

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TIA X TRONG THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY ĐO ĐỘ LOÃNG XƯƠNG TOÀN THÂN

ĐỖ VĂN VŨ, TRẦN NGỌC HƯNG, NGUYỄN THÀNH NHÂN
NGUYỄN HOÀI ANH, HỒ ANH DŨNG, TRẦN THANH HOÀNG
PHÙNG VĂN ĐÔNG, PHẠM VĂN BÌNH

Viện Máy và Dụng cụ Công nghiệp
Bộ Công thương

Thời gian gần đây, những thành tựu mới về khoa học và công nghệ như: điện tử, tin học, tự động hóa, cơ khí chính xác đã được ứng dụng mạnh mẽ trong lĩnh vực y học, tạo ra những thiết bị y tế hiện đại, trong đó có thiết bị đo độ loãng xương. Hiện tại, trên thế giới và trong nước đang sử dụng một số loại máy đo độ loãng xương theo nhiều phương pháp khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả tập trung giới thiệu quá trình nghiên cứu, thiết kế và chế tạo loại máy đo độ loãng xương toàn thân bằng tia X.

Từ khóa: máy đo độ loãng xương bằng tia X, phần mềm định vị, phương pháp hấp thụ năng lượng kép tia X (DEXA).

APPLICATION OF X-RAY TECHNOLOGY IN THE DESIGN AND MANUFACTURE OF BONE DENSITOMETRY MACHINE

Summary

Recently, achievements in electronics, IT, automation and precision engineering applied in medicine have created the modern medical equipment, including bone densitometry machine.

Nowadays, different methods of bone densitometry have been used in global and domestic markets. In this paper, the authors will focus on the research, design and manufacture of the X-ray bone densitometry machine for whole human body.

Keywords: X-ray bone densitometry machine, positioning software, dualenergy X-ray absorptiometry.

Đặt vấn đề

Những năm gần đây, ngành y tế Việt Nam đã ứng dụng nhiều thiết bị hiện đại, tiên tiến trên thế giới vào quá trình khám chữa bệnh. Các bệnh viện lớn đều đã được trang bị các thiết bị chẩn đoán hình ảnh y tế như: máy chụp X-quang, máy đo độ loãng xương toàn thân bằng tia X, máy chụp cắt lớp, máy chụp X-quang tầng sáng truyền hình.... Nhờ được trang bị các thiết bị hiện đại, đặc biệt là những thiết bị chẩn đoán hình ảnh, ngành y tế nước ta đã làm chủ được nhiều công nghệ tiên tiến, có khả năng khám và điều trị nhiều căn bệnh hiểm nghèo. Tuy nhiên, do các thiết bị trên đều có giá cao nên việc đầu tư mua sắm chỉ mới tập trung ở một số cơ sở y tế lớn; trong khi đó, nhiều cơ sở y tế, đặc biệt là các cơ sở y tế tuyến huyện vẫn chưa được đầu tư các thiết bị chẩn đoán hình ảnh nêu trên, hoặc nếu được trang bị thì các thiết bị đã cũ và lạc hậu nên khả năng chẩn đoán cũng như hiệu quả khám chữa bệnh còn nhiều hạn chế.

Trong khoảng 10 năm trở lại đây, bệnh loãng xương mới được chú ý ở nước ta do đời sống vật chất của người dân được cải thiện từng bước, tuổi thọ trung bình ngày càng được nâng cao. Việc chăm sóc sức khỏe cho người cao tuổi được quan tâm nhiều hơn, trong đó có các bệnh về xương khớp.

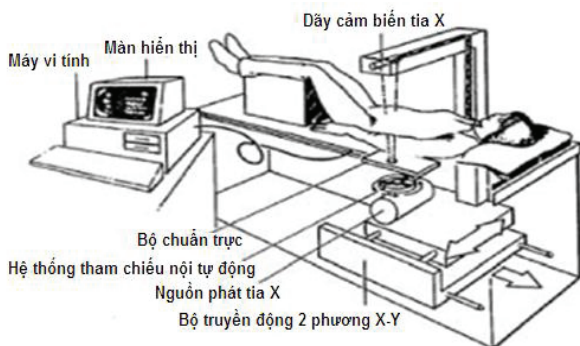
Tính đến thời điểm hiện tại, tỷ lệ dân số Việt Nam mắc bệnh loãng xương tương đối cao. Kết quả điều tra trong Chương trình kiểm tra sức khỏe xương tại châu Á của Tổ chức Loãng xương thế giới (IOF) năm 2009 cho thấy, cứ 3 người Việt Nam ở độ tuổi 30 có 1 người có nguy cơ mắc bệnh loãng xương và hơn 50% số người có nguy cơ mắc bệnh trước độ tuổi 50. Trên thực tế, ở các cơ sở y tế trong nước, việc đầu tư trang

bị các thiết bị đo độ loãng xương hiện đại, có độ chính xác cao là chưa nhiều do giá còn cao và hoàn toàn phải nhập ngoại, gây ra nhiều hạn chế trong việc khám và chữa bệnh loãng xương. Do đó, việc làm chủ được công tác thiết kế, chế tạo các thiết bị y tế sử dụng công nghệ cao mà ở đây là máy đo độ loãng xương toàn thân bằng tia X trong thời điểm hiện nay là rất cần thiết.

Nội dung nghiên cứu

Nguyên lý chung

Hiện nay, thiết bị đo độ loãng xương được sử dụng tại các cơ sở y tế gồm thiết bị đo loãng xương thông qua gót chân (siêu âm) và đo độ loãng xương bằng tia X.



Hình 1: mô hình tiêu biểu của máy đo độ loãng xương toàn thân bằng tia X

Thiết bị đo độ loãng xương đã được liên tục phát triển, từ phương pháp dựa vào chụp X-quang xương bàn tay và cột sống hoặc dựa vào một số xét nghiệm, cho đến đo bằng siêu âm, đo mật độ xương (BMD) thông qua gót chân và đo toàn thân bằng tia X. Mỗi thiết bị và phương pháp đo có những ưu, nhược điểm và độ chính xác khác nhau nhưng phương pháp đo toàn thân bằng tia X cho kết quả chính xác nhất. Cụ thể như sau:

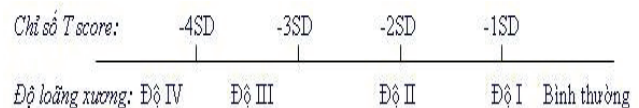
Đo độ loãng xương thông qua chụp X-quang: đây là phương pháp đã được sử dụng từ lâu theo cách: phân tích mật độ xương bằng mắt thường: quan sát bằng mắt trên tấm phim X-quang xem xương của bệnh nhân có bị mỏng đi hay không, có xuất hiện hiện tượng xương xốp không. Phương pháp này không thể đo định lượng mật độ khoáng trong xương và chỉ khi mật độ khoáng trong xương giảm trên 50% mới thể hiện trên phim X-quang.

Đo độ dày của xương: chụp X-quang xương đốt bàn tay hai ngón trở, đo đường kính thân xương D, đường kính phần tủy xương d, tính ra được độ dày của xương theo công thức $(D-d)/D\%$; nếu chỉ số này dưới 45% thì bệnh nhân mắc chứng loãng xương. Phương pháp đo độ loãng xương thông qua chụp X-quang không thể phát hiện được bệnh loãng xương ở giai đoạn đầu và phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm của các bác sỹ, do vậy thường được sử dụng ở các cơ sở y tế nhỏ, vùng sâu vùng xa.

Phương pháp đo độ hấp thụ photon xác định tỷ trọng khoáng chất của xương (Bone Mineral Density - BMD) và lượng khoáng chất của xương (Bone Mineral Content - BMC): phương pháp này có độ chính xác thấp nhưng mức độ ảnh hưởng ít và giá thành hạ nên thường được sử dụng trong việc kiểm tra sức khỏe ban đầu.

Phương pháp siêu âm: thường dùng để dò tìm chứng loãng xương ở gót chân, phương pháp này cho kết quả nhanh và không độc hại nhưng độ chính xác rất thấp nên thường được sử dụng ở khâu kiểm tra ban đầu, khi kết quả siêu âm cho thấy mật độ xương thấp, thì bệnh nhân được đề nghị cho kiểm tra bằng các phương pháp có độ chính xác cao hơn.

Phương pháp hấp thụ năng lượng kép tia X (Dual-Energy X-ray Absorptiometry - DEXA): đây là phương pháp được sử dụng rất rộng rãi trên thế giới hiện nay bởi nó có nhiều ưu điểm như: tốc độ quét chụp nhanh, độ chính xác và rõ ràng cao, lượng tia xạ ít, có thể đo mật độ xương trong xương cột sống, xương vỏ não và xương toàn thân, ngoài ra còn sử dụng trong chẩn đoán thông thường và chẩn đoán giai đoạn đầu. Phương pháp DEXA bắt đầu được sử dụng từ năm 1980 và nguyên lý của nó là sử dụng 2 tấm phim chụp bằng tia X với các mức năng lượng khác nhau (ví dụ thiết bị của Hãng Lunar dùng 2 mức 38 kV và 70 kV để đo), sau đó sử dụng phần mềm tính toán để tính ra các thông số của xương. Nhờ những ưu điểm nổi trội này, hiện nay Tổ chức Y tế thế giới đã công nhận DEXA là thiết bị cần thiết để chẩn đoán chứng loãng xương và đánh giá kết quả điều trị, ngoài ra còn là "tiêu chuẩn vàng" để đánh giá mức độ loãng xương trong đo lường. Đơn vị đo mật độ khoáng chất của xương (BMD) là chỉ số T score, từ đó xác định độ loãng xương trên cơ thể con người như sau:



Hình 2: sơ đồ đánh giá độ loãng xương trên cơ thể người

Xuất phát từ tình hình thực tế sử dụng trong nước, sau khi khảo sát và phân tích, đánh giá các phương pháp trên, nhóm tác giả đã quyết định tập trung vào nghiên cứu theo hướng sử dụng phương pháp hấp thụ năng lượng kép tia X (DEXA). Theo phương pháp này, hiện nay trên thế giới có ba loại thế hệ máy đo độ loãng xương đang được sử dụng, đó là:

- Máy đo độ loãng xương sử dụng tia X dạng bút chì: các thiết bị này chỉ phù hợp với đo độ loãng xương ở từng vị trí trên cơ thể, ví dụ như hông, cẳng tay, xương đùi... Việc thực hiện phép đo toàn thân thường khó hoặc mất rất nhiều thời gian do tính chất của chùm tia.

- Máy đo độ loãng xương sử dụng tia X dạng rё quạt: đây là thiết bị đang được ứng dụng rộng rãi nhất trên thế giới vì phù hợp với yếu tố kiểm tra toàn thân do tính chất chùm tia quạt, liều chụp nhỏ, hầu như không ảnh hưởng đến sức khỏe của người chụp, giá cả phải chăng.

- Máy đo độ loãng xương sử dụng tia X dạng hình nón: đây là phương pháp hiện đại nhất hiện nay nhưng mới chỉ được nghiên cứu và phát triển bởi các hãng lớn trên thế giới, do đó còn có nhiều bí quyết công nghệ mới chưa phù hợp nếu nghiên cứu và phát triển nó trong nước ở thời điểm hiện nay.

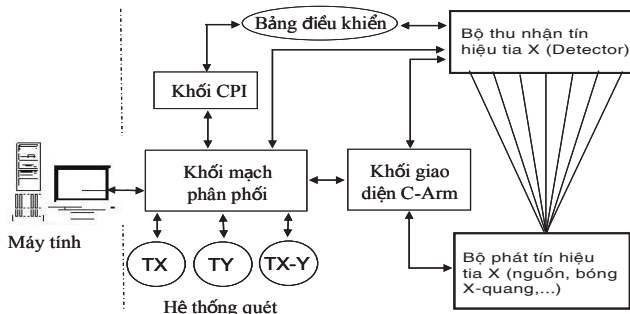
Sau khi khảo sát và phân tích, nhóm nghiên cứu đã quyết định chọn mẫu thiết bị sử dụng tia X dạng rё quạt.

Chế tạo thiết bị

Với bề dày nhiều năm kinh nghiệm trong việc thiết kế, chế tạo các máy công cụ kỹ thuật số từ đơn giản đến phức tạp, nhóm nghiên cứu nhận thấy, kết cấu của thiết bị đo độ loãng xương toàn thân bằng tia X thực chất cũng là một dạng kết cấu của máy công cụ kỹ thuật số hiện đại nên chúng tôi quyết định thiết kế và chế tạo phần cơ khí của máy theo hướng trên.

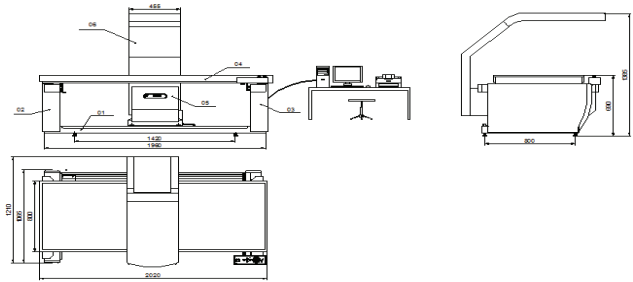
Kết cấu cơ khí của máy đo độ loãng xương bằng tia X bao gồm những phần sau:

- Cụm trục chính gắn bộ nguồn tia X và detector chuyển động theo trục X vuông góc với giường.
- Cụm giường chụp chuyển động theo 2 phương X và Y phục vụ cho việc chụp các tư thế cũng như chụp toàn thân người bệnh.
- Cụm khung máy có gắn bộ điều khiển sử dụng bằng tay và hộp chứa dây nguồn, cụm bảng điện có chứa ổ cắm kết nối máy tính và nguồn điện 220 V cũng như một số tấm đồ bắt các mạch mạch điều khiển phục vụ cho các chuyển động tương đối theo các phương X và Y của máy.
- Cụm các tấm ốp ngoài bao gồm các vỏ bao che được thiết kế bằng nhựa đúc để đảm bảo mỹ quan và chống bụi cho các thiết bị bên trong cũng như hạn chế phần nào tác động của tia X đối với môi trường xung quanh.



Hình 3: sơ đồ hệ thống điều khiển máy đo độ loãng xương toàn thân bằng tia X

Việc thực hiện các phép chụp được thông qua máy tính có cài đặt phần mềm xử lý hình ảnh chuyên dụng kết hợp với phần mềm định vị các vị trí chụp để tạo ra các hình ảnh ổn định trong suốt quá trình quét và chụp. Toàn bộ phần thiết kế kỹ thuật đã được nhóm nghiên cứu thiết kế hoàn chỉnh, các thiết bị cơ khí của máy được gia công tại các đơn vị thành viên của Viện Máy và Dụng cụ Công nghiệp (Bộ Công thương).

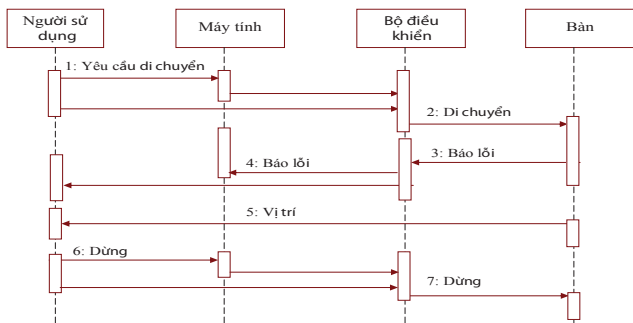


Hình 4: bản vẽ kỹ thuật tổng thể máy đo độ loãng xương bằng tia X

Kết quả

Với các thiết bị y tế công nghệ cao mà đặc biệt là các thiết bị trong chẩn đoán hình ảnh thì phần mềm điều khiển có vai trò cực kỳ quan trọng. Nó không những phải tương thích với phần mềm chụp hình ảnh chuyên dụng mà còn phải phù hợp với kết cấu cơ khí và điện, điện tử của thiết bị nhằm đưa ra các lệnh chính xác, cho phép quá trình chụp được an toàn và ổn định. Công đoạn đầu tiên để xây dựng phần mềm là phân tích thiết kế hệ thống. Đây là bước tìm hiểu nguyên lý hoạt động với các yêu cầu đầu vào và đầu ra. Trên cơ sở đó, xây dựng các chức năng cần có và phân tích mối liên hệ giữa chúng.

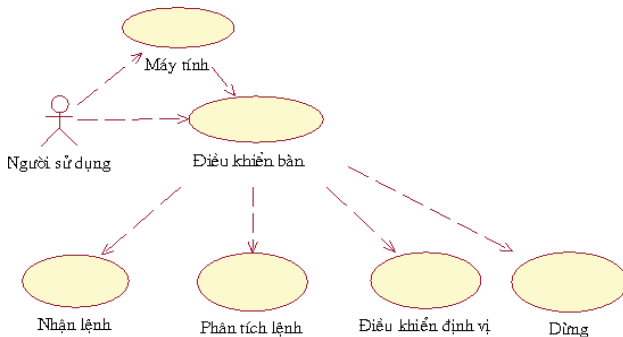
Hoạt động của bàn chụp được thực hiện theo nguyên lý: bàn được di chuyển dọc theo trục X (vào/ra) để điều chỉnh vị trí đo nằm trong vùng phát và nhận tia X. Việc điều khiển được thực hiện trực tiếp trên bảng điều khiển hoặc trên máy tính, trên cơ sở đó, chúng tôi xây dựng biểu đồ trình tự sau [1, 2, 3, 4]:



Hình 5: biểu đồ trình tự hoạt động

Biểu đồ trình tự chỉ ra sự tương tác giữa các đối tượng sắp xếp theo trình tự thời gian. Nó mô tả ứng xử của các đối tượng trong hệ thống điều khiển, giúp ta hình dung được khía cạnh hoạt động của hệ thống.

Bước tiếp theo, nhóm nghiên cứu đã lập ra biểu đồ trường hợp [2, 4] chỉ ra trình tự các hoạt động có thể thực hiện và điều đó mang lại kết quả là các giá trị có thể nhìn thấy được đối với một tác nhân là người sử dụng. Khi người sử dụng thực hiện di chuyển bàn bằng cách bấm nút điều khiển, lập tức lệnh được đưa về vi xử lý. Vi xử lý kiểm tra nếu đúng lệnh thì phát tín hiệu điều khiển các cơ cấu truyền động để di chuyển. Khi người sử dụng thôi bấm nút hoặc bàn ở vị trí cần định vị thì vi xử lý cắt tín hiệu điều khiển.



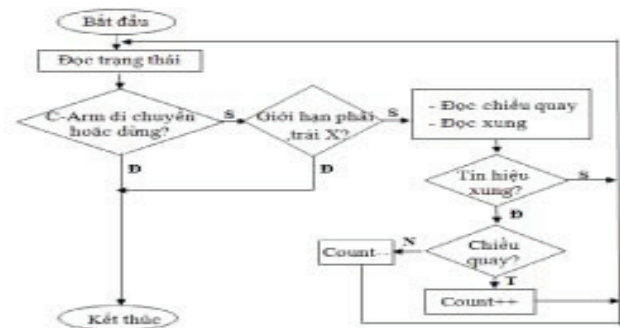
Hình 6: biểu đồ trường hợp

Theo nguyên lý hoạt động, bàn được di chuyển bởi motor và hệ thống truyền động. Khoảng cách di chuyển của bàn được xác định thông qua tốc độ của motor hay số xung mà encoder đếm được. Từ đây, bài toán điều khiển chuyển động theo trục X được xem là bài toán nhận xung và phát xung [5, 6]. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu đã xây dựng các lưu đồ thuật toán nhận, xử lý và phát xung. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng ngôn ngữ lập trình Keil C [7] để lập trình cho vi xử lý. Phần mềm được lập trình với các mô đun có cấu trúc như sau:

- Mô đun chính: đây là phần thân chương trình chứa các mô đun chức năng.
- Mô đun bàn phím: có nhiệm vụ đọc dữ liệu từ cổng bàn phím.
- Mô đun lỗi: có chức năng thông báo lỗi khi có lỗi xảy ra (có thể là lỗi bàn phím hoặc lỗi thông số hay lỗi hệ thống).
- Mô đun xử lý, phân tích: nhận các giá trị từ mô đun bàn phím chuyển về, kiểm tra xem có lệnh từ bàn phím hay không. Trong trường hợp có lệnh, mô đun này tách phân lệnh trong gói dữ liệu nhận được và so sánh, nếu đúng lệnh di chuyển thì nó sẽ yêu cầu mô đun định vị vị trí thực hiện.
- Mô đun máy tính: trao đổi dữ liệu với máy tính.

- Mô đun ra: xuất tín hiệu xung áp để di chuyển bàn vào/ra theo trục X.

Dựa vào các phân tích cấu trúc trên, nhóm nghiên cứu đã xây dựng lưu đồ thuật toán nhận, xử lý và phát xung như hình 7.



Hình 7: lưu đồ thuật toán nhận, xử lý và phát xung

Kết luận

Trên đây là một phần kết quả của đề tài nghiên cứu cấp Bộ Y tế với nội dung “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy đo độ loãng xương bằng tia X” mà Viện Máy và Dụng cụ Công nghiệp (IMI) đã chủ trì thực hiện. Thiết bị đã được chế tạo, lắp ráp, chạy thử và được Trung tâm Đánh giá không phá hủy thuộc Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam (Bộ Khoa học và Công nghệ) cấp giấy kiểm định an toàn. Việc chế tạo thành công thiết bị này đã giúp các cán bộ của Viện IMI làm chủ được một công nghệ hiện đại (bao gồm từ nghiên cứu đến thiết kế, chế tạo và vận hành), giúp cho ngành y tế trong nước từng bước làm chủ thiết bị công nghệ, chủ động trong việc khám và điều trị bệnh loãng xương cho nhân dân.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Văn Ba, Phân tích và thiết kế hệ thống thông tin, Nxb Đại học Quốc gia, Hà Nội, 2003.
- [2] Đặng Văn Đức, Phân tích thiết kế hướng đối tượng bằng UML (thực hành với Rational Rose), Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2002.
- [3] Oestereich B., Developing Software with UML, Object-Oriented Analysis and Design in Practice, Addison - Wesley, 2000.
- [4] Ngô Diên Tập, Vi xử lý trong đo lường và điều khiển, Nxb Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2000.
- [5] Các tài liệu của hãng chế tạo máy đo độ loãng xương bằng tia X trên thế giới.
- [6] Stephen R. Schach, Classical and Object, Oriented Software Engineering with UML and C++, 4th ed., McGraw-Hill, 1999.
- [7] Ngô Diên Tập, Vi điều khiển với lập trình C, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.