

HIỆU QUẢ Y TẾ SỐ TRONG QUẢN LÝ LOÃNG XƯƠNG: NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN LUẬN ĐIỂM

Bùi Mỹ Hạnh^{1,2,✉}, Nguyễn Thị Thùy Trang², Hoàng Thị Hồng Xuyên^{1,2}

¹Trường Đại học Y Hà Nội

²Bệnh viện Đại học Y Hà Nội

Loãng xương là một bệnh rối loạn chuyển hóa xương tiến triển thầm lặng. Tỷ lệ mắc và tử vong do gãy xương do loãng xương tăng lên kéo theo tăng gánh nặng cho người bệnh, gia đình, xã hội. Mục tiêu nghiên cứu này nhằm tìm hiểu ứng dụng của y tế số trong sàng lọc, theo dõi điều trị loãng xương. Nghiên cứu được tiến hành theo quy trình nghiên cứu tổng quan, tìm kiếm trên cơ sở dữ liệu Pubmed. Nội dung tìm kiếm tập trung vào ba phần chính: bệnh loãng xương, y tế số, và hiệu quả. Các bài báo gốc được lựa chọn xuất bản từ tháng 1/2014 đến tháng 9/2024 trên các tạp chí quốc tế có bình duyệt. Tổng cộng 18 bài báo được đưa vào phân tích. Y tế số được ứng dụng chủ yếu trong: sàng lọc loãng xương (38,9%) theo dõi điều trị loãng xương (62,1%). Phần lớn nghiên cứu cho thấy kết quả tích cực trong cải thiện sức khỏe cho người bệnh.

Từ khóa: Y tế số, chuyển đổi số, hiệu quả, loãng xương, gãy xương.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Loãng xương là bệnh mãn tính nghiêm trọng trong đó mật độ xương giảm dần một cách âm thầm, dẫn đến cấu trúc xương xốp và dễ gãy hơn. Tại Châu Á, số ca gãy xương đùi do loãng xương dự kiến tăng từ 1.124.060 ca năm 2018 lên 2.563.488 ca vào năm 2050.¹ Người châu Á cũng chiếm 55% dân số có nguy cơ bị gãy xương do loãng xương trên toàn thế giới.² Tỷ lệ mắc và tử vong do gãy xương do loãng xương ngày càng tăng lên nhanh chóng kéo theo gánh nặng cho người bệnh, gia đình, xã hội cũng tăng lên đáng kể. Ngoài ra, gãy xương do loãng xương cũng ảnh hưởng đến việc chăm sóc sức khỏe và tăng gánh nặng kinh tế. Gãy xương đùi có liên quan đến tỷ lệ tử vong 30% sau 1 năm và 53% người bệnh bị gãy xương đùi không còn khả năng sinh hoạt độc lập.¹ Gãy xương đùi làm tăng đáng kể nguy cơ tử vong trong thời gian sau gãy xương

và có nguy cơ cao gãy xương tiếp theo. Tuy nhiên, có tới 80 - 95% người bệnh tại một số cơ sở y tế xuất viện sau khi phẫu thuật gãy xương đùi mà không có phương pháp điều trị chống gãy xương hoặc kế hoạch quản lý.³ Một số nghiên cứu chỉ ra rằng > 40% người bệnh loãng xương bỏ cuộc khi tập thể dục và chỉ có khoảng 40% đến 70% người bệnh tuân thủ liệu pháp dùng thuốc thấp hơn nhóm người bệnh ung thư hoặc bệnh tim mạch.^{4,5} Do đó, điều quan trọng trong chiến lược quản lý loãng xương là sàng lọc-phát hiện sớm, chẩn đoán và điều trị loãng xương như một hoạt động lâm sàng thường quy. Các nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe không ngừng tìm kiếm các dịch vụ y tế số có thể hỗ trợ cho các công việc này nhằm mục tiêu tiết kiệm thời gian, chi phí, tăng hiệu quả trong chăm sóc và điều trị bệnh. Có rất nhiều mô hình, thuật toán trí tuệ nhân tạo được giới thiệu có khả năng dự báo nguy cơ gãy xương, loãng xương tuy nhiên thách thức lớn nhất thường được đề cập đó là việc tích hợp các mô hình này triển khai đồng bộ với hồ sơ sức khỏe điện tử của người bệnh trong khi phải đảm bảo được tính chính xác, chất

Tác giả liên hệ: Bùi Mỹ Hạnh

Trường Đại học Y Hà Nội

Email: buimyhanh@hmu.edu.vn

Ngày nhận: 20/09/2024

Ngày được chấp nhận: 06/11/2024

lượng dữ liệu cũng như bảo mật dữ liệu. Mục tiêu của nghiên cứu là tổng quan hiệu quả của y tế số trong sàng lọc-dự báo nguy cơ và theo dõi điều trị loãng xương trả lời cho các câu hỏi nghiên cứu sau:

1. Loại hình y tế số nào có khả năng sàng lọc-dự báo nguy cơ loãng xương, độ chính xác, độ nhạy, độ đặc hiệu như thế nào?

2. Loại hình y tế số nào đang được ứng dụng trong thực tế lâm sàng và được đánh giá hiệu quả như một thử nghiệm lâm sàng?

II. NỘI DUNG TỔNG QUAN

Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng quan hệ thống luận điểm, được thực hiện và báo cáo theo hướng dẫn Preferred Reporting Items for Scoping Reviews (PRISMA-ScR).

1. Cơ sở dữ liệu và chiến lược tìm kiếm

Đối với bài tổng quan hệ thống này, các nguồn đã xuất bản đã được xác định bằng cách tìm kiếm các cơ sở dữ liệu PubMed. Chúng tôi sẽ tiến hành tìm kiếm toàn diện để xác định tất cả các ấn phẩm liên quan. Chúng tôi tập trung từ khóa vào ba phần chính:

- (1) Bệnh loãng xương,
- (2) y tế số, và
- (3) hiệu quả.

Chiến lược tìm kiếm được thiết kế bằng cách kết hợp các từ khóa và các điều kiện liên quan đến ba phần chính được đề cập. Tất cả các từ đồng nghĩa có thể có của các từ khóa này sẽ được xác định và đưa vào để bao quát toàn diện hơn về chủ đề nghiên cứu. Toán tử "OR" để liên kết tất cả các thuật ngữ và từ đồng nghĩa thành các nhóm cụ thể liên quan đến các từ khóa chính và toán tử "AND" để liên kết tất cả các nhóm thành chuỗi tìm kiếm cuối cùng. Cụ thể, các từ khóa:

Sức khỏe xương:

Osteoporosis, osteopenia, bone health.

Y tế số:

e-health, m-health, telehealth, digital health, telemedicine, digital technology, artificial intelligence, machine learning, deep learning, big data, mobile data, Electric Health Record, Personal Health Record, Electric Medical Record, telephone app, mobile app, portable, web, web database, computer, call, video, videophone, virtually observed treatment, SMS, webcam.

Hiệu quả:

economics, cost effectiveness, health technology assessment, impact, effect, evaluation, cost, costs, costly, costing, value, budget, prediction, predict, decision support, decision aid, care pathway, treatment pathway, clinical pathway.

2. Lựa chọn nghiên cứu

Tiêu chuẩn lựa chọn:

+ Mô tả về loại hình, công cụ ứng dụng y tế số cụ thể.

+ Liên quan đến sàng lọc, dự báo nguy cơ, theo dõi, tư vấn điều trị loãng xương, sức khỏe xương, gãy xương.

+ Có đề cập đến hiệu quả sàng lọc hoặc khả năng ứng dụng hoặc hiệu quả kinh tế, xã hội.

Quy trình lựa chọn nghiên cứu như sau:

Sau khi nhận dạng các tài liệu trong các cơ sở dữ liệu bằng phương pháp tìm kiếm theo kết hợp thuật ngữ, việc lựa chọn tài liệu được chia thành hai vòng phân loại.

+ Vòng phân loại 1: Qua việc đọc tiêu đề và tóm tắt, các tài liệu được loại trừ theo tiêu chuẩn ở trên.

+ Vòng phân loại 2: Các tài liệu còn lại sau khi qua vòng 1 sẽ được thu thập tài liệu toàn văn. Các thành viên nhóm nghiên cứu sàng lọc đồng thời dựa trên tiêu đề và phần tóm tắt của mỗi bài báo, dựa theo tiêu chuẩn lựa chọn đã mô tả ở trên.

Tiêu chuẩn loại trừ:

- + Bài tổng quan, đề cương nghiên cứu, thư tổng biên tập, chuyên đề-chương sách.
- + Không có bài toàn văn, không xuất bản bằng tiếng Anh.
- + Không có can thiệp y tế số.
- + Không đánh giá hiệu quả của y tế số.

3. Trích xuất thông tin nghiên cứu:

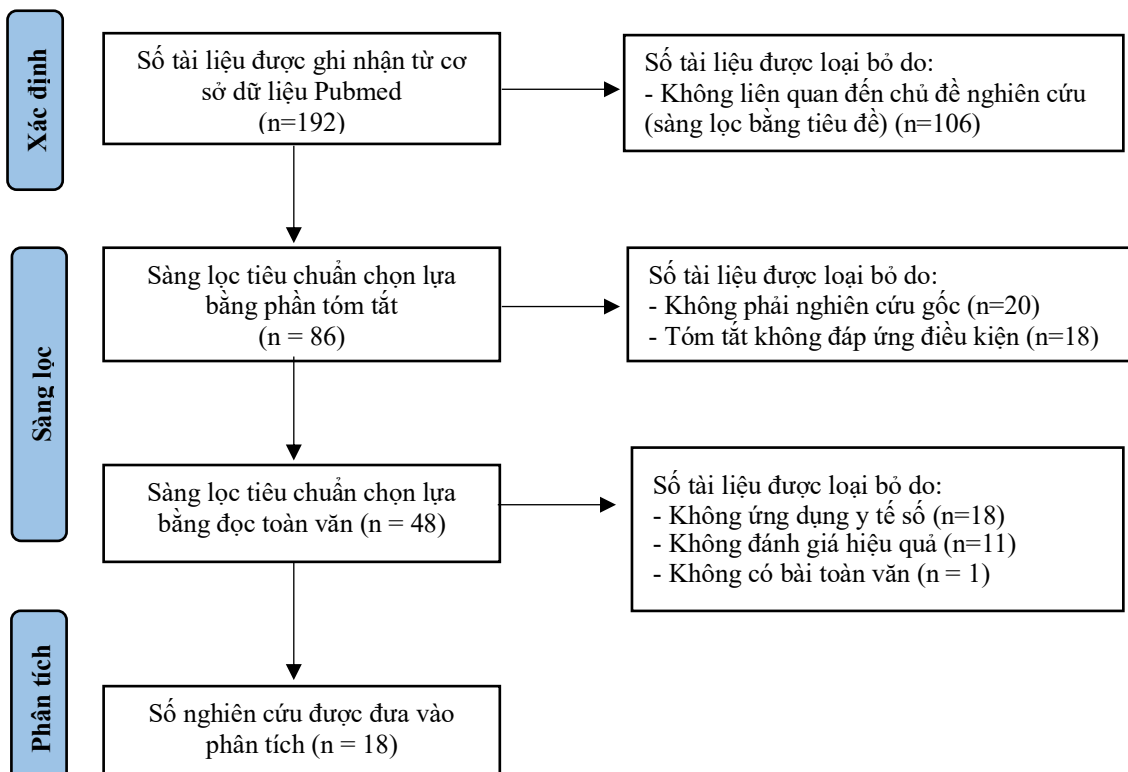
Tất cả dữ liệu được truy xuất từ bài báo toàn văn sẽ được nhập vào biểu mẫu thu thập, lưu trữ thông tin dưới dạng tệp Microsoft Excel. Bất kỳ sự khác biệt nào sẽ được giải quyết bằng cách thảo luận để đạt được sự đồng thuận của cả nhóm nghiên cứu. Khung trích xuất dữ liệu bao gồm các phần: Tên tác giả, năm xuất bản, quốc gia xuất bản, tên tổ

chức; thiết kế nghiên cứu, thời gian nghiên cứu; cỡ mẫu, đặc điểm người bệnh; loại hình y tế số áp dụng, thời gian-hình thức triển khai, kết quả.

III. KẾT QUẢ

1. Đặc điểm các nghiên cứu

Tổng cộng 192 nghiên cứu đã được tìm thấy từ các cơ sở dữ liệu. Sau khi rà soát tiêu đề và tóm tắt nghiên cứu, 144 nghiên cứu bị loại trừ. Tổng cộng 48 nghiên cứu được rà soát toàn văn, trong đó, 30 nghiên cứu bị loại trừ. Các lý do loại trừ bao gồm: 18 nghiên cứu không ứng dụng y tế số; 11 nghiên cứu không đề cập đến hiệu quả và 1 nghiên cứu không có bài toàn văn. Cuối cùng, 18 nghiên cứu được lựa chọn để đưa vào phân tích chi tiết.



Sơ đồ 1. Biểu đồ PRISMA về quy trình lựa chọn nghiên cứu

Phần lớn các nghiên cứu được đưa vào phân tích (16/18) đều là nghiên cứu quan sát, chỉ có 2 nghiên cứu thử nghiệm lâm sàng. Trong đó, có 7 nghiên cứu về mô hình sàng lọc nguy cơ loãng xương bằng trí tuệ nhân tạo (38,9%), 6 nghiên cứu về các ứng dụng trên điện thoại (mHealth) và nền tảng Website để theo dõi sức khỏe xương, tư vấn, giáo dục về lối sống, dinh dưỡng cho người bị loãng xương hoặc có nguy cơ cao bị loãng xương (33,3%), 5 nghiên cứu về các ứng dụng theo dõi, quản lý người bệnh có nguy cơ cao gãy xương hoặc sau gãy xương do loãng xương (27,8%).

2. Một số mô hình ứng dụng y tế số trong sàng lọc-dự báo nguy cơ loãng xương

Ứng dụng y tế số nổi bật và phổ biến ứng dụng trong sàng lọc loãng xương là trí tuệ nhân tạo cụ thể ở đây là các mô hình máy học. Máy học (Machine learning) là một tập hợp con của khoa máy học tính và là một lĩnh vực của trí tuệ nhân tạo được sử dụng gần đây trong dự báo nguy cơ loãng xương cho thấy hiệu quả dự báo vượt trội so với các mô hình hồi quy truyền thống. Các thuật toán máy học ứng dụng trong 7 nghiên cứu được đưa vào phân tích bao gồm: LR (Linear Regression), RF (Random Forest), XGBoost, SVM (Support Vector Machine), ANN (Artificial Neural Network), KNN (K-Nearest Neighbors), LightGBM (Light Gradient boosting machine), CB (CatBoost), NB (Naive Bayes), SGB (stochastic gradient boosting), BFDA (Bagged Flexible Discriminant analysis). Trong đó, 3 thuật toán được sử dụng nhiều nhất là: RF (6/7 nghiên cứu sử dụng), SVM (4/7 nghiên cứu sử dụng) và LR (4/7 nghiên cứu sử dụng). Các nghiên cứu đều sử dụng tham chiếu là kết quả đo mật độ xương bằng phương pháp DXA. Các mô hình máy học cho hiệu suất dự báo tốt hơn các mô hình truyền thống với AUC (0,682 - 0,91).

Bảng 1. Một số nghiên cứu ứng dụng mô hình-thuật toán máy học dự báo loãng xương

Tác giả (năm) Quốc gia	Giới	Thuật toán	Biến số đầu vào	Hiệu quả	Kết luận
Yang và cs (2023), Trung Quốc ⁶	Nam: 214 Nữ: 586	GBM, SVM, NB	<ul style="list-style-type: none"> - Trình độ học vấn - Tiền sử giảm chiều cao - Tiền sử loét dạ dày - Thu nhập 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình đầy đủ: AUC: NB (0,859), SVM (0,854), GBM (0,838), LR (0,825), độ nhạy (77% - 87%), độ đặc hiệu (74% - 86%), độ chính xác (75% - 85%) - POST: AUC: NB (0,858), SVM (0,858), GBM (0,851), 	Mô hình máy học cải thiện độ chính xác trong dự báo loãng xương.
			<ul style="list-style-type: none"> - Mất răng do bệnh - Số răng bị mất - Bổ sung vitamin D - Hoạt động thể chất nhiều 	<ul style="list-style-type: none"> - Mất răng do bệnh - Số răng bị mất - Tuổi, giới, BMI - Số răng bị mất - Trình độ học vấn 	

Tác giả (năm) Quốc gia	Giới	Thuật toán	Biến số đầu vào	Hiệu quả	Kết luận
Yang và cs (2023), Trung Quốc ⁶	Nam: 214 Nữ: 586	GBM, SVM, NB	- Nghề nghiệp - Tiền sử giảm chiều cao - Tiền sử gãy xương - Bổ sung vitamin D	LR (0,845), độ nhạy (77% - 83%), độ đặc hiệu (83% - 87,5), độ chính xác (83% - 85%).	Mô hình máy học cải thiện độ chính xác trong dự báo loãng xương.
MH Bùi và cs (2022), Việt Nam ⁷	Nữ: 1951	LoR, SVM, RF, NN	- Tuổi, chiều cao, cân nặng - Glucose - Vùng địa lý - Ure - Acid uric - AST - Cholesterol - Creatinine - FT4	AUC [95%CI]: RF (0,854 [0,825 - 0,881]), LoR (0,837 [0,801 - 0,863]), SVM (0,836 [0,803 - 0,862]), NN (0,837 [0,800 - 0,862])	Mô hình máy học dự báo loãng xương có hiệu quả cao hơn mô hình hồi quy truyền thống
Kwon và cs (2022), Hàn Quốc ⁵	Nữ: 1431	KNN, RF, AdaBoost, GBM	10 xét nghiệm: - chiều cao - cân nặng - chu vi vòng eo - Insulin - ALP - Creatinin - vitaminD - FEV1/FVC - HDL-C - huyết áp	10 thông số phòng vấn: - tuổi - tuổi có kinh - tuổi mãn kinh - chiều cao cao nhất đạt được - số giờ ngủ/ngày - tuổi bắt đầu uống rượu - chất lượng cuộc sống (VAS) - tần suất tập thể dục/ tuần - trình độ học vấn dùng estrogen	Mô hình máy học có hiệu suất dự báo loãng xương cao hơn nếu mô hình đầy đủ thông số hơn

Tác giả (năm) Quốc gia	Giới	Thuật toán	Biến số đầu vào	Hiệu quả	Kết luận
Chang và cs (2023), Trung Quốc ⁸	Nữ: 1698	RF, XGBoost, NB, SGB	- Chiều cao - cân nặng - số đo vòng eo - huyết áp tâm thu - huyết áp tâm phải - huyết áp tâm trung cánh tay phải - đường huyết lúc đói - HDL-C - LDL-C - acid uric - eGFR - triglycerid	Mô hình máy học có sai số thấp hơn mô hình hồi quy truyền thống	Mô hình máy học hiệu quả dự báo cao hơn mô hình hồi quy truyền thống
Ou Yang và cs (2021), Đài Loan ⁹	Nam: 3053 Nữ: 2929	ANN, SVM, RF, KNIN, LR	Đối với cả nam và nữ: - Cholesterol lipoprotein trọng lượng phân tử cao (HDL-C) - phosphatase kiềm (ALK-P) - hormone (TSH). Đối với phụ nữ: - tình trạng mãn kinh - tiền sử điều trị bằng liệu pháp thay thế hormone (HRT) - số lần sinh đôi	- Nam: AUROC [95%CI]: KNN (0,821 [0,788 - 0,851]), RF (0,843 [0,812 - 0,871]). Độ nhạy 83 - 96%, độ đặc hiệu 53 - 73%. - Nữ: AUROC [95%CI]: KNN (0,767 [0,731 - 0,801]), RF (0,811 [0,777 - 0,842]). Độ nhạy 76 - 90% và độ đặc hiệu 62 - 69%.	Thuật toán máy học cải thiện hiệu suất sàng lọc loãng xương

Tác giả (năm) Quốc gia	Giới	Thuật toán	Biến số đầu vào	Hiệu quả	Kết luận	
Erjiang và cs (2020), Ireland ¹⁰	Nam: 1983 Nữ: 11594	XGB, BFDA, NN, CB, LR, RF, SVM	- Tuổi, cân nặng, BMI - Nghiện rượu - Điều trị ung thư vú - Bệnh tim mạch - Bệnh thận mạn - Bệnh hô hấp mạn tính - Dùng corticoid - Trầm cảm - Đái tháo đường - Loãng xương gia đình - Gãy xương, té ngã	- Giảm chiều cao - Hocmon thay thế - Cường cận giáp - Suy sinh dục - Viêm khớp dạng thấp - Viêm đa khớp - Bệnh gan - Dinh dưỡng - Dùng an thần - Thiếu xương - Điều trị ung thư khác - Bệnh chuyển hóa khác - Bệnh tuyến giáp - Dùng thuốc lá	- AUC [95%CI]: + Nữ: XGB (0,833 [0,812 - 0,853]), CB (0,831 [0,810 - 0,852]), BFDA (0,825 [0,804 - 0,846]), NN (0,824, [0,802 - 0,845]), SVM (0,809 [0,787 - 0,831]), RF (0,808 [0,785, 0,831]), LR (0,872 [0,760, 0,803])+ Nam: XGB (0,768, [0,706 - 0,829]), BFDA (0,761 [0,699 - 0,824]), NN (0,754 [0,689 - 0,818]), CB (0,744 [0,679 - 0,809]), LR (0,738 [0,679 - 0,792]), RF (0,718 [0,649 - 0,787]), SVM (0,683 [0,619 - 0,747])	Mô hình máy học cải thiện khả năng phát hiện loãng xương ở nam giới và phụ nữ lớn tuổi.
Lee và cs (2023), Hàn Quốc ¹¹	Nam: 204 Nữ: 2170	LR, RF, XGB, LightGBM	- Tuổi, giới, BMI - Tiền sử gãy xương - Tiền sử gia đình viêm khớp dạng thấp	- Đang hút thuốc - Nghiện rượu - Đang uống glucocorticoid	AUC [95%CI]: LR (0,750 [0,717 - 0,783]), RF (0,747 [0,715 - 0,681]), XGB (0,749 [0,72 - 0,779]), LightGBM (0,744 [0,715 - 0,772]) - Độ chính xác cao nhất mô hình XGB (0,682) và điểm F1 cao nhất mô hình RF (0,70)	Mô hình máy học cải thiện hiệu suất dự báo loãng xương

3. Một số ứng dụng dụng y tế số trong theo dõi, tư vấn điều trị loãng xương

Bảng 2. Một số chương trình ứng dụng trên điện thoại và nền tảng Website trong theo dõi, tư vấn loãng xương

Tác giả (năm) Quốc gia	Thời gian theo dõi	Đối tượng (Cỡ mẫu)	Loại hình y tế số Thiết bị	Dữ liệu đầu vào	Kết quả
Ravn Jakobsen và cs (2018), Đan Mạch ¹²	12 tuần	Nữ, tuổi 50 - 65, chẩn đoán bệnh loãng xương không triệu chứng (n = 18)	- Ứng dụng điện thoại "My Osteoporosis Journey". - Android và iOS (công khai)	- Kết quả đo DEXA - Tuổi, giới, cân nặng - Số lần gãy xương từ 50 tuổi - Tiền sử ngã trong vòng 12 tháng	17/18 người hài lòng vì ứng dụng hỗ trợ hiệu quả trong việc tự quản lý bệnh loãng xương (giảm nguy cơ té ngã, nguy cơ gãy xương, hỗ trợ ra quyết định lựa chọn bác sĩ khám và điều trị) tại bất kỳ đâu.
Ryan và cs (2018), Hoa Kỳ ¹³	12 tháng	40 - 60 tuổi (n = 290)	- Ứng dụng điện thoại: "Striving", "Boning up", "Wait List" - Android và iOS (riêng tư)	- Thông tin nhân khẩu học - Thể trạng (BMI) - Đánh giá nguy cơ gãy xương (FRAX) - Tình trạng mãn kinh - BMD xương đùi, BMD cột sống thắt lưng L1-L4 - Điểm xương xốp (Trabecular Bone Score - TBS)	- Cải thiện tỷ lệ giảm BMD sau 12 tháng. - Không thay đổi điểm TBS. - Tỷ lệ duy trì sử dụng ứng dụng sau 12 tháng 89,6%
Li và cs (2020), Hồng Kông ¹⁴	12 tuần	≥ 60 tuổi (n = 31)	- Ứng dụng điện thoại hoặc trang web Caspar Health - Android và iOS (công khai)	- Tuổi, giới, trình độ học vấn - Vị trí chấn thương, loại và bên phẫu thuật, thời gian nằm viện, chức năng thị giác, điểm IADL, số lượng thuốc đã dùng, mức độ hoạt động, tình trạng di chuyển, việc sử dụng thiết bị hỗ trợ di chuyển và hỗ trợ xã hội theo hồ sơ bệnh án của bệnh viện	- Cải thiện điểm MFS, IADL, FES

Tác giả (năm) Quốc gia	Thời gian theo dõi	Đối tượng (Cơ mẫu)	Loại hình y tế số Thiết bị	Dữ liệu đầu vào	Kết quả
Park và cs (2017), Hàn Quốc ¹⁵	20 tuần	Nữ Z-score < -1,0 (n = 82)	Ứng dụng điện thoại: "Strong bone, Fit body" (SbFb) - Android (riêng tư)	- Tuổi, vị trí địa lý - Tình trạng kinh tế - Hút thuốc, nghiện rượu - Bệnh dạ dày - Ăn uống đều đặn - Lượng caffeine/ngày - Tình trạng kinh nguyệt - Sử dụng steroid - BMI và thành phần cơ thể - BMD thắt lưng - Xét nghiệm máu: canxi, photpho, vitamin D, Osteocalcin, C-telopeptide (CTX), sclerostin	- Tăng nồng độ canxi và vitaminD - Giảm nồng độ sclerostin
D. T. Nguyen và cs (2023), Úc ¹⁶	Không đề cập	Tuổi ≥ 50 (n = 3000)	Ứng dụng điện thoại hoặc trang web: "BONEcheck" - Apple Store (iOS), Google Play (Android).	- Tuổi, giới - Chiều cao, cân nặng - Hút thuốc, uống rượu - Gãy xương trước đó - Tỷ lệ té ngã - Mật độ khoáng xương (BMD) - Bệnh đi kèm và các biến thể di truyền liên quan đến BMD.	- BONEcheck dự báo gãy xương chính xác hơn FRAX - Cải thiện hiệu quả trong quá trình ra quyết định can thiệp lâm sàng.
A. Papaioannou và cs (2021), Canada ¹⁷	07/2018-12/2019	- Nữ, tuổi ≥ 70 - Nữ, tuổi ≥ 50 kèm theo tiến sử gãy xương	- Công cụ ADVANTAGE OP EMR	- BMD xương đùi, thắt lưng - Tiền sử gãy xương - Kết quả FRAX hoặc CAROC - Phác đồ điều trị loãng xương	- Phát hiện sớm nguy cơ gãy xương ở 29%; 19% có nguy cơ cao, trong đó 37% không được điều trị bằng thuốc theo

Tác giả (năm) Quốc gia	Thời gian theo dõi	Đối tượng (Cỡ mẫu)	Loại hình y tế số Thiết bị	Dữ liệu đầu vào	Kết quả
A. Papaio-annou và cs (2021), Canada ¹⁷	07/2018-12/2019	hoặc T-score cổ xương đùi hoặc cột sống thất lưng nhỏ hơn hoặc bằng -2,5 (n = 17.310)			khuyến nghị
Kim và cs (2019), Hàn Quốc ⁴	Không đề cập	> 60 tuổi, sau can thiệp gãy xương (n = 60)	<ul style="list-style-type: none"> Ứng dụng điện thoại: Fracture Liaison Service (FLS) tích hợp cảm biến IoT trên xe lăn Android và iOS 	<ul style="list-style-type: none"> Thông tin bài tập Thông tin dinh dưỡng Điểm nguy cơ té ngã, nguy cơ té ngã dựa trên tích hợp cảm biến IoT trên xe lăn Lịch uống thuốc Lịch gặp Bác sĩ Quản lý các yếu tố nguy cơ: Đánh giá và phòng ngừa yếu tố nguy cơ 	<ul style="list-style-type: none"> Ứng dụng có khả năng ứng dụng rộng rãi, giảm tỷ lệ té ngã cho người bệnh
Lu K và cs (2024), Trung Quốc ¹⁸	01/2017-07/2022	Tuổi ≥ 50 (n = 3073)	<ul style="list-style-type: none"> FLS trên nền tảng ứng dụng điện thoại hoặc Web Apple Store (iOS), Google Play (Android). Nền tảng Web 	<ul style="list-style-type: none"> Tỷ lệ tử vong chung, tỷ lệ tử vong do té ngã, tỷ lệ gãy xương ở nhóm có và không có FLS Tổng chi phí nằm viện trung bình của người bệnh liên quan đến gãy xương Tỷ lệ tái khám DEXA khi có FLS Tỷ lệ bắt đầu điều trị thuốc ở nhóm có và không có FLS 	<ul style="list-style-type: none"> Mô hình FLS mới giảm tỷ lệ tử vong 36%, giảm tỷ lệ tử vong do té ngã, tỷ lệ gãy xương, giảm tổng chi phí nằm viện liên quan đến gãy xương, tăng tỷ lệ khám lại DEXA, tăng tỷ lệ bắt đầu điều trị.

Tác giả (năm) Quốc gia	Thời gian theo dõi	Đối tượng (Cơ mẫu)	Loại hình y tế số Thiết bị	Dữ liệu đầu vào	Kết quả
M. Chandran và cs (2020), Singapore ³	Không đề cập	Nữ > 50 tuổi (n = 2080)	- FRAX - Apple Store (iOS) và Google Play (Android). Nền tảng Web	Chi phí điều trị loãng xương khi can thiệp theo ngưỡng phân loại nguy cơ FRAX	Can thiệp điều trị ở phụ nữ trên 50 tuổi có nguy cơ gãy xương lớn hoặc gãy xương đùi trong 10 năm lần lượt là 14% hoặc 3,5% (FRAX) có hiệu quả trong tiết kiệm chi phí và các nguồn lực chăm sóc sức khỏe.
Lindsay và cs (2020), Ireland ¹⁹	12 tháng	Người bệnh đến chuyên khoa loãng xương đã được phân loại điện tử (n = 809)	- Phân loại điện tử trong Hệ thống Hồ sơ chăm sóc sức khỏe điện tử Bắc Ireland (NIECR) - Website	Thông tin lâm sàng, cận lâm sàng trong hồ sơ sức khỏe điện tử tại cơ sở chăm sóc ban đầu	Mức độ đồng thuận cao về danh mục phân loại giữa bác sĩ lâm sàng giới thiệu và các dịch vụ chuyên khoa, tiết kiệm thời gian thăm khám cho người bệnh.
Ye và cs (2020), Hoa Kỳ ²⁰	2016 - 2018	≥ 65 tuổi (n = 65.225)	- XGBoost - Website	Thông tin lâm sàng, cận lâm sàng trên cơ sở dữ liệu hồ sơ sức khỏe điện tử (ERH)	Sử dụng dữ liệu ERH+ mô hình dự báo có hiệu quả dự báo nguy cơ té ngã với AUC là 0.807

*MFS (Morse Fall Score): Thang điểm Morse; FES (The Falls Efficacy Scale):

Thang đo nguy cơ té ngã; IADL (Instrumental activities of daily living): Thang đo hoạt động sống thường ngày.

Các ứng dụng có thể được phân loại theo mục tiêu khác nhau: (1) ứng dụng theo dõi (theo dõi dinh dưỡng hàng ngày, các bài tập và các triệu chứng của bệnh), (2) ứng dụng đánh giá (cung cấp cho các chuyên gia y tế và người bệnh các kiểm tra dưới dạng bộ câu hỏi khác nhau để đánh giá người bệnh và (3) ứng dụng đo lường (đo một số thông số hoặc biến số liên quan đến bệnh loãng xương).^{3,4,12-17,19,20} Trong đó, 10/11 (90,9%) ứng dụng đề cập đến hiệu quả cải thiện sức khỏe cho người bệnh bao gồm một hoặc nhiều lĩnh vực khác nhau: cải thiện chất lượng cuộc sống, giảm nguy cơ té ngã, cải thiện tỷ lệ giảm BMD, tăng nồng độ canxi và vitamin D trong máu, tăng tỷ lệ tuân thủ điều trị, giảm tỷ lệ tử vong do té ngã. 2/11 (18,2%) nghiên cứu đề cập đến việc các ứng dụng y tế số giúp giảm chi phí trong điều trị, chăm sóc người bệnh loãng xương.

Về hình thức liên lạc, các ứng dụng cho hiệu quả tốt là các ứng dụng có sự tham gia phối hợp của nhiều đơn vị, nhiều chuyên khoa khác nhau. Ravn Jakobsen và cộng sự đã nghiên cứu và phát triển ứng dụng “My Osteoporosis Journey” có sự tham gia của tất cả các bên liên quan, bao gồm các nhà nghiên cứu, phụ nữ, bác sĩ, chuyên gia chăm sóc sức khỏe và nhà thiết kế ứng dụng.¹² Nghiên cứu cũng thử nghiệm ứng dụng trên những phụ nữ mới được chẩn đoán mắc bệnh loãng xương không triệu chứng cho kết quả tốt (94,4% người sử dụng ứng dụng hài lòng). Mô hình FLS theo dõi người bệnh sau gãy xương là mô hình phổ biến và có hiệu quả tốt. Đây là mô hình phòng ngừa gãy xương thứ phát với sự tham gia của nhiều chuyên khoa cùng cam kết, hoạt động dựa trên mạng lưới điều phối viên. Mô hình này giảm đáng kể tỷ lệ gãy xương thứ phát, tăng tỷ lệ điều trị từ 44% đến 66%, chi phí tiết kiệm có thể lên tới 16,7 triệu đô la cho 2,5 triệu ca gãy xương do loãng xương mỗi năm tại Hoa Kỳ.

FLS đã làm giảm gãy xương, giảm chi phí, tăng số năm sống điều chỉnh theo chất lượng và cải thiện kết quả bệnh loãng xương. Ngoài ra, nghiên cứu của Park và cộng sự cho thấy hình thức liên lạc bằng tin nhắn qua ứng dụng không hiệu quả trong việc tạo động lực tuân thủ chương trình tập luyện cho người dùng.¹⁵

IV. BÀN LUẬN

Trí tuệ nhân tạo, giúp sàng lọc loãng xương hiệu quả hơn

Các mô hình máy học đã chứng minh được hiệu suất vượt trội hơn các mô hình phân tích hồi quy truyền thống với AUC trong nghiên cứu tổng quan này dao động từ 0,682 đến 0,91. Thuật toán hồi quy (LR) có hiệu suất cao hơn đối với các mô hình đơn giản, có ít yếu tố đầu vào vì trong số các thuật toán học máy thì LR là thuật toán phân loại đơn giản và phù hợp với dữ liệu có sự phân biệt tuyến tính. Mô hình có yếu tố đầu vào có mối liên hệ phi tuyến, cỡ mẫu nhỏ, thuật toán NB và SVM có hiệu suất dự báo tốt hơn.⁶ Các thuật toán này không có khả năng cân bằng dữ liệu do đó sẽ kém hiệu quả hơn khi biến số đầu vào phức tạp và cỡ mẫu tăng lên. Với dữ liệu có tính phi tuyến tính và nhiều biến tương tác (xét nghiệm, tiền sử), cỡ mẫu lớn vừa phải, thuật toán RF có hiệu suất nổi trội hơn.^{7,9} Đối với các mô hình có nhiều biến số đầu vào phức tạp, cấu trúc đa dạng, bộ dữ liệu với cỡ mẫu lớn bao gồm cả nam và nữ, thuật toán XGB, AdaBoost có hiệu suất sàng lọc cao hơn.^{5,10} Tuy nhiên, XGB, AdaBoost là các thuật toán tối ưu hóa phức tạp, nó cần nhiều tài nguyên tính toán, đặc biệt khi làm việc với dữ liệu lớn. Điều này có thể dẫn đến thời gian huấn luyện lâu và tiêu thụ bộ nhớ lớn. Bộ các thuật toán học có giám sát, được tích hợp vào các ứng dụng y tế số sẽ sàng lọc người bệnh theo mức độ nguy cơ loãng xương từ đó đưa ra phương án can thiệp phù hợp với hành vi và đặc điểm, lối

sống của từng cá nhân, do đó cải thiện được hiệu quả can thiệp.

Ứng dụng y tế số trong quản lý loãng xương

Các phiên bản nâng cao của các ứng dụng mHealth... có thể thực hiện quản lý loãng xương lâu dài thông qua quá trình học và huấn luyện trên internet bằng cách sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và phân tích dữ liệu lớn. Ngoài ra, AI cũng đóng vai trò quan trọng trong quá trình tự quản lý loãng xương. Các hệ thống thông thường được sử dụng để xử lý dữ liệu sức khỏe kém chính xác hơn và thiếu sự hội tụ so với các hệ thống được AI hỗ trợ. Các nghiên cứu đa phần cho rằng Dịch vụ liên kết chăm sóc gãy xương (FLS) là mô hình chăm sóc loãng xương tốt nhất, có hiệu quả vượt trội. Tuy nhiên, các quốc gia đang triển khai đều là những quốc gia phát triển, có nguồn lực cũng như năng lực điều phối-quản lý hoạt động đa ngành tốt. Singapore là nước đầu tiên thực hiện nghiên cứu bài bản về chi phí điều trị gãy xương dựa trên dữ liệu về tỷ lệ gãy xương và loãng xương và chi phí chăm sóc gãy xương được lấy từ cơ sở dữ liệu của Bộ Y tế. Điều này đảm bảo rằng dữ liệu được sử dụng có tính đại diện trên toàn quốc, đáng tin cậy và chính xác. Đây cũng là nghiên cứu đầu tiên như vậy về hiệu quả về chi phí của việc chăm sóc loãng xương có sự tham gia chặt chẽ của Bộ Y tế quy mô quốc gia.³ Để có được nghiên cứu như vậy đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ giữa các nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe và các nhà hoạch định chính sách cùng nhau tạo ra các giải pháp cho các vấn đề trong việc quản lý loãng xương.

Một trong những ứng dụng nổi bật của y tế số là hệ thống Hồ sơ bệnh án điện tử (EMR: Electric Medical Record) và Hồ sơ sức khỏe điện tử (EHR: Electric Health Record) và Hồ sơ sức khỏe cá nhân (PHR: Personal Health Record). Thông tin trong PHR thường bao gồm

sự kết hợp thông tin lâm sàng từ các lần khám bác sĩ, kết quả sức khỏe và kết quả xét nghiệm và dữ liệu mà họ có thể tự theo dõi từ thiết bị theo dõi tại nhà hoặc các thiết bị y tế đeo trên người. PRH có thể truy cập 24/7, cho người bệnh quyền chủ động đối chiếu sử dụng thuốc, tăng cường quản lý tự chăm sóc và phòng ngừa các bệnh mạn tính. Như vậy cơ sở dữ liệu ERH và PRH khi có sự tích hợp, đồng bộ dữ liệu từ nhiều nguồn ứng dụng y tế số khác (mHealth, eHealth, FLS...) chính là mô hình chăm sóc, quản lý loãng xương một cách toàn diện, liên tục, đảm bảo can thiệp kịp thời với hiệu quả tuân thủ điều trị cao.

Hạn chế

Chiến lược tìm kiếm của nghiên cứu trên chỉ một cơ sở dữ liệu Pubmed do khả năng miễn phí, dễ tiếp cận. Nhóm nghiên cứu không tiếp cận được các cơ sở dữ liệu khác như Scopus, Web of Science, Embase, và Cochrane Library do những cơ sở dữ liệu này yêu cầu trả phí và không thể đăng ký cá nhân trong khi đó ở Việt Nam không có một cơ sở giáo dục đại học nào đứng ra mua tài khoản truy cập những cơ sở dữ liệu này. Chính một phần từ hạn chế này nên nghiên cứu tập trung tìm kiếm và đưa vào phân tích các ứng dụng y tế số liên quan đến bệnh loãng xương và chủ yếu mô tả thiết kế nghiên cứu, cỡ mẫu. Chất lượng các nghiên cứu được rà soát đơn giản thông qua kiểm tra chỉ số trích dẫn được công khai trên trang Pubmed.

V. KẾT LUẬN

Các ứng dụng y tế số cho thấy hiệu quả trong sàng lọc loãng xương trong cộng đồng, cải thiện tỷ lệ tuân thủ điều trị, giảm tỷ lệ tử vong, giảm tỷ lệ biến chứng gãy xương tái phát từ đó giảm gánh nặng chi phí trong việc quản lý loãng xương. Những ứng dụng này được tích hợp trí tuệ nhân tạo tạo nên cơ sở dữ liệu lớn cho các bác sĩ lâm sàng có thể nghiên cứu cải

thiện việc cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe. Tuy nhiên, cần đồng bộ các ứng dụng vào hệ thống hồ sơ sức khỏe để có cơ sở dữ liệu lớn, cá nhân hóa việc quản lý, theo dõi và điều trị cho từng người bệnh theo thời gian thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Conley R B, Adib G, Adler R A, et al. Secondary Fracture Prevention: Consensus Clinical Recommendations from a Multistakeholder Coalition. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2020; 35(1): 36-52.
2. Odén A, McCloskey E V, Kanis J A, et al. Burden of high fracture probability worldwide: secular increases 2010-2040. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2015; 26(9): 2243-2248.
3. Chandran M, Ganesan G, Tan K B, et al. Cost-effectiveness of FRAX®-based intervention thresholds for management of osteoporosis in Singaporean women. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2021; 32(1): 133-144.
4. Kim S W, Won Y J, Chae D S, et al. A New Fracture Liaison Service Using the Mobile Application and IoT Sensor. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Annual International Conference*. 2019; 2019: 3486-3489.
5. Kwon Y, Lee J, Park J H, et al. Osteoporosis Pre-Screening Using Ensemble Machine Learning in Postmenopausal Korean Women. *Healthcare (Basel, Switzerland)*. 2022; 10(6).
6. Yang Q, Cheng H, Qin J, et al. A Machine Learning-Based Preclinical Osteoporosis Screening Tool (POST): Model Development and Validation Study. *JMIR aging*. 2023; 6:e46791.
7. Bui HM, Ha MH, Pham HG, et al. Predicting the risk of osteoporosis in older Vietnamese women using machine learning approaches. *Scientific reports*. 2022; 12(1): 20160.
8. Chang Ching-Yao, Peng Chung-Hsin, Chen Fang-Yu, et al. The risk factors determined by four machine learning methods for the change of difference of bone mineral density in post-menopausal women after three years follow-up. *Sci Rep*, 2023; 14(1): 23234.
9. Ou Yang W Y, Lai C C, Tsou M T, et al. Development of Machine Learning Models for Prediction of Osteoporosis from Clinical Health Examination Data. *International journal of environmental research and public health*. 2021; 18(14).
10. E Erjiang, Wang Tingyan, Yang Lan, et al. Machine Learning Can Improve Clinical Detection of Low BMD: The DXA-HIP Study. *Journal of Clinical Densitometry*. 2021; 24(4): 527-537.
11. Lee Chaewon, Joo Gihun, Shin Seunghun, et al. Prediction of osteoporosis in patients with rheumatoid arthritis using machine learning. *Scientific reports*. 2023; 13(1): 21800.
12. Ravn Jakobsen P, Hermann A P, Søndergaard J, et al. Help at hand: Women's experiences of using a mobile health application upon diagnosis of asymptomatic osteoporosis. *SAGE open medicine*. 2018; 6:2050312118807617.
13. Ryan P, Brown R L, Csuka M E, et al. Efficacy of Osteoporosis Prevention

Smartphone App. *Nursing research*. 2020; 69(1): 31-41.

14. Li C T, Hung G K, Fong K N, et al. Effects of home-based occupational therapy telerehabilitation via smartphone for outpatients after hip fracture surgery: A feasibility randomised controlled study. *Journal of telemedicine and telecare*. 2022; 28(4): 239-247.

15. Park Y J, Lee S J, Shin N M, et al. Application and Effect of Mobiletype-Bone Health Intervention in Korean Young Adult Women with Low Bone Mass: A Randomized Control Trial. *Asian nursing research*. 2017; 11(1): 56-64.

16. Nguyen D T, Ho-Le TP, Pham L, et al. BONEcheck: A digital tool for personalized bone health assessment. *Osteoporosis and sarcopenia*. 2023; 9(3): 79-87.

17. Papaioannou A, McCloskey E, Bell A, et al. Use of an electronic medical record

dashboard to identify gaps in osteoporosis care. *Archives of osteoporosis*. 2021; 16(1): 76.

18. Lu K, Wu Y M, Shi Q, et al. A novel fracture liaison service using digital health: impact on mortality in hospitalized elderly osteoporotic fracture patients. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2024; 35(1): 53-67.

19. Lindsay J R, Lawrenson G, English S, et al. A service evaluation of e-triage in the osteoporosis outpatient clinic-an effective tool to improve patient access? *Archives of osteoporosis*. 2020; 15(1): 53.

20. Ye C, Li J, Hao S, et al. Identification of elders at higher risk for fall with statewide electronic health records and a machine learning algorithm. *International journal of medical informatics*. 2020; 137: 104105.

Summary

DIGITAL HEALTH IN OSTEOPOROSIS MANAGEMENT: A LITERATURE REVIEW

Osteoporosis is a progressive silent disease. The incidence and mortality of osteoporotic fractures are increasing rapidly, leading to an increased burden on patients, families, and society. The objective of this study is to explore the applications of digital health in the screening, monitoring and treatment of osteoporosis. The study was conducted according to a comprehensive research process, searching the Pubmed database. The search content focused on three main parts: osteoporosis, digital health, and effectiveness. The selected original articles were published from January 2014 to September 2024 in peer-reviewed international journals. A total of 18 articles were included in the analysis. The main applications of digital health include: predicting osteoporosis (38.9%) and monitoring the treatment of osteoporosis (62.1%). Most studies have shown positive results in improving patients' health.

Keywords: Osteoporosis, fracture, machine learning, digital health, outcomes, effective.