

Chỉ đạo biên soạn:

VỤ KHOA HỌC VÀ ĐÀO TẠO – BỘ Y TẾ

Chủ biên:

KS. LÊ TIẾN KHOAN

Những người biên soạn:

KS. DƯƠNG BÁ KIẾM
KS. PHẠM NGỌC HOÀN
KS. LÊ TIẾN KHOAN
ThS. THÁI THANH NGA

Hiệu đính:

PGS. TS. TRẦN VỆ QUỐC

Tham gia tổ chức bản thảo:

ThS. PHÍ VĂN THÂM
TS. NGUYỄN MẠNH PHA

LỜI GIỚI THIỆU

Thực hiện một số điều của Luật Giáo dục, Bộ Y tế đã ban hành chương trình khung đào tạo trung cấp ngành y tế. Bộ Y tế tổ chức biên soạn tài liệu dạy – học các môn cơ sở và chuyên môn theo chương trình trên nhằm từng bước xây dựng bộ sách đạt chuẩn chuyên môn trong công tác đào tạo nhân lực y tế.

Sách *Lý thuyết thiết bị hình ảnh y tế* (tập 2) được biên soạn dựa trên chương trình giáo dục nghề của Bộ Y tế và chương trình khung đã được phê duyệt. Sách được các tác giả KS. Lê Tiến Khoan (chủ biên), KS. Dương Bá Kiếm, KS. Phạm Ngọc Hoàn, ThS. Thái Thanh Nga biên soạn theo phương châm: kiến thức cơ bản, hệ thống; nội dung chính xác, khoa học; cập nhật các tiến bộ khoa học, kỹ thuật hiện đại và thực tiễn Việt Nam. Sách được cấu trúc gồm 9 bài. Tài liệu là tiền đề để các giáo viên và học sinh các trường có thể áp dụng phương pháp dạy – học tích cực.

Sách *Lý thuyết thiết bị hình ảnh y tế* (tập 2) đã được Hội đồng chuyên môn thẩm định sách và tài liệu dạy – học trung cấp và dạy nghề của Bộ Y tế thẩm định vào năm 2007. Bộ Y tế quyết định ban hành tài liệu dạy – học chính thức của ngành y tế giai đoạn 2006 – 2010. Trong quá trình sử dụng, sách phải được chỉnh lý, bổ sung và cập nhật.

Bộ Y tế chân thành cảm ơn các tác giả và Hội đồng chuyên môn thẩm định đã giúp hoàn thành cuốn sách; Cảm ơn TS. Đỗ Ngọc Thanh, KS. Hà Đắc Biên, PGS.TS. Trần Vệ Quốc đã đọc và phản biện, hiệu đính để cuốn sách sớm hoàn thành kịp thời, phục vụ cho công tác đào tạo nhân lực y tế.

Lần đầu xuất bản sách khó tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của đồng nghiệp, các bạn sinh viên và các độc giả để lần xuất bản sau sách được hoàn thiện hơn.

VỤ KHOA HỌC VÀ ĐÀO TẠO – BỘ Y TẾ

LỜI MỞ ĐẦU

Ở nước ta, các bệnh viện từ tuyến huyện trở lên đều đã được trang bị máy siêu âm. Tại các bệnh viện lớn đã bắt đầu đưa vào sử dụng siêu âm Doppler màu, 3D, 4D phục vụ cho việc tái tạo hình ảnh không gian ba chiều rõ nét (được ứng dụng rất hiệu quả trong việc thăm khám thai nhi, tim mạch...).

Tuy nhiên, sự hiểu biết và khai thác các thiết bị này còn rất hạn chế. Các cán bộ kỹ thuật về lĩnh vực này còn ít, trong khi số lượng thiết bị siêu âm công nghệ cao lại được đầu tư vào nước ta ngày càng nhiều.

Để có thể cung cấp một phần kiến thức cơ bản về thiết bị siêu âm chẩn đoán, được sự đồng ý của Vụ Khoa học và Đào tạo và Trường Cao đẳng nghề – Kỹ thuật Thiết bị Y tế – Bộ Y tế, nhóm tác giả đã biên soạn tài liệu “Lý thuyết thiết bị hình ảnh y tế (tập 2)” nhằm mục đích trang bị kiến thức cơ bản về siêu âm cho học viên, công nhân trung học thiết bị y tế của trường Cao đẳng nghề – Kỹ thuật Thiết bị Y tế. Nội dung cuốn tài liệu bao gồm 9 bài: cơ sở về máy siêu âm, các quy luật sóng siêu âm, đầu dò máy siêu âm, dựng hình ảnh và các phương pháp tạo ảnh sóng bằng siêu âm, sơ đồ khối máy siêu âm chẩn đoán, phân tích khối nguồn máy siêu âm chẩn đoán, phân tích khối monitor, hướng dẫn sử dụng máy siêu âm LogicQ α200, máy siêu âm nghe tim thai.

Trong quá trình biên soạn chúng tôi đã nhận được rất nhiều sự giúp đỡ từ các đồng nghiệp, các giáo sư chuyên ngành Điện tử – Y sinh học, các bác sĩ ở các bệnh viện. Tài liệu được biên soạn lần đầu chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi rất mong nhận được các ý kiến đóng góp từ bạn đọc.

CÁC TÁC GIẢ

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	3
Lời mở đầu	4
Phân loại máy siêu âm	8
Bài 1. Vật lý học của siêu âm	9
1. Sóng âm thanh	9
2. Phân loại sóng siêu âm	9
2.1. Phân loại theo phương pháp dao động	9
2.2. Phân loại theo tần số	10
3. Bản chất của sóng siêu âm	10
4. Định nghĩa sóng siêu âm	11
5. Các đại lượng đặc trưng	11
5.1. Phương trình sóng	11
5.2. Chu kỳ (T)	12
5.3. Tần số sóng (f)	12
5.4. Vận tốc lan truyền sóng (v)	12
5.5. Năng lượng sóng âm	13
5.6. Áp suất âm thanh (P)	13
5.7. Trở kháng âm (Z)	13
Câu hỏi lượng giá	14
Bài 2. Các quy luật sóng siêu âm	16
1. Cơ sở vật lý của phương pháp và các yếu tố quyết định trong việc tạo hình bằng siêu âm	16
2. Tốc độ lan truyền của sóng âm	16
3. Các quy luật truyền âm	17
3.1. Luật phản xạ và khúc xạ	17
3.2. Sự tán xạ	20
4. Quy luật hấp thụ của tổ chức, sự suy giảm của sóng siêu âm	21
4.1. Sự hấp thụ	21
4.2. Sự suy giảm	21
5. Hiệu ứng Doppler	25
Câu hỏi lượng giá	26
Bài 3. Đầu dò máy siêu âm	28
1. Hiệu ứng áp điện thuận – nghịch	28
2. Cấu tạo đầu dò	30
2.1. Cấu tạo đầu dò	30
2.2. Sự kéo dài không gian của dao động siêu âm	33
2.3. Trường âm	34
2.4. Sự tiêu tụ	35
2.5. Dung hoà của độ phân giải và độ sâu thẩm thấu	36
3. Các loại đầu dò	38
3.1. Đầu dò đơn	38
3.2. Đầu dò phẳng (Linear arrays)	38
3.3. Đầu dò dẻ quạt cơ khí (Mechanical Sector)	41
3.4. Đầu dò dẻ quạt điện tử (Electronic Sector)	44
Câu hỏi lượng giá	46

Bài 4. Dựng hình ảnh và các phương pháp tạo ảnh bằng sóng siêu âm	49
1. Nguyên lý tạo ảnh – So sánh ảnh siêu âm và ảnh X quang	49
1.1. Nguyên lý tạo ảnh	49
1.2. So sánh hình ảnh của vật đo bằng tia siêu âm và X quang từ một mẫu thử	50
2. Các phương pháp tạo ảnh bằng sóng siêu âm	50
2.1. Phương pháp theo kiểu Mode A	50
2.2. Phương pháp theo kiểu Mode B	51
2.3. Phương pháp đo dao động kiểu TM hay mode TM hoặc mode M (Time Motion – chuyển động theo thời gian)	52
3. Ảnh giả	53
3.1. Hiện tượng nhiễu	53
3.2. Hiện tượng bóng lưng và hiện tượng tăng cường âm	53
3.3. Hiện tượng dội lại	54
4. Ảnh ảo do độ rộng của chùm tia và chùm tia thứ	55
4.1. Ảnh ảo do độ rộng chùm tia	55
4.2. Ảnh ảo do chùm tia thứ	55
4.3. Ảnh ảo do sai biệt vận tốc	56
5. Tác dụng sinh học và sự an toàn của máy siêu âm	57
5.1. Tác dụng sinh học của sóng âm	57
5.2. Sự an toàn của các thiết bị siêu âm chẩn đoán và những khuyến cáo	58
Câu hỏi lượng giá	58
Bài 5. Sơ đồ khối máy siêu âm chẩn đoán	61
1. Sơ đồ khối	61
2. Nguyên lý hoạt động	62
3. Chức năng nhiệm vụ của các khối	64
3.1. Khối nguồn cung cấp	64
3.2. Khối tương tự	64
3.3. Khối DSC (Digital Scan Converter–Bộ chuyển đổi quét số hoá)	70
3.4. Khối monitor	72
3.5. Khối điều khiển vi xử lý	72
Câu hỏi lượng giá	74
Bài 6. Phân tích khối nguồn máy siêu âm chẩn đoán	76
1. Sơ đồ khối của khối nguồn (hình 6.1)	76
2. Phân tích mạch ổn điện AC/DC/AC(Invectơ)	76
2.1. Nguyên lý hoạt động	76
2.2. Tác dụng linh kiện	78
3. Phân tích khối nguồn DC 300V	79
3.1. Nguyên lý làm việc	80
3.2. Tác dụng linh kiện	80
4. Phân tích khối nguồn + 5V	81
4.1. Nguyên lý làm việc	81
4.2. Tác dụng linh kiện	83
5. Phân tích khối nguồn DC +12V	83
6. Phân tích khối nguồn DC +15V	83
6.1. Nguyên lý làm việc	83
6.2. Tác dụng linh kiện	86
Câu hỏi lượng giá	87

Bài 7. Phân tích khối monitor	89
1. Sơ đồ khối Monitor.....	89
2. Phân tích khối khuếch đại.....	90
2.1. Mạch tiền khuếch đại và điều chỉnh độ tương phản.....	90
2.2. Mạch khuếch đại công suất.....	90
3. Phân tích khối tách xung đồng bộ.....	91
4. Phân tích khối quét dòng.....	91
5. Phân tích khối quét màn hình.....	92
Câu hỏi lượng giá.....	93
Bài 8. Hướng dẫn sử dụng máy siêu âm logiq α 200	94
1. Máy siêu âm LOGIQ α 200.....	94
2. Các bước cơ bản trong thăm dò.....	96
2.1. Bắt đầu thăm dò.....	96
2.2. Đọc các hiển thị.....	96
3. Beginning a New Patient – Bắt đầu với bệnh nhân mới.....	97
3.1. Beginning a New Patient – Bắt đầu với bệnh nhân mới.....	97
3.2. Các bản vào bệnh nhân.....	98
4. Bảo dưỡng máy siêu âm LogiQ α 200.....	102
4.1. Bảo quản đầu dò.....	102
4.2. Bảo quản máy.....	103
4.3. Kiểm tra tổng thể.....	103
5. Lược đồ kiểm tra các khối máy siêu âm LogiQ α 200.....	105
5.1. Lược đồ kiểm tra khối nguồn máy LogiQ α 200 (Power Supply Check Procedure).....	105
5.2. Lược đồ kiểm tra cơ bản (Basic Check Procedure).....	106
5.3. Kiểm tra hiển thị màn hình (Display Monitor Check Procedure).....	107
5.4. Lược đồ kiểm tra khối điều khiển chính (Main Controller Check Procedure).....	108
Câu hỏi lượng giá.....	108
Bài 9. Máy siêu âm nghe tim thai	110
1. Nguyên lý máy siêu âm.....	110
1.1. Sơ đồ khối, chức năng nhiệm vụ các khối máy siêu âm nghe tim thai.....	111
1.2. Khối phát.....	111
1.3. Đầu dò.....	111
1.4. Khối thu.....	111
2. Sơ đồ nguyên lý máy siêu âm nghe tim thai thông dụng.....	112
2.1. Máy siêu âm Doppler tim thai DPL – 2.5.....	113
3. Sử dụng vận hành, bảo dưỡng máy siêu âm nghe tim thai.....	114
3.1. Vận hành.....	114
3.2. Bảo dưỡng máy.....	114
Câu hỏi lượng giá.....	116
Các thuật ngữ thông dụng.....	125
Tài liệu tham khảo.....	127

PHÂN LOẠI MÁY SIÊU ÂM

Trong các bệnh viện ở nước ta hiện nay, các máy siêu âm do nhiều hãng cung cấp và do nhu cầu sử dụng trong việc thăm khám và điều trị ở các mức độ khác nhau, vì vậy chủng loại máy siêu âm ở nước ta rất đa dạng, bao gồm:

- Máy siêu âm điều trị;
- Máy siêu âm nghe tim thai;
- Máy siêu âm chẩn đoán:
 - + Máy siêu âm chẩn đoán đen trắng xách tay: Aloka, Shimadzu...
 - + Máy siêu âm chẩn đoán đen trắng xe đẩy: Logiq α 200, Aloka, Toshiba...
 - + Máy siêu âm chẩn đoán 3D, 4D;
 - + Máy siêu âm Doppler;
 - + Máy siêu âm mắt...

Trong tài liệu này, chúng tôi chỉ đề cập đến các kiến thức cơ bản về sóng siêu âm, cấu tạo và nguyên lý làm việc của đầu dò, đưa ra sơ đồ khối của máy siêu âm đen trắng, phân tích những khối chính của một máy siêu âm chẩn đoán, hướng dẫn sử dụng một máy siêu âm chẩn đoán cụ thể và phân tích một máy siêu âm nghe tim thai.

Bài 1

VẬT LÝ HỌC CỦA SIÊU ÂM

MỤC TIÊU

- Trình bày được bản chất của sóng siêu âm.
- Trình bày được các đại lượng đặc trưng của sóng siêu âm.
- Trình bày được định nghĩa sóng siêu âm và bản chất của sóng siêu âm.

1. SÓNG ÂM THANH

Trong tự nhiên có hai loại sóng cơ bản là sóng điện từ và sóng đàn hồi.

Hai loại sóng này đều là sự truyền các dao động trong không gian theo thời gian.

- Sóng điện từ (sóng ánh sáng, sóng vô tuyến điện).

- Sóng đàn hồi (sóng địa chấn, sóng nước, sóng âm).

Sóng âm là loại sóng cơ học có một tần số xác định bởi cảm giác tai người. Sóng âm thanh được phát ra bởi sự biến động có chu kỳ của áp suất trong môi trường nhất định (môi trường nước, môi trường không khí...).

Để phân biệt hai loại sóng này, người ta phải dựa vào những đặc điểm khác nhau cơ bản sau:

Tính đàn hồi của môi trường không ảnh hưởng đến quá trình truyền sóng điện từ. Trong khi đó, tính đàn hồi của môi trường lại mang tính chất quyết định lên quá trình truyền sóng đàn hồi.

Khả năng của sóng âm được nhận thấy ở tự nhiên và kỹ thuật theo nhiều cách khác nhau. Ví dụ: loài dơi sử dụng sóng siêu âm để định hướng và xác định vị trí của con mồi. Trên các tàu biển, thiết bị đo siêu âm bằng tiếng vang dùng để xác định độ sâu của đáy biển.

2. PHÂN LOẠI SÓNG SIÊU ÂM

2.1. Phân loại theo phương pháp dao động

Dựa vào cách truyền sóng, người ta chia sóng cơ bản ra làm hai loại là sóng dọc và sóng ngang.

– Sóng ngang: là sóng mà phương dao động của các phần tử của môi trường truyền âm 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 được ở vật rắn.

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

Sóng siêu âm được ứng dụng trong siêu âm chẩn đoán là sóng dọc. Sóng âm trong thăm dò khoáng sản để tìm ra khoáng sản.

2.2. Phân loại theo tần số

Theo quy định quốc tế, ba dải tần số được định nghĩa:

– Sóng hạ âm: $f < 16\text{Hz}$ (tai người không thể nghe thấy được).

– Sóng âm: $f = (16 \div 20\,000)\text{Hz}$ (tai người nghe được).

– Sóng siêu âm: $20\,000 < f < 10^9\text{Hz}$.

Các nguồn truyền sóng âm có sẵn trong tự nhiên: dơi, một loại cá biển phát ra sóng siêu âm để định hướng,... Nói chung các sóng này nằm trong vùng tần số (20–100) kHz.

3. BẢN CHẤT CỦA SÓNG SIÊU ÂM

Sự hình thành sóng cơ học trong môi trường chất: Các môi trường chất đàn hồi (khí, lỏng, rắn) có thể coi là những môi trường liên tục gồm những phần tử liên kết chặt chẽ với nhau. Ở trạng thái bình thường, mỗi phần tử có một vị trí cân bằng bền. Nếu tác dụng lên một phần tử A nào đó của môi trường thì phần tử này dời khỏi vị trí cân bằng bền. Do tương tác với các phần tử bên cạnh, một mặt kéo phần tử A về vị trí cân bằng, một mặt phần tử A chịu lực tác dụng và do đó chịu lực thực hiện dao động. Hiện tượng tiếp xúc này xảy ra đối với các phần tử khác của môi trường. Những dao động cơ bản lan truyền trong môi trường đàn hồi được gọi là sóng đàn hồi hay sóng cơ học. Về bản chất, sóng âm là sóng cơ học do đó tuân theo mọi định luật của sóng cơ học. Có thể tạo ra sóng âm bằng cách tác dụng một lực cơ học vào môi trường truyền âm. Ví dụ: đánh vào mặt trống, tác dụng dòng điện làm rung màng loa, tác động làm rung âm thoa, đạn bay trong không khí...

Sóng siêu âm là một dạng sóng cơ học nằm trong sóng đàn hồi.

4. ĐỊNH NGHĨA SÓNG SIÊU ÂM

Từ bản chất và phân loại của sóng siêu âm, ta đi đến khái quát và rút ra kết luận định nghĩa sóng siêu âm như sau: Sóng siêu âm là sóng cơ học truyền trong môi trường vật chất có tần số dao động $20\text{kHz} < f < 10^9\text{Hz}$.

Phương thức sử dụng sóng siêu âm lần đầu tiên được áp dụng cho y tế khoa trị liệu (trị liệu tim). Sóng siêu âm được ứng dụng rộng rãi trong hai lĩnh vực chính:

– Siêu âm chẩn đoán:

Trong chẩn đoán y học, Dussik dùng siêu âm để quét soi lần đầu tiên vào năm 1942. Ludwid và Struthes đã đặt nền móng cho kỹ thuật phản xạ xung điện (sau này là máy siêu âm phản xạ), thực chất là tạo hình bằng siêu âm, sử dụng phổ biến dải tần số từ 2,5 MHz đến 10 MHz. Ngoài ra còn sử dụng các tần số khác trong các đầu dò chuyên biệt, ví dụ: Đầu dò siêu âm nội mạch (Intraluminal), hay siêu âm da liễu (Dermatological) với tần số sử dụng có thể lên tới 20–50 MHz.

– Siêu âm trị liệu:

Tạo hiệu ứng nhiệt, xoa bóp, kích thích cơ. Nó được sử dụng riêng hoặc kết hợp với điện trị liệu (trong các máy kích thích điện) để tìm Trigger (điểm phát bệnh – điểm gốc). Tần số thường dùng trong siêu âm trị liệu là 700–900 kHz tùy theo hệ máy, công suất của đầu dò 1 – 4 W/cm² (gấp khoảng 1000 lần so với siêu âm chẩn đoán).

5. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG

Khi nói tới sóng âm chúng ta phải biết đến những đại lượng đặc trưng như: vận tốc truyền âm, tần số, chu kỳ, cường độ âm, công suất và độ dài sóng âm...

5.1. Phương trình sóng

Phương trình dao động của sóng âm có dạng:

$$a(x, t) = b + A \sin \omega (t - x/v)$$

Trong đó:

- a là ly độ tức thời;
- ω là tần số góc, $\omega = 2\pi f$;
- b là hệ số bất biến;
- v là tốc độ lan truyền sóng âm;
- A là biên độ cực đại.