoại tử da hoặc phát triển các khối u ác tính ở da.

- *Cơ quan sinh dục*: Các tuyến sinh dục có độ nhạy cảm cao với bức xạ. Cơ quan sinh dục nam nhạy cảm với bức xạ cao hơn cơ quan sinh dục nữ. Liều chiếu 1Gy lên cơ quan sinh dục có thể gây vô sinh tạm thời ở nam, liều 6 Gy gây vô sinh lâu dài ở cả nam và nữ.

- *Sự phát triển ở phôi thai*: Những bất thường có thể xuất hiện trong quá trình phát triển phôi thai và thai nhi khi người mẹ bị chiếu xạ trong thời gian mang thai, đặc biệt trong giai đoạn đầu, với các biểu hiện như xẩy thai, thai chết lưu, hoặc sinh ra những đứa trẻ bị dị tật bẩm sinh.

2.2. Các hiệu ứng muộn

Hiệu ứng muộn thường gặp ở những người bị chiếu xạ thấp và trường diễn do nghề nghiệp phải thường xuyên tiếp xúc với phóng xạ. Các hiệu ứng muộn chia làm 2 loại:

- *Hiệu ứng sinh thể*: giảm tuổi thọ, đục thủy tinh thể, tần số xuất hiện các bệnh ung thư cao hơn bình thường. Các bệnh ung thư thường gặp là ung thư máu, ung thư xương, ung thư da, ung thư phổi...

- *Hiệu ứng di truyền*: tăng tần số xuất hiện các đột biến về di truyền, dị tật bẩm sinh, quái thai.

2.3. Tác dụng của bức xạ ion hóa lên tế bào

Dưới tác dụng của bức xạ ion hoá, tế bào có thể lâm vào tình trạng:

- Chết do tổn thương nặng ở nhân và nguyên sinh chất.
- Ngừng phân chia do tổn thương chất liệu di truyền.
- Tế bào không phân chia được nhưng số nhiễm sắc thể vẫn tăng lên gấp đôi và trở thành tế bào khổng lồ.

- Tế bào vẫn phân chia thành hai tế bào mới nhưng có sự rối loạn trong cơ chế di truyền. Trong tế bào, những thành phần nhạy cảm nhất với bức xạ ion hoá là màng, ty lạp thể và lưới nội nguyên sinh. Trên cùng một cơ thể, các tế bào khác nhau có độ nhạy cảm phóng xạ cũng khác nhau. Độ nhạy cảm của tế bào thường không cố định mà thay đổi tùy thuộc vào rất nhiều yếu tố. Qua nghiên cứu thực nghiệm, hai nhà bác học Bergonir và Tribondeau đã đưa ra định luật sau: "Độ nhạy cảm của tế bào trước bức xạ tỷ lệ thuận với khả năng sinh sản và tỷ lệ nghịch với mức độ biệt hoá của chúng". Như vậy những tế bào non đang trưởng thành (tế bào phôi), tế bào sinh sản nhanh, dễ phân chia (tế bào của cơ quan tạo máu, niêm mạc ruột, tinh hoàn, buồng trứng...) thường có độ nhạy cảm phóng xạ cao. Tế bào ung thư có khả năng sinh sản mạnh, tính biệt hoá kém nên cũng nhạy cảm cao hơn so với tế bào lành xung quanh. Tuy nhiên, trong cơ thể không phải tất cả các tế bào đều tuân theo định luật trên, cũng có một số trường hợp ngoại lệ: tế bào thần kinh thuộc loại không phân chia, phân lập cao nhưng cũng rất nhạy cảm với phóng xạ, hoặc tế bào limpho không phân chia, biệt hoá hoàn toàn nhưng nhạy cảm cao với phóng xạ.

3. Hiệu ứng sinh học của bức xạ

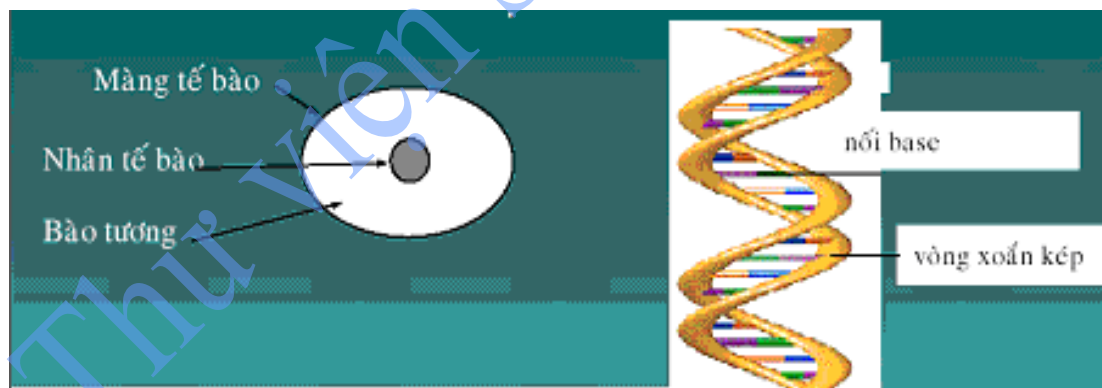
3.1. Tác dụng sinh học của điều trị tia xạ

Cơ thể người cấu tạo từ các cơ quan như tim, phổi, não,... Các cơ quan được cấu tạo từ các mô như mô mỡ, da, xương ... Các mô được cấu tạo từ các tế bào. Tế bào là đơn vị sống cơ bản, kích thước tế bào khoảng 20micromet. Trong cơ thể con người có khoảng 10^{13} đến 10^{14} tế bào. Tương tác giữa các bức xạ và cơ thể sống sẽ gây nên những thay đổi trong tế bào hay gây đột biến dẫn đến hoạt động bất bình thường, chẳng hạn phát triển nhanh chóng một cách hỗn loạn dẫn đến ung thư.

Tế bào gồm có một nhân ở giữa, một chất lỏng bao quanh gọi là bào tương, bao bọc quanh bào tương là một màng gọi là màng tế bào. Mỗi bộ phận thực hiện chức năng riêng rẽ.

- Màng tế bào thực hiện trao đổi chất với môi trường ngoài.
- Bào tương là nơi xảy ra các phản ứng hóa học, bẻ gãy các phân tử phức tạp thành các phân tử đơn giản và lấy năng lượng nhiệt tỏa ra (đị hóa), hay tổng hợp các phân tử cần thiết cho tế bào.
- Trong nhân có ADN là một đại phân tử hữu cơ chứa các thông tin quan trọng để thực hiện sự tổng hợp chất.
- ADN cũng chứa thông tin cần thiết để điều khiển việc phân chia tế bào.

Tác dụng của sinh học chính của bức xạ là sự phá hỏng ADN của tế bào.



Hình 1.1. Cấu tạo tế bào của cơ thể người

2.2. Cơ sở sinh học của điều trị tia xạ

Năm (1943), tác giả Albert Bechem đã xuất bản cuốn sách “các nguyên tắc liều lượng Radium, và tia X”, được xem là cơ sở sinh học phóng xạ:

Vùng tế bào có tỉ lệ máu lớn hơn, nhạy cảm tia xạ hơn. Các tế bào cơ thể trong giai đoạn phân chia nhạy cảm với tia xạ nhất. Ngày nay ta còn áp dụng phương pháp tăng oxy, tăng nhiệt ở vùng chiếu tia. Để đề ra các kỹ thuật chỉ định tia xạ, người ta

dựa trên các pha “phase” phân chia của tế bào, trên sự phản ứng của các chất gian bào, hình 1-2 (trong việc bảo vệ các tổ chức lành).

Tất cả các kỹ thuật điều trị tia xạ đều nhằm đạt được một liều lượng tối đa tại khối u, giảm đến tối thiểu liều ở các mô lành xung quanh. Muốn vậy phải dựa trên sự khác nhau về độ nhạy cảm tia xạ của các tế bào u, tế bào lành và vào loại tế bào cụ thể. Tế bào biệt hóa kháng tia hơn loại không biệt hóa. Phân bố hợp lý tổng liều điều trị và liều lượng mỗi lần chiếu.

Chu kỳ sinh sản tế bào:

Sự tổng hợp S (Synthesis).

Phân chia M (Mitotic).

Sau phân chia G_1 :

+ S: Pha này kéo dài từ $1,5 \div 36^h$, trung

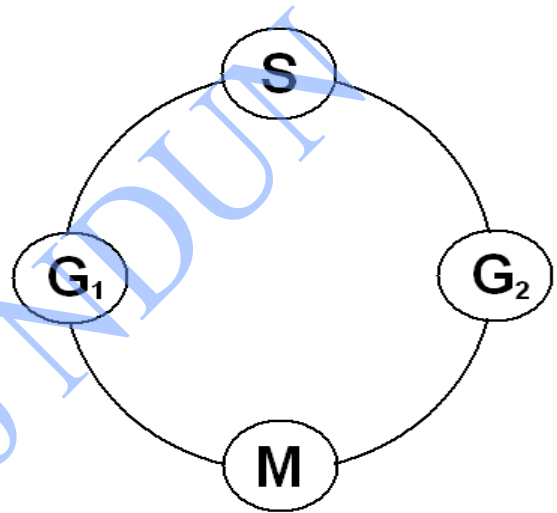
bình 8^h , kháng tia.

+ G_2 : $30 \div 1,5^h$

+ M: $30 \div 2,5^h$ nhạy cảm tia nhất.

+ G_1 : Kéo dài hàng tháng.

Chu kỳ sinh sản của tế bào được đưa trong hình 1-2.



Khi bức xạ xuyên vào trong các mô tế bào của cơ thể sống, nó tương tác chủ yếu thông qua các quá trình ion hóa. Kết quả của quá trình ion hóa trong tế bào là tạo ra các cặp ion có khả năng phá hoại cấu trúc phân tử của tế bào, làm tế bào bị biến đổi hoặc bị tiêu diệt.

Đối với con người, cấu tạo mô cơ thể chủ yếu là nước. Khi bị chiếu xạ, phân tử H_2O bị ion hóa, phân chia thành các cặp H^+ và OH^- , các ion này bị kích thích lại tạo ra các ion khác, ... năng lượng của bức xạ khi đi qua cơ thể người càng lớn thì số lượng ion tạo ra càng nhiều. Các ion này gây ra phản ứng rất mạnh, tác động trực tiếp tới các phân tử sinh học phổ biến là protein, lipid, ADN làm cho cấu trúc của phân tử này bị sai hỏng gây ra những hậu quả:

* Kìm hãm hoặc ngăn cản sự phân chia tế bào

* Làm sai sót nhiễm sắc thể dẫn tới việc tế bào bị chết hoặc bị biến đổi chức năng hoặc gây đột biến gen, đó là do các tổn thương sau đó có thể làm mất hoặc sắp xếp lại các vật chất di truyền trên phân tử AND.

* Làm chết tế bào. Trong đó quá trình làm chết tế bào là quá trình quan trọng nhất trong việc điều trị ung thư.

2.3. Tương tác của bức xạ ion hóa với cơ thể sống

Khi bức xạ tác dụng lên cơ thể, chủ yếu gây ra tác dụng ion hóa, tạo ra các cặp ion hóa có khả năng phá hoại cấu trúc phân tử của các tế bào làm cho các tế bào bị biến đổi hay hủy diệt. Trên cơ thể con người chủ yếu (>85%) là nước. Khi bị chiếu xạ H₂O trong cơ thể phân chia thành H⁺ và OH⁻. Bản thân các cặp H⁺, OH⁻ này tạo thành các bức xạ thứ cấp, tiếp tục phá hủy tế bào, sự phân chia tế bào sẽ chậm đi hoặc dừng lại.

Tác dụng trực tiếp của tia xạ lên sự phá hủy diệt tế bào chỉ vào khoảng 20%. Còn lại chủ yếu là do tác dụng gián tiếp.

Năng lượng và cường độ bức xạ khi đi qua cơ thể con người nói riêng hay đi qua cơ thể sinh vật nói chung giảm đi do sự hấp thụ năng lượng của các tế bào. Sự hấp thụ năng lượng của tế bào thường dẫn tới hiện tượng ion hóa các nguyên tử của vật chất sống và hậu quả là tế bào bị phá hủy.

Nói chung năng lượng của bức xạ càng lớn, số cặp ion hóa do chúng tạo ra càng nhiều. Thông thường các hạt mang điện có năng lượng như nhau. Tuy nhiên, tùy thuộc vào vận tốc của hạt nhanh hay chậm mà mật độ ion hóa có thể khác nhau. Tia alpha thường có vận tốc nhỏ hơn tia beta nhưng lại có khả năng ion hóa nhanh hơn.

Chúng ta hãy xem xét kỹ hơn quá trình này

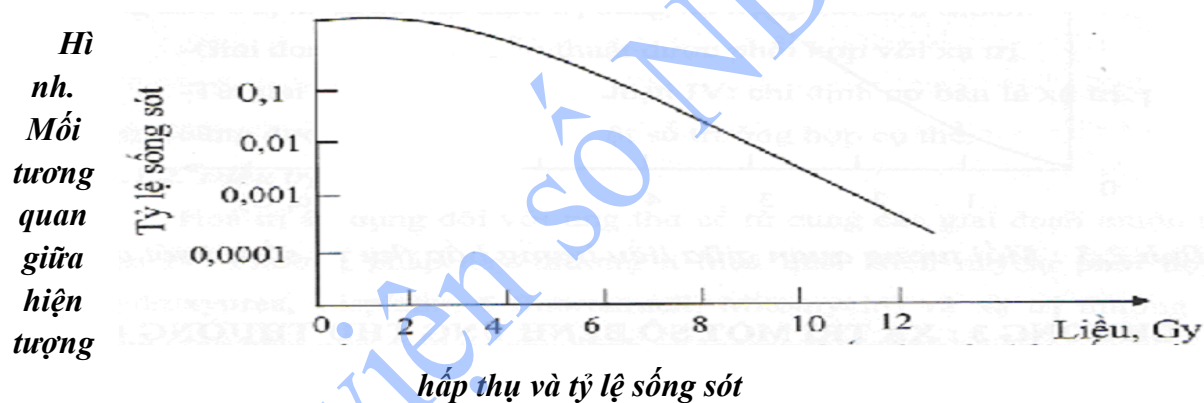
1. Sự ngăn cản phân chia tế bào: tế bào có thể sinh ra và nhân lên về số lượng trong quá trình phân chia tế bào. Đây là một chức năng cơ bản của một cơ thể sống bất kỳ. Ngay ở cơ thể người lớn, quá trình phân chia tế bào vẫn thường xuyên diễn ra để thay thế cho các tế bào đã chết. Những chỗ tổn thương do bức xạ có thể kìm hãm hoặc ngăn cản quá trình phân chia tế bào, và như vậy làm suy yếu chức năng của tế bào và cơ thể.

2. Sự sai sót của nhiễm sắc thể: Bức xạ có thể phá hủy nhiễm sắc thể. Đa số các trường hợp tổn thương thường được hàn gắn và không có hậu quả gì gây ra. Tuy nhiên trong một số tổn thương có thể làm mất hoặc sắp xếp lại các vật chất di truyền, những

bộ phận này có thể quan sát được qua kính hiển vi. Những sự cố như vậy được gọi là những sai sót của nhiễm sắc thể. Những sai sót xác định có thể làm chết tế bào hoặc biến đổi một chức năng của tế bào. Tần số xuất hiện kiểu sai sót của nhiễm sắc thể có một mối tương quan xác định đối với liều lượng và do đó người ta có thể sử dụng chúng như là những liều lượng kế sinh học.

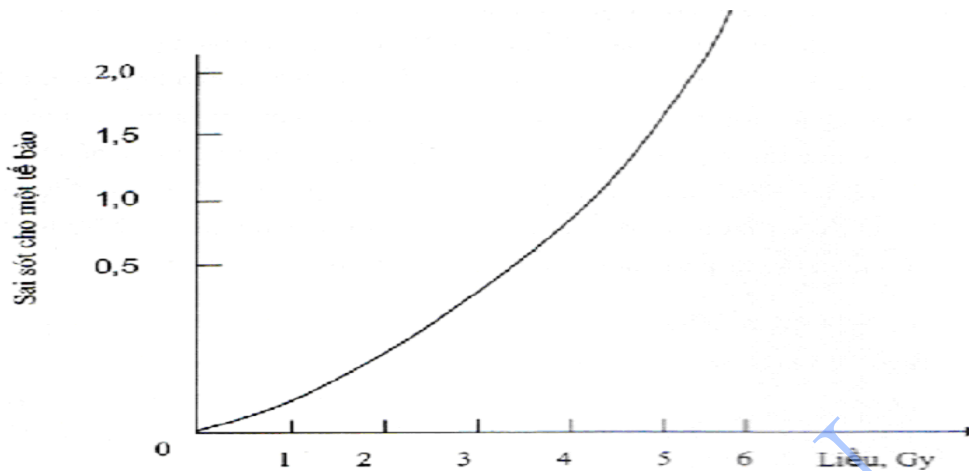
3. Đột biến gen: Sự thay đổi lượng thông tin trong gen được biết với thuật ngữ biến đổi gen. Sự hỏng hóc của nhiễm sắc thể có thể dẫn đến đột biến gen.

4. Sự chết của tế bào: Quá trình chiếu xạ có thể làm chết tế bào hoặc có thể dẫn tới tất cả hiệu ứng trên. Quá trình chết tế bào là quá trình quan trọng nhất trong điều trị bệnh ung thư. Quá trình này thường được biểu diễn bằng tỷ lệ sống sót của tế bào sau khi chiếu một liều xác định. Hiệu ứng – liều đối với tỷ lệ sống sót của tế bào sau khi chiếu được biểu diễn trên hình. Ở mức liều thấp, đường cong có một đoạn suy giảm chậm. Khoảng này tương ứng với khả năng tự phục hồi của tế bào bị tổn thương.



Tuy nhiên ở liều cao hơn, khả năng sửa chữa của tế bào đạt ở mức bão hòa, tỷ lệ sống sót giảm rất nhanh theo quy luật hàm mũ. Hình 1-4 chỉ sự phụ thuộc độ sai sót của nhiễm sắc thể vào liều lượng. Các mối tương quan hiệu ứng - liều tương tự cũng quan sát thấy đối với hiệu ứng đột biến.

Tùy theo liều lượng bức xạ do cơ thể hấp thụ ít hay nhiều mà các biến đổi nói trên có thể được phục hồi. Ngoài các yếu tố liều lượng, tác hại của bức xạ còn phụ thuộc vào yếu tố thời gian. Cùng với một liều lượng bức xạ, nếu cơ thể hấp thụ làm nhiều lần, thì các biến đổi về bệnh lý ít xảy ra hơn so với trường hợp hấp thụ ngay một lúc. Nguyên nhân này liên quan tới khả năng tự phục hồi của tế bào ở cơ thể sống.



Hình . Mối tương quan giữa liều hấp thụ và sai sót của nhiễm sắc thể

4. Ứng dụng của tia phóng xạ trong y học và an toàn phóng xạ

4.1. Ứng dụng của tia phóng xạ trong chẩn đoán

- *Cơ sở:* dựa trên cơ sở phương pháp nguyên tử đánh dấu và sự hấp thụ bức xạ khác nhau giữa các tế bào và mô cũng như mô lành và mô bệnh.

- *Yêu cầu:* lựa chọn các đồng vị phóng xạ có độc tính phóng xạ thấp, dễ thu nhận bằng các máy đo xạ, chu kỳ bán rã không ngắn quá hoặc dài quá, thải trừ khỏi cơ thể trong một thời gian không dài. Ví dụ: P_{32} có $T = 14,5$ ngày, phát tia β có năng lượng 1,7 MeV. Dùng để chẩn đoán và điều trị bệnh về máu, điều trị giảm đau do di căn ung thư xương,... I_{131} có $T = 8,05$ ngày, phát tia β có năng lượng 0,2 MeV và tia γ có năng lượng 0,008; 0,282; 363; 0,637 MeV. Dùng để chẩn đoán chức năng tuyến giáp, chức năng thận, hấp thụ ở đường tiêu hoá...

- *Phân loại:* phương pháp chẩn đoán bằng đồng vị phóng xạ được phân thành 2 nhóm chính: + Chẩn đoán trên toàn bộ cơ thể bệnh nhân (in vivo); + Chẩn đoán bằng các dịch thể sinh vật như nước tiểu, máu hay tổ chức tế bào (in vitro).

- *Các phương pháp chẩn đoán:* dựa theo tính chất kỹ thuật và phương tiện nghiên cứu người ta chia thành 4 phương pháp sau:

+ Xạ kế trên ống nghiệm: Là phương pháp xác định độ phóng xạ trên các mẫu (xạ kế in vitro). Tùy theo yêu cầu chẩn đoán mà người ta đưa các đồng vị phóng xạ vào cơ thể, sau đó lấy ra các mẫu máu, nước tiểu, dịch thể sinh vật... Căn cứ vào trang bị máy móc có thể đo được toàn bộ khối lượng dịch thể hoặc chỉ đo 1 phần nhỏ rồi tính ra độ phóng xạ toàn bộ (Ví dụ: xác định lượng máu lưu hành trong cơ thể).

+ Xạ kế lâm sàng: Dùng để theo dõi sự tích tụ chất phóng xạ ở một tổ chức cơ quan nào đó của cơ thể. Ví dụ: Đo độ tập trung Iode tại tuyến giáp, mức độ hấp thụ Na

ở các tổ chức và mô,... Thường dùng trong các trường hợp cần đo xạ một lần hoặc nhiều lần cách nhau những khoảng thời gian nhất định. Giá trị đo được biểu thị bằng tỷ số phần trăm so với tổng số lượng chất phóng xạ đưa vào hoặc so với độ phóng xạ ở khu vực lành cần đối chứng.

+ Xạ ký lâm sàng: ở phương pháp này sau khi khuyếch đại người ta thay bộ tự ghi cho bộ đếm xung do đó kết quả do hoạt tính phóng xạ được biểu diễn thành một đường cong liên tục theo thời gian như xạ thận đồ, xạ tâm đồ, xạ não đồ....

+ Xạ hình: là phương pháp ghi hình ảnh sự phân bố của phóng xạ ở bên trong các phủ tạng bằng cách đo hoạt độ phóng xạ của chúng từ bên ngoài cơ thể. Phương pháp này được tiến hành qua 2 bước:

- Đưa được chất phóng xạ (DCPX) và DCPX đó phải tập trung được ở những mô, cơ quan định nghiên cứu và phải được lưu giữ ở đó một thời gian đủ dài.
- Sự phân bố trong không gian của DCPX sẽ được ghi thành hình ảnh. Hình ảnh này được gọi là xạ hình đồ, ghi hình nhấp nháy. Xạ hình không chỉ là phương pháp chẩn đoán hình ảnh đơn thuần về hình thái mà nó còn giúp ta hiểu và đánh giá được chức năng của cơ quan, phủ tạng và một số biến đổi bệnh lý khác.

4.2. Ứng dụng của tia phóng xạ trong điều trị

- *Cơ sở:* của việc dùng đồng vị phóng xạ trong điều trị là hiệu ứng sinh vật học của các bức xạ ion hoá trên cơ thể sống. Độ nhạy cảm phóng xạ của các loại tế bào và mô rất khác nhau, đặc biệt tế bào ung thư là những tế bào đang phát triển mạnh rất nhạy cảm với tia xạ. Do vậy nếu chiếu cùng một liều bức xạ thì tiêu diệt được mô ung thư còn mô bình thường không có biến đổi gì nguy hiểm. Đó cũng chính là nguyên tắc điều trị bằng tia phóng xạ.

- *Các phương pháp điều trị:*

+ Điều trị chiếu ngoài: Sử dụng máy phát tia γ cứng và các máy gia tốc để huỷ diệt các tổ chức bệnh. Đây là phương pháp chủ yếu trong điều trị ung thư. Mục tiêu là phải đưa được một liều xạ mạnh để tiêu diệt tế bào ung thư mà không ảnh hưởng đến tế bào lành, do vậy phải chiếu phân đoạn thành nhiều liều nhỏ và chiếu từ nhiều phía. Ví dụ: Sử dụng tác dụng sinh học của tia Gamma từ nguồn Co_{60} hay tia X từ máy gia tốc vòng,... để điều trị nhiều loại ung thư như ung thư vòm họng, ung thư vú, ung thư bàng quang...

+ Điều trị áp sát: Dùng dao Gamma để điều trị các bệnh máu hay điều trị các tổ chức ngoài da (u máu nông) bằng tấm áp P₃₂. Phương pháp đưa nguồn tới sát vị trí cần chiếu qua một hệ thống ống dẫn gọi là phương pháp điều trị áp sát nạp nguồn sau. Ví dụ: điều trị áp sát để điều trị nhiều loại ung thư, đặc biệt ung thư ở các hốc tự nhiên của cơ thể như ung thư trực tràng, ung thư cổ tử cung,...

+ Điều trị chiếu trong (điều trị bằng nguồn hờ). Nguyên lý của phương pháp: dựa trên định đề Henvesy (1934): Cơ thể sống không phân biệt các đồng vị của cùng một nguyên tố. Điều đó có nghĩa là khi đưa vào cơ thể sống các đồng vị của cùng 1 nguyên tố thì chúng cùng tham gia vào các phản ứng sinh học và cùng chịu chung 1 số phận chuyển hoá. Vì vậy, khi biết 1 nguyên tố hoá học hoặc 1 chất nào đó tham gia vào quá trình chuyển hoá ở 1 tổ chức hoặc 1 cơ quan nào đó của cơ thể, thuốc phóng xạ tập trung tại tổ chức bệnh sẽ phát huy tác dụng điều trị. Ví dụ:

- Điều trị các bệnh lý tuyến giáp trạng (Basedow, ung thư,...) bằng I-131: Phương pháp này sử dụng tác dụng sinh học của bức xạ β của nguồn phóng xạ để tiêu diệt tế bào tuyến giáp. Do tuyến giáp hấp iode, nên khi bệnh nhân được uống iode phóng xạ, thuốc sẽ tập trung tại tuyến giáp và tổ chức di căn để tiêu diệt tế bào bệnh. Bức xạ β có quãng đường đi trong mô ngắn cỡ vài cm, do đó chỉ có tác dụng tại chỗ mà không ảnh hưởng đến tế bào lành xung quanh.

- Điều trị giảm đau do di căn ung thư xương bằng P-32, Sr-89, Sm-153.... Đây là phương pháp điều trị giảm đau hiệu quả, không gây nghiện, tác dụng của thuốc kéo dài.

- Ngoài ra, dược chất phóng xạ còn được dùng để điều trị nhiều bệnh lý khác. Như các bệnh máu (đa u tủy, bệnh bạch huyết, bệnh đa hồng cầu...) hay một số ung thư không có chỉ định phẫu thuật và hoá trị liệu...

4.2. An toàn phóng xạ

Nhiệm vụ cơ bản của công tác an toàn phóng xạ là đảm bảo an toàn cho người sử dụng, người được sử dụng cũng như đảm bảo sự trong sạch của môi trường về phương diện phóng xạ.

Tại các cơ sở điều trị ung thư bằng tia xạ, nguồn phóng xạ chủ yếu là nguồn kín (nguồn Coban-60, máy gia tốc...) thì vấn đề an toàn là đề phòng nguy cơ bị chiếu ngoài.

Tại các cơ sở y học hạt nhân, chúng ta tiếp xúc chủ yếu với các nguồn phóng xạ hờ (dạng nước, dạng bột hay dạng khí). Khi làm việc với các nguồn phóng xạ hờ,

ngoài việc đề phòng nguy cơ bị chiếu ngoài như khi làm việc với các nguồn phóng xạ kín còn phải đề phòng nguy cơ bị các chất phóng xạ xâm nhập vào bên trong cơ thể (nhiễm xạ trong).

4.2.1. Các nguyên tắc làm việc với nguồn phóng xạ kín

Nguồn phóng xạ kín là nguồn có kết cấu kín và chắc chắn không để chất phóng xạ lọt ra ngoài môi trường khi sử dụng, bảo quản và cả khi vận chuyển các nguồn bức xạ kín như các nguồn Co^{60} , Cs^{137} , kim Radi để điều trị ung thư. Vì vậy khi làm việc với nguồn kín cần tuân thủ các biện pháp chống chiếu ngoài sau:

* **Giảm thời gian tiếp xúc với bức xạ:** Rút ngắn thời gian tiếp xúc với phóng xạ là biện pháp đơn giản nhưng rất có hiệu quả để giảm liều chiếu. Vì vậy nhân viên thao nghề là yếu tố quan trọng để giảm thời gian tiếp xúc với phóng xạ. Muốn vậy, nhân viên phải luyện tập thao tác rất thành thạo và chuẩn bị kỹ lưỡng trước khi bắt đầu công việc tiếp xúc với phóng xạ.

* **Tăng khoảng cách từ nguồn tới người làm việc:** Đây là một biện pháp đơn giản và đáng tin cậy vì cường độ bức xạ giảm tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách. Thường dùng các thiết bị thao tác từ xa. Trong những cơ sở đặc biệt có sử dụng nguồn bức xạ có hoạt tính cao, thường dùng người máy hoặc các thiết bị điều khiển tự động (máy xạ trị).

* **Che chắn bức xạ:** Khi không thể kéo dài khoảng cách hơn nữa hoặc thấy chưa an toàn người ta dùng các tấm chắn để hấp thụ một phần năng lượng của bức xạ. Thông thường, người ta chia làm các loại tấm chắn như sau:

- Tấm chắn dạng bình chứa (côngtenơ): chủ yếu dùng để bảo quản và vận chuyển chất phóng xạ trong trạng thái không làm việc.

- Tấm chắn là thiết bị (glove box, tủ hoot): bao bọc toàn bộ nguồn phát trong trạng thái làm việc của nhân viên và thường di động trong một vùng hoạt động lớn (tấm chì di động, gạch chì,...).

- Tấm chắn bộ phận của các công trình xây dựng: tường, trần, cửa nhà của phòng máy phải được thiết kế đặc biệt để bảo vệ cho các phòng lân cận.

- Màn chắn bảo hiểm cá nhân: như áo chì, kính chì, quần áo, găng tay, ủng pha chì để bảo vệ nhân viên và bệnh nhân trong quá trình chẩn đoán và điều trị bằng tia xạ.

* Nguyên liệu dùng che chắn phóng xạ

- Với tia γ , nguyên liệu tốt nhất để giảm năng lượng là chì. Nhưng có thể dùng gang, bê tông trộn Barit, bê tông cốt sắt để giảm giá thành. Ngoài ra, nước và gạch có thể dùng để cản tia nhất là chùm hạt neutron.
- Với tia β , vật liệu thường dùng ở đây là thủy tinh thường, thủy tinh hữu cơ pha chì, chất dẻo, nhôm. Suất liều và các dạng bức xạ quyết định việc lựa chọn nguyên liệu và chiều dày màn chắn.

4.2.2. Các nguyên tắc làm việc với nguồn bức xạ hở

* Kỹ thuật an toàn bức xạ đối với nhân viên làm việc

Nhân viên làm việc tại các cơ sở y học hạt nhân cần hết sức chú trọng tránh nguy cơ nhiễm xạ nhỏ nhưng thường xuyên. Cần tuân theo những quy tắc sau:

- Giữ sạch sẽ tuyệt đối các diện tích làm việc. Rải giấy thấm trên mặt bàn khi thao tác với phóng xạ, để thấm ngay được chất phóng xạ rơi rớt.

- Tuyệt đối không ngậm miệng hút các pipet, phải dùng một cách có hệ thống quy trình thao tác có khoảng cách.

- Thao tác với phóng xạ phải giữ khoảng cách thích hợp, tận dụng các phương tiện cản tia và cất ngay nguồn vào kho sau khi thao tác xong.

- Thay quần áo trong phòng sạch (không có hoạt tính) đã quy định. Không mang các đồ dùng cá nhân vào phòng thao tác với phóng xạ.

- Không hút thuốc, không ăn uống tại các phòng có thao tác với chất phóng xạ, vì đây là một cách gây nhiễm xạ quan trọng.

- Thực hiện các biện pháp kiểm tra: đếm số lượng các tế bào máu 6 tháng một lần; mang liều lượng kế cá nhân (phim hoặc bút), kiểm tra cách thao tác, kiểm tra mức độ sạch phóng xạ của quần áo, dụng cụ....

* Bảo vệ bệnh nhân

Mục tiêu chính là tránh cho bệnh nhân những chiếu xạ không cần thiết và hạn chế liều ở mức thấp nhất nhưng vẫn đảm bảo được yêu cầu chẩn đoán và điều trị. Nguyên tắc:

- Chỉ định đúng: cân nhắc kỹ, tránh những kiểm tra không cần thiết, tránh dùng chất phóng xạ cho phụ nữ có thai, nghi có thai hoặc đang cho con bú trừ khi có chỉ định lâm sàng bắt buộc. Chỉ dùng cho trẻ em khi không có biện pháp khác thay thế và hoạt tính phóng xạ phải giảm theo quy định.

- Tận giảm liều chiếu: máy móc thiết bị chụp chiếu phải đảm bảo thông số kỹ thuật, đảm bảo chất lượng phim chụp, khur trú trường nhìn trong chụp chiếu ở mức tối thiểu cần thiết.

- Bảo vệ các cơ quan nhạy cảm với phóng xạ của cơ thể (tuyến sinh dục, thủy tinh thể, tuyến giáp, tuyến vú...) cần được che chắn bằng dụng cụ bảo vệ thích hợp (tạp dề cao su chì, găng tay cao su chì, áo choàng bảo vệ, bình phong chì) khi chụp chiếu.

- Bệnh nhân được dùng phóng xạ để điều trị cần nằm trong phòng riêng, buồng bệnh được rải chất liệu để tẩy rửa phòng khi bệnh nhân nôn hoặc đánh đổ chất phóng xạ ra nền nhà hoặc bàn ghế.

- Bệnh nhân được phép ngoại trú, nếu: Tổng liều đưa vào dưới 30 mCi. Đo xạ cách bệnh nhân 1 m, suất liều dưới 5 mR/h.

4.2. Quy tắc bảo vệ phóng xạ

Bảo vệ phóng xạ là một tập hợp các biện pháp để bảo vệ sức khỏe dân chúng và những người làm việc với bức xạ. Ba nguyên tắc để bảo vệ con người chống lại các nguồn bức xạ:

+ Tránh xa các nguồn bức xạ vì cường độ bức xạ giảm dần theo khoảng cách.

+ Đặt một hay nhiều tấm chắn giữa các nguồn bức xạ với con người (ví dụ trong công nghiệp hạt nhân, nhiều tấm chắn được sử dụng để bảo vệ các nhân viên làm việc. Đây là những bức tường bê tông, vách ngăn bằng chì hay thủy tinh đặc biệt pha chì...).

+ Giảm tối thiểu thời gian chiếu xạ.

Đối với các nguồn phóng xạ phát ra bức xạ, có thêm các biện pháp bổ sung: Chờ đợi, nếu có thể, sự suy giảm tự nhiên của hoạt độ phóng xạ các nguyên tố phóng xạ; Sử dụng phương pháp pha loãng: khi làm việc với các chất khí phóng xạ.

Ví dụ các cơ sở hạt nhân không phá dỡ ngay sau khi ngừng hoạt động mà chờ cho hoạt độ phóng xạ giảm dần theo thời gian. Trong các hầm lò khai thác Uran, mọi sự thông hơi hữu hiệu cho phép nồng độ Radon thấp trong không khí.

Những nhân viên làm việc với các nguồn bức xạ có thể bị chiếu các tia bức xạ ion hóa trong quá trình làm việc, cần phải mang “phim” hoặc thiết bị đo cường độ phóng xạ bên người. Các thiết bị này cho phép cảnh báo, đảm bảo cho người mang không

phải nhận một liều chiếu xạ lớn hơn tiêu chuẩn cho phép và đánh giá mức độ nghiêm trọng của việc chiếu xạ.

B. Bức xạ Ronghen (Tia X)

1. Khái niệm

Năm 1895 nhà bác học Ronghen người Đức trong quá trình nghiên cứu sự phóng điện trong khí kém đã phát hiện một tia có khả năng đâm xuyên qua lớp vật chất mỏng, làm đen kính ảnh, trong khi mắt người lại không nhận biết được. Lúc đầu do chưa hiểu rõ bản chất của tia này nên Ronghen đặt tên cho nó là tia X, sau này để ghi nhớ công lao người đã phát hiện ra, người ta gọi đó là tia Ronghen.

Quá trình nghiên cứu Ronghen và cộng sự nhận thấy: tia X được phát ra từ vật rắn khi vật đó bị bắn phá bởi một chùm electron có năng lượng lớn và có bản chất là sóng điện từ có bước sóng trong khoảng 10^{-12} - 10^{-8} m.

Ngoài ra, các nghiên cứu tiếp theo còn cho thấy: ngoài tính chất sóng như ánh sáng tia X còn có tính chất hạt qua các quá trình tương tác của nó với vật chất. Cho đến nay tia X được hiểu là một loại ánh sáng bao gồm hai thuộc tính sóng và hạt, bản chất là sóng điện từ với bước sóng trong khoảng 10^{-12} - 10^{-8} m.

2. Nguồn phát xạ tia X

Có 2 loại bóng phát tia X:

- *Bóng khí kém (Crooker) hay ion điện tử*: Điện tử phát sinh do một số ion của khí còn lại trong bóng đánh vào âm cực. Như vậy bóng này khi nào cũng phải có một ít khí, nếu khí còn quá ít bóng sẽ không sử dụng được. Hạn chế của bóng này là cường độ của bóng thấp và khi hết khí người ta phải bơm khí vào.

- *Bóng chân không (Coolidge) hay bóng âm cực cháy đỏ*: Điện tử phát sinh khi âm cực được đốt nóng ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ tại âm cực càng cao thì nhiệt điện tử sinh ra càng nhiều, do đó cường độ chùm tia X càng lớn. Điện thế giữa 2 cực càng cao thì tốc độ nhiệt điện tử càng lớn, bước sóng chùm tia X càng nhỏ hay độ đâm xuyên của chùm tia càng lớn. Do có thể dễ dàng điều chỉnh được cường độ và độ đâm xuyên của chùm tia X nên ngày nay tất cả các máy X quang trong y tế đều sử dụng nguồn phát tia là bóng chân không.

3. Nguyên lý phát xạ tia X

Chùm tia X phát ra từ Anot của bóng phát tia X theo hai cơ chế: phát bức xạ hãm và bức xạ đặc trưng.

- Bức xạ hãm: xuất hiện khi có một chùm electron có động năng đủ lớn đến đập lên Anot. Do tác dụng bởi trường giữa hạt nhân và các lớp vỏ electron của nguyên tử chất làm Anot nên các electron bị làm chậm lại (bị hãm). Vì bị hãm các electron mất một phần năng lượng, phần năng lượng mất đi đó được phát ra dưới dạng sóng điện từ đó chính là tia X hãm.

- Bức xạ đặc trưng: tia X đặc trưng xuất hiện khi các electron bắn ra từ Catot có động năng khá lớn xuyên sâu vào những lớp bên trong của vỏ nguyên tử làm bật các electron từ các lớp vỏ bên trong ra khỏi nguyên tử thì lập tức có các electron ở mức năng lượng cao hơn nhảy về chiếm chỗ đồng thời phần năng lượng dư thừa phát ra dưới dạng sóng điện từ đó chính là tia X đặc trưng.

4. Tính chất của tia X

- Tia X có đầy đủ tính chất của ánh sáng như truyền thẳng, phản xạ, nhiễu xạ, khúc xạ và giao thoa...

- Tia X có cường độ lớn do đó có khả năng đâm xuyên qua môi trường vật chất.

- Tia X có khả năng ion hoá các chất khí.

- Tia X có khả năng gây phát quang một số muối. Ví dụ: muối NaCl, KCl, Platino cyanua Bari... vì vậy các muối này được sử dụng trong việc chế tạo màn huỳnh quang, biatăng quang.

- Tia X có khả năng gây ra các phản ứng hỗn hợp làm biến màu một số muối. Ví dụ muối bạc (màu trắng) dưới tác dụng của tia X chuyển thành màu đen. Người ta sử dụng tính chất này làm phim chụp.

5. Ứng dụng của tia X trong y học

5.1. Trong chẩn đoán

*** Có 2 phương pháp:**

- Chiếu X quang: hình ảnh của tổ chức được phản ánh trên màn huỳnh quang. Trong phương pháp này nhân viên X quang ngồi sau màn hình và quan sát hình ảnh phụtang bệnh nhân trên màn hình. Hình ảnh cần phải liên tục trong khoảng 30s hoặc hơn nữa.

Ngày nay với việc áp dụng màn tăng sáng, hình ảnh sẽ được tăng độ đậm nhạt, hình ảnh rõ nét hơn và giảm được liều chiếu xạ cho bệnh nhân và cho nhân viên. Đặc biệt, khi hình ảnh truyền qua một máy thu hình, cán bộ X quang có thể ngồi tại một phòng khác, được che chắn tốt mà vẫn chẩn đoán được qua hình ảnh.

- Chụp X quang: hình ảnh của tổ chức được phản ánh trên phim X quang. Thường có 2 phương pháp được ứng dụng trên lâm sàng: Chụp X quang thường và chụp cắt lớp vi tính (CT scanner).

+ *Chụp X quang thường*: hình ảnh của các bộ phận được phản ánh một cách đơn giản hoặc bị chồng lấp, không thấy hết được kích thước, chiều sâu, độ lớn của các bộ phận và các tổn thương trong cơ thể, thường để phát hiện các tổn thương xương và tổ chức cản quang.

+ *Chụp cắt lớp*: Một nguồn X quang chiếu qua người bệnh tới hệ thống các đầu dò có định hướng. Hệ thống đầu dò được quay quanh cơ thể, hình ảnh thu được sẽ là hình ảnh cắt lớp, phương pháp này làm rõ được các chi tiết mà trong chụp X quang thông thường bị chồng lấp, vì vậy có thể phát hiện được những khối u ở sâu.

* ***Nguyên tắc tạo hình ảnh***: trên màn huỳnh quang và trên phim được trình bày qua mô hình sau: Trong đó: (1) là máy phát tia X; (2) là bộ phận cần chụp chiếu; (3) là bộ phận hiện hình ảnh.

- Chùm tia X do máy (1) phát ra xuyên qua một bộ phận của người bệnh (2) sẽ đập vào màn chắn (3) (màn huỳnh quang hoặc tấm phim).

- Do hiện tượng hấp thụ, khi qua (2) chùm tia X sẽ bị tổ chức hấp thụ không đồng đều kết quả là các điểm khác nhau trên màn chắn (3) sẽ bị chùm tia X tác động với một cường độ khác nhau do vậy sẽ tạo nên những vùng sáng tối khác nhau.

- Ngoài ra, trong kỹ thuật X quang người ta còn sử dụng các chất tăng quang và cản quang để làm tăng hiệu quả của hình ảnh thu được. Từ nguyên tắc trên ta thấy:

+ Trong chiếu X quang: khối (3) là màn huỳnh quang thì vùng nào hấp thụ nhiều tia X ảnh vùng đó sẽ tối; cụ thể xương, tim đen hơn vùng phổi, cơ.

+ Trong chụp X quang: khối (3) là tấm phim chụp được kẹp giữa hai màn tăng quang trong một hộp dẹt được gọi là Cát-xét. Trên phim chụp X quang, những vùng hấp thụ nhiều tia X sẽ có hình trắng (như xương, tim) còn những vùng hấp thụ ít tia X sẽ có hình đen (như phổi, cơ).

5.2. Trong điều trị

Tia X được ứng dụng chủ yếu trong điều trị những bệnh nhân bị ung thư. Dựa vào tác dụng sinh vật của tia X có khả năng diệt bào mà người ta áp dụng vào một phương pháp điều trị có tên: *Xạ trị*.

Xạ trị được dùng chủ yếu trong điều trị ung thư. Do tế bào ung thư có độ nhạy cảm phóng xạ lớn hơn tế bào lành, do đó dùng tia X chiếu vào các khối u ác tính để làm biến đổi trạng thái hoạt động, hạn chế sự phát triển dẫn đến tiêu diệt hoàn toàn các tế bào ung thư. Mục tiêu là phải đưa được một liều xạ mạnh vào nơi ung thư mà không gây thương tổn cho mô lành xung quanh. Yêu cầu phải đạt tới liều hấp thu vài chục Gray và phải chiếu phân đoạn thành nhiều liều nhỏ. Chiếu phân đoạn là rất cần thiết, vừa ít gây tai biến, vừa nâng cao hiệu lực điều trị. Phương pháp đơn giản là dùng X quang khoảng 200 kV, nhưng khi khối u ở hơi sâu thì phần da sẽ bị chiếu với liều cao hơn ở khối u. Trong trường hợp này nên dùng bức xạ mạnh có khả năng xuyên sâu, ví dụ: X quang năng lượng cao khoảng 6 MeV. Bên cạnh việc chọn năng lượng thích hợp, cần giảm bớt liều chiếu xạ ở mô lành bằng cách chiếu từ nhiều phía, hướng vào khối u. Với những máy hiện đại, có thể dùng nguồn xạ quay liên tục quanh khối u để điều trị. Như vậy khối u bị chiếu liên tục nhưng liều ở phần mềm lành bên ngoài được dàn trải nên liều xạ từng chỗ không lớn.

6. Chụp cắt lớp

6.1. Đại cương về kỹ thuật chụp cắt lớp vi tính

Máy chụp cắt lớp vi tính (Computer Tomography Scanner) do nhà vật lý người Mỹ A.M. Cormack và kỹ sư người Anh G.M. Hounsfield phát minh năm 1971. Đến năm 1979 phát minh của 2 ông được nhận giải Nobel về y học. Hình chụp sọ não đầu tiên bằng kỹ thuật chụp cắt lớp được tiến hành năm 1971 tại một bệnh viện ở Luân đôn với thời gian chụp và tính toán một quang ảnh khoảng 2 ngày. Đến năm 1974 Ledley (Mỹ) hoàn thành chụp cắt lớp vi tính toàn thân đầu tiên với thời gian có một quang ảnh là vài phút. Hiện nay, có nhiều máy chụp cắt lớp hiện đại với thời gian cho một quang ảnh từ 1/10 đến 1/30 giây. Tại Việt Nam, máy chụp cắt lớp đầu tiên được lắp đặt vào tháng 2 năm 1991 tại Bệnh viện Hữu Nghị Việt Xô (Hà Nội). Hiện nay, có rất nhiều máy chụp cắt lớp được lắp đặt trong các cơ sở y tế khắp cả nước giúp cho các thầy thuốc dễ dàng hơn trong chẩn đoán bệnh tật.

6.2. Chụp cắt lớp dùng vi tính (CTS - Computer Tomography Scanner)

Trong CT Scanner, thay cho hộp phim X quang là một hộp đầu dò (detector) có hàng vạn đầu dò nhỏ sắp xếp thành các ô nhỏ, mỗi ô nhỏ có một đầu dò khi bị chiếu tia sẽ cho tín hiệu điện truyền về bộ xử lý. Người ta có thể thay các đầu dò này bằng tinh thể nhấp nháy lỏng. Các hệ thống này có độ nhạy rất cao, được khuếch đại, đưa vào

bộ nhớ máy tính, xử lý rồi đưa sang phần hiển hình (tương tự nhờ camera thu hình, khuếch đại, xử lý rồi truyền đến máy thu hình gia đình). Để trợ giúp cho tạo hình cắt lớp rõ nét, người ta làm phần mềm máy vi tính bằng cách thu thập số liệu từ việc chiếu một số mô hình người với các giả định khác nhau như khối u ở dạ dày, có khối u ở não, hang lao ở phổi... Nhờ xử lý hình ảnh bằng máy vi tính mà ta có các hình ảnh của các lớp theo những lớp cắt ngang, cắt dọc khác nhau, ta có thể thấy rõ ràng những điểm bất thường trong cơ thể mà với phương pháp X quang thường không thấy được. Nhờ bộ nhớ của máy vi tính mà người thầy thuốc dễ dàng tái hiện lại các hình ảnh cần khảo sát.

*** Đặc điểm hình ảnh trong kỹ thuật chụp cắt lớp vi tính:**

- Máy chụp cắt lớp vi tính cho phép phân biệt được sự khác biệt rất nhỏ của những tổ chức có tỷ trọng khác nhau. Ví dụ: khi chụp sọ não có thể phân biệt được rất rõ chất trắng, chất xám, buồng não thất, các khối u, các ổ áp-xe, các ổ chảy máu... mà phim Xquang thông thường không phân biệt được

- Nếu mở cửa sổ rộng tối đa thì xương có hình trắng, không khí có hình đen, nước có hình xám và có độ tương phản hình của CTS tốt để phân tích.

- Đối với máy Xquang thường qui, tất cả thông tin nằm trên phim, còn trong CTS thì toàn bộ thông tin trong bộ nhớ và người điều khiển chỉnh lý máy để chọn hình ảnh có ý nghĩa chẩn đoán. Khi cần thiết, người thầy thuốc có thể làm hiện lại hình ảnh của các bộ phận chụp của bệnh nhân.

- Giống trong Xquang, đôi khi trong CTS bệnh nhân còn được uống hoặc tiêm thuốc cản quang để làm nổi bật sự đối quang.

7. An toàn bức xạ đối với tia X

7.1. Bảo vệ cho cán bộ nhân viên

** Giảm tối đa sự tiếp xúc với bức xạ:*

- Trước khi tiến hành chụp chiếu, phải chắc chắn là các cửa phòng X quang đã được đóng kín.

- Không để chùm tia X rọi vào các cửa sổ của phòng, hoặc trực tiếp rọi vào tường, trừ trường hợp đặc biệt.

- Tất cả nhân viên khi làm việc nếu không đứng sau tấm chắn thì phải mặc áo bảo vệ và khi cần thiết phải đeo găng tay.

- Các thiết bị che chắn của máy X quang cố định cũng như X quang cơ động đều phải bố trí sao cho có thể che chắn tốt nhất chống bức xạ khuếch tán.

- Cán bộ nhân viên X quang nếu cần giữ bệnh nhân trong khi chiếu chụp, cần mặc áo bảo vệ, đeo găng tay, đứng sang một bên tránh bị máy phát tia X rọi vào trực tiếp.

- Thiết bị X quang đã bị hư hỏng thì không được dùng, chỉ khi nào kiểm tra lại thấy đạt tiêu chuẩn mới được sử dụng.

** Yêu cầu đặc biệt với máy X quang cơ động:*

Khi máy X quang cơ động được đưa ra khỏi khoa X quang đến một buồng bệnh nào đó thì phải tuân theo những nguyên tắc sau đây:

- Phải kiểm tra hướng và kích cỡ của chùm tia X.

- Phải thiết kế che chắn ngay tại nơi máy sẽ hoạt động.

- Phải đảm bảo tia X không chiếu vào những bệnh nhân khác trong buồng bệnh (trực tiếp hoặc tán xạ).

- Người điều khiển máy phải cách xa nguồn bóng phát xạ tối thiểu 2 mét và phải mặc quần áo bảo vệ.

** Chế độ kiểm tra theo dõi:*

Nhân viên cần đeo phim hoặc một thiết bị đo liều (bút đo, các thiết bị đo bằng nhiệt huỳnh quang...) trong tất cả thời gian làm việc. Khi mặc quần áo bảo vệ, thiết bị đo liều cần phải đo cài đặt ở phía trong của áo bảo vệ. Nếu nhân viên làm việc phải kiểm tra X quang cho bản thân thì phải tháo thiết bị đo liều ra khỏi người. Nếu là nhiệt huỳnh quang thì phải gửi về trung tâm kiểm tra đọc kết quả theo định kỳ, nếu là loại bút đo liều tự đọc được thì cần ghi chép từng tháng sau đó lại đưa về số không để tiếp đo cho tháng sau.

7.2. Bảo vệ cho bệnh nhân

*** Nguyên tắc chung**

Điểm khác nhau cơ bản giữa người bệnh và nhân viên là người bệnh được nhiều ích lợi trong khi chiếu chụp X quang: hiểu được bệnh tật ở trong cơ thể để có phương hướng xử lý điều trị và như vậy X quang mang lại lợi ích cho người bệnh nhiều hơn là gây hại. Nếu thấy chiếu chụp X quang không cần thiết bằng các xét nghiệm khác thì không nên dùng X quang. Chỉ dùng X quang khi nào thấy tốt hơn các

biện pháp chẩn đoán khác đối với trường hợp bệnh lý đó. Cần cân nhắc lợi hại đối với trẻ em và phụ nữ có thai khi dùng X quang.

*** Biện pháp cụ thể**

+ *Giảm thiểu sự tiếp xúc với phóng xạ:*

- Nên dùng những biện pháp và kỹ thuật tốt nhất để hạn chế mức chiếu xạ cho bệnh nhân.

- Nên chụp ít phim nhất. Chụp với diện tích càng nhỏ càng tốt.

+ *Phải hướng chùm tia X vào đúng chỗ cần thiết:* tránh chiếu vào ngực và bộ phận sinh dục.

+ *Che chắn:* nếu có thể được phải dùng chì (khoảng 1mm) che chắn vùng sinh dục nếu phải khám xét ở những bộ phận lân cận. Trường hợp bị đa chấn thương, lần khám đầu tiên không được che chắn vì nó có thể làm cho không phát hiện được gãy xương ở khu vực liên quan.

+ *Khoảng cách tiêu cự tối đa:* ít nhất là 30 cm, càng xa càng tốt.

+ *Chất lượng bức xạ:* tăng điện thế sẽ tăng sức đâm xuyên của tia X và như vậy mức chiếu xạ sẽ giảm đi.

+ *Lọc:* là một biện pháp giảm những bức xạ năng lượng yếu và tăng được năng lượng trung bình của chùm tia X, giảm được mức chiếu xạ cho bệnh nhân.

+ *Chiếu tia X với bệnh nhân có thai:* Chỉ sử dụng phương pháp X quang cho bệnh nhân có thai khi không còn phương pháp nào thay thế, nếu phải chiếu chụp X quang thì cố gắng che chắn và giảm thiểu sự chiếu xạ vào thai.

Thư viện số NDUN