

VAI TRÒ CỦA TRÍ TUỆ NHÂN TẠO QURE.AI PHÂN TÍCH HÌNH ẢNH X-QUANG NGỰC TRONG CHẨN ĐOÁN SỚM LAO PHỔI TẠI BỆNH VIỆN ĐẠI HỌC Y HÀ NỘI NĂM 2022

TÓM TẮT

Mục tiêu: Nghiên cứu của chúng tôi nhằm đánh giá vai trò của trí tuệ nhân tạo Qure.AI phân tích hình ảnh X-quang ngực trong chẩn đoán sớm lao phổi.

Phương pháp: Nghiên cứu mô tả với 126 bệnh nhân nghi lao phổi được Qure.AI phân tích hình ảnh X-quang ngực và làm các xét nghiệm vi sinh hoặc mô bệnh học để chẩn đoán lao phổi và so sánh giữa kết quả chẩn đoán cuối cùng với phân tích của Qure.AI.

Kết quả: So sánh giữa kết quả chẩn đoán cuối cùng với phân tích của Qure.AI cho kết quả tính đồng thuận ở mức tốt giữa 2 phương pháp. Độ nhạy của Qure.AI là 88,8%, độ đặc hiệu là 48,8%, giá trị dự đoán âm tính 71%. Diện tích dưới đường cong ROC là 77,1% với $p < 0,001$, KTC 95%: 0,69-0,86. Như vậy hình ảnh X-quang ngực được đọc bởi Qure.AI có giá trị trong chẩn đoán lao phổi với độ chính xác ở mức độ khá tốt với điểm cut off là 0,503. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy rằng AI có tiềm năng trở thành một công cụ cần thiết trong việc hỗ trợ chẩn đoán sớm lao phổi, sàng lọc lao phổi cộng đồng.

Kết luận: Trí tuệ nhân tạo Qure.AI có thể đóng vai trò quan trọng trong chẩn đoán sớm lao phổi và hỗ trợ cho kết quả vi sinh hoặc mô bệnh học.

Từ khóa: Lao phổi, trí tuệ nhân tạo Qure.AI

THE ROLE OF QURE.AI ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CHEST X-RAY IMAGE ANALYSIS FOR EARLY DIAGNOSIS OF PULMONARY TUBERCULOSIS AT HANOI MEDICAL UNIVERSITY HOSPITAL IN 2022

ABSTRACT

Objective: Our study aims to evaluate the role of Qure.AI artificial intelligence in analyzing chest X-ray images for the early diagnosis of pulmonary tuberculosis (TB).

Method: This is a descriptive study involving 126 patients suspected of having pulmonary

Nguyễn Thị Thu Thủy^{1*}, Trương Thị Thu Hằng¹

tuberculosis. Their chest X-ray images were analyzed by Qure.AI, and microbiological or histopathological tests were conducted for TB diagnosis. The final diagnostic results were compared with the Qure.AI analysis.

Results: The comparison between the final diagnostic results and Qure.AI's analysis showed a good level of agreement between the two methods. Qure.AI's sensitivity was 88.8%, specificity was 48.8%, and negative predictive value was 71%. The area under the ROC curve was 77.1% with $p < 0.001$, 95% confidence interval: 0.69-0.86. Therefore, chest X-ray images interpreted by Qure.AI are valuable in diagnosing pulmonary tuberculosis, with a fairly good accuracy at a cut-off point of 0.503. Our study indicates that AI has the potential to become an essential tool in assisting with early TB diagnosis and community TB screening.

Conclusion: Qure.AI artificial intelligence can play a significant role in the early diagnosis of pulmonary tuberculosis and support microbiological or histopathological results.

Keywords: Pulmonary tuberculosis, Qure.AI artificial intelligence

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo báo cáo của Tổ chức Y tế thế giới năm 2021, trên thế giới có khoảng 1/3 dân số (2,2 tỉ người) đã nhiễm lao và con số đó sẽ tăng 1% mỗi năm (tương đương khoảng 65 triệu người)[1][2]. Bệnh lao ở Việt Nam có thể xếp vào loại trung bình cao ở khu vực Tây Thái Bình Dương, là khu vực có độ lưu hành lao trung bình trên thế giới[3]. Tiêu chuẩn vàng để chẩn đoán bệnh lao là tìm thấy trực khuẩn lao trong bệnh phẩm lấy từ người bệnh[4]. Tuy nhiên, trên thực tế, việc tìm ra trực khuẩn lao từ các phương pháp nuôi cấy cổ điển rất hạn chế, thời gian nuôi cấy dài làm chậm tiến hành điều trị do đó bệnh tiến triển nặng hơn và làm tăng nguy cơ lây bệnh cho cộng đồng. Như vậy, việc phát hiện sớm, chính xác bệnh lao là một yêu cầu cấp thiết. Trên thế giới hiện nay, nhiều kỹ thuật mới đã được áp dụng nhằm chẩn đoán sớm bệnh lao phổi trong đó phải kể đến kỹ thuật ứng dụng trí tuệ nhân

1. Trường Đại học Y Dược Thái Bình

* Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Thu Thủy
Email: Nguyenthuthuy93.ytb@gmail.com

Ngày nhận bài: 29/7/2024

Ngày phản biện: 11/9/2024

Ngày duyệt bài: 13/9/2024

tạo (AI- artificial intelligence) để đọc phim X-quang ngực. Trên thế giới, đã có nhiều bài báo quốc tế và công trình nghiên cứu nghiên cứu về vấn đề ứng dụng công nghệ AI đọc phim X-quang ngực trong chẩn đoán lao phổi. Ở Việt Nam, ứng dụng công nghệ Qure.AI (một phần mềm trí tuệ nhân tạo của Ấn Độ) đọc phim X-quang ngực mới được áp dụng khoảng 2 đến 3 năm trở lại đây tại một số bệnh viện tuyến trung ương. Từ đầu năm 2022 bệnh viện Đại học Y Hà Nội bắt đầu triển khai sử dụng phần mềm Qure.AI đọc phim X-quang ngực để hỗ trợ chẩn đoán sớm lao phổi. Hiện có rất ít nghiên cứu tại Việt Nam về vấn đề này. Vì vậy chúng tôi làm nghiên cứu này với mục tiêu đánh giá vai trò của trí tuệ nhân tạo Qure.AI X-quang ngực trong chẩn đoán lao phổi.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu

126 bệnh nhân nghi lao phổi trên 18 tuổi đến khám hoặc điều trị nội trú tại Bệnh viện Đại học Y Hà Nội trong thời gian từ 1/1/2022 đến 31/12/2022 và được sử dụng phần mềm trí tuệ nhân tạo Qure.AI để phân tích hình ảnh X-quang lồng ngực.

Thời gian và địa điểm nghiên cứu

- Thời gian: từ 08/2022 đến 08/2023

- Địa điểm: Bệnh viện đại học Y Hà Nội

Tiêu chuẩn lựa chọn

Bệnh nhân nghi lao phổi theo Quyết định 3126/QĐ-BYT hướng dẫn chẩn đoán, điều trị, dự phòng lao ngày 23 tháng 05 năm 2018[5]

- Lâm sàng:

- + Ho kéo dài (ho khan, ho có đờm, ho ra máu)
- + Gầy sút cân, kém ăn, mệt mỏi
- + Sốt nhẹ về chiều
- + Ra mồ hôi trộm ban đêm
- + Đau ngực, đôi khi có khó thở

- Cận lâm sàng:

+ Xquang ngực: hình ảnh gợi ý lao tiến triển như tổn thương nốt, thâm nhiễm chủ yếu xuất hiện ở đỉnh phổi, hình ảnh hang lao,...

+ Bệnh nhân được làm các xét nghiệm vi khuẩn học (AFB, MGIT, GenXpert, PCR TB đờm/DPQ/DMP) hoặc xét nghiệm mô bệnh học (sinh thiết qua NSPQ, sinh thiết xuyên thành ngực, sinh thiết màng phổi).

Tiêu chuẩn loại trừ

- Bệnh nhân không được chụp phim X-quang ngực
- Bệnh nhân không được làm các xét nghiệm có giá trị chẩn đoán xác định lao phổi: xét nghiệm vi sinh hoặc xét nghiệm mô bệnh học.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế nghiên cứu

Mô tả cắt ngang

Cỡ mẫu và phương pháp chọn mẫu

- Cỡ mẫu n tính theo công thức: $n = Z^2_{1-\alpha/2} (1-p)p/d^2$

Thay $1-\alpha=95$, $p=0,2$, $d=0,07$ tính được $n \geq 126$

- Phương pháp chọn mẫu: thuận tiện từ danh sách những bệnh nhân nghi lao phổi trên 18 tuổi đến khám và điều trị nội trú tại bệnh viện đại học Y Hà Nội trong thời gian từ 1/1/2022 đến 31/12/2022.

Công cụ Qure.AI

- Qure.AI là giải pháp kiểm tra X-quang ngực được xây dựng bằng cách sử dụng học sâu xuất xứ từ Ấn Độ.

- Tiêu chí về hình ảnh X-quang để chẩn đoán lao phổi của Qure.AI: nốt dạng kê (đường kính 1 - 5mm, phân bố khá đều, thường tập trung vùng đỉnh phổi), tổn thương hang (hình sáng được giới hạn rõ rệt bởi một bờ cản quang liên tục, khép kín. Kích thước từ 2 - 4cm hoặc có thể rất to. Có thể một hoặc nhiều hang. Bên trong hang lao có thể có mức nước mức hơi), tổn thương thâm nhiễm (đám mờ nhạt ở dưới xương đòn, kích thước khác nhau, giới hạn không rõ, đôi khi tập trung thành đám tròn hoặc trên cơ sở một dải mờ nhạt có một số nốt nhỏ), tổn thương dạng nốt (bóng mờ có kích thước nhỏ, tròn hoặc bầu dục đường kính 3 - 10mm, thương gặp ở hạ đòn và đỉnh phổi 2 bên).

- Trong chẩn đoán lao phổi phần mềm Qure.AI phân tích kết quả X-quang ngực bằng cách cho điểm theo thang điểm từ 0 đến 1, kết quả càng gần 1 thì khả năng tổn thương trên phim X-quang ngực hướng tới do lao càng cao. Kết quả càng gần 0 thì khả năng tổn thương trên phim X-quang ngực càng không hướng tới do lao.

Quy trình nghiên cứu

- Từ danh sách các bệnh nhân nghi lao trên 18 tuổi đến khám và điều trị nội trú tại bệnh viện đại học Y Hà Nội lựa chọn các bệnh nhân thỏa mãn các tiêu chuẩn của nghiên cứu (tra cứu thông tin bệnh nhân trên hồ sơ bệnh án điện tử, các bệnh nhân có triệu chứng lâm sàng nghi lao, tổn thương phổi trên X-quang lồng ngực và được làm các xét nghiệm vi khuẩn học (AFB, MGIT, GenXpert, PCR TB đờm/DPQ/DMP) hoặc xét nghiệm mô bệnh học (sinh thiết qua NSPQ/ sinh thiết xuyên thành ngực/ sinh thiết màng phổi). Đối với những bệnh nhân có xét nghiệm vi khuẩn và mô bệnh học âm tính với lao phải được khám lại tại bệnh viện đại học Y Hà Nội theo dõi tổn thương phổi và không được

điều trị lao không bằng chứng mới được chọn vào nghiên cứu).

- Đọc phim X-quang lồng ngực bằng công nghệ Qure.AI.

Phương pháp xử lý số liệu

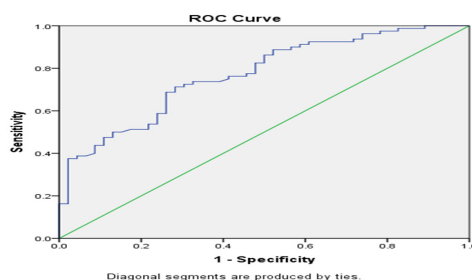
Số liệu được nhập, xử lý, phân tích bằng phần mềm SPSS 20.0, sử dụng các thuật toán thống kê y học: tính giá trị trung bình, tính tỷ lệ %, tính độ

nhạy, độ đặc hiệu, giá trị dự báo âm tính, giá trị dự báo dương tính,...

2.3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu tuân thủ đầy đủ các nguyên tắc của nghiên cứu y học. Toàn bộ thông tin của người bệnh đều được bảo mật, được phê duyệt theo quyết định số 4341/QĐ-ĐHYHN ngày 02/10/2023 của trường Đại học Y Hà Nội.

III. KẾT QUẢ



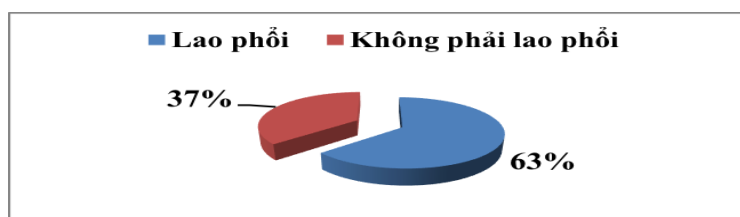
Hình 1. Đường cong ROC Kết quả X-quang ngực phân tích bởi công nghệ Qure.AI

Nhận xét: Diện tích dưới đường cong ROC là 77,1% với $p < 0,001$, KTC 95%: 0,69-0,86. Như vậy hình ảnh X-quang ngực được đọc bởi Qure.AI có giá trị trong chẩn đoán lao phổi với điểm cut off là 0,503.

Bảng 1. Kết quả X-quang ngực phân tích bởi công nghệ Qure.AI

Kết quả đọc AI X-quang ngực	Số lượng (n)	Tỷ lệ %
Nghĩ đến lao ($\geq 0,503$)	95	75,4
Không nghĩ đến lao ($< 0,503$)	31	24,6
Tổng	126	100,0

Nhận xét: Trong tổng số 126 phim X-quang lồng ngực được đọc bởi công nghệ Qure.AI có 95 phim X-quang được đọc nghĩ tới lao chiếm tỷ lệ 75,4%; 31 phim X-quang lồng ngực được đọc không nghĩ tới lao chiếm tỷ lệ 24,6%.



Hình 2. Kết quả chẩn đoán cuối cùng của các bệnh nhân nghiên cứu

Nhận xét: Tổng số 126 bệnh nhân nghiên cứu, có 80 bệnh nhân chẩn đoán lao phổi chiếm tỷ lệ 63,5%; 46 bệnh nhân chẩn đoán không phải lao phổi chiếm 36,5.

Bảng 2. Bảng so sánh sự đồng thuận giữa kết quả X-quang ngực phân tích bởi công nghệ Qure.AI với kết quả chẩn đoán cuối cùng của các bệnh nhân nghiên cứu

AI X-quang ngực	Lao phổi		Không phải lao phổi		Hệ số Kappa
	Số lượng (n)	Tỷ lệ %	Số lượng (n)	Tỷ lệ %	
Nghĩ đến lao	71	74,7	24	25,3	0,393
Không nghĩ đến lao	9	29,0	22	71,0	

Nhận xét: - Trong số 95 phim X-quang ngực AI đọc nghĩ đến lao tỷ lệ lao phổi chiếm tỷ lệ 74,7%, không phải lao phổi chiếm tỷ lệ 25,3%

Trong số 31 phim X-quang ngực AI đọc không nghĩ đến lao phổi, tỷ lệ không phải lao phổi chiếm 71%, tỷ lệ lao phổi chiếm 29%

Hệ số Kappa thể hiện sự đồng thuận giữa kết quả AI đọc X-quang ngực và kết quả chẩn đoán cuối cùng là 0,393.

Bảng 3. Giá trị của phương pháp AI X-quang ngực trong chẩn đoán lao phổi

Giá trị của phương pháp AI X-quang ngực	Chỉ số
Độ nhạy (Se)	88,8%
Độ đặc hiệu (Sp)	48,8%
Giá trị dự báo dương tính (PPV)	74,8%
Giá trị dự báo âm tính (NPV)	71,0%

Nhận xét: Giá trị của phương pháp sử dụng AI đọc X-quang ngực trong chẩn đoán lao phổi như sau: độ nhạy (Se): 88,8%, độ đặc hiệu (Sp): 48,8%, giá trị dự báo dương tính (PPV): 74,8%, giá trị dự báo âm tính (NPV): 71,0%.

IV. BÀN LUẬN

Tỷ lệ bệnh nhân chẩn đoán xác định lao phổi chiếm 63,5%. Kết quả của nghiên cứu gần tương tự với nghiên cứu của Lê Thị Ba (2014) nghiên cứu trên 184 bệnh nhân nghi lao, trong đó có 112 bệnh nhân được chẩn đoán xác định lao phổi chiếm 60,8%[6]. Kết quả của nghiên cứu cao hơn nghiên cứu của Trịnh Việt Anh (2014) nghiên cứu 253 bệnh nhân nghi lao phổi trong đó có 56 bệnh nhân chẩn đoán xác định là lao phổi chiếm 22,1%[7]. Sự khác nhau này có thể do cách chọn bệnh nhân khác nhau dẫn đến kết quả khác nhau.

Diện tích dưới đường cong ROC là 77,1% với $p < 0,001$, KTC 95%: 0,69-0,86. Như vậy hình ảnh X-quang ngực được đọc bởi Qure.AI có giá trị trong chẩn đoán lao phổi với độ chính xác ở mức độ khá tốt với điểm cut off là 0,503. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Zhi Zhen Qin và các cộng sự nghiên cứu về độ chính xác trong chẩn đoán lao phổi của 3 hệ thống trí tuệ nhân tạo trong đó có Qure.AI, kết quả diện tích dưới đường cong ROC của phần mềm Qure.AI là 94%, KTC 95%: 0,92-0,97[8]. Nghiên cứu của Zhi Zhen Qin cũng phân tích độ chính xác của 2 hệ thống trí tuệ nhân tạo khác là CAD4TB và Lunit INSIGHT có kết quả diện tích dưới đường cong ROC tương tự như phần mềm Qure.AI lần lượt là 0,92 (KTC 95%: 0,90-0,95) và 0,94 (KTC 95%: 0,93-0,96) [8].

Một nghiên cứu khác của Madlen Nash và cộng sự thực hiện tại một bệnh viện ở Ấn Độ cũng đánh giá độ chính xác của phần mềm qXR của Qure.AI đọc X-quang ngực cho kết quả AUC là 0,81 (KTC 95%: 0,78, 0,84)[9].

Phần mềm Qure.AI phân tích kết quả X-quang ngực bằng cách cho điểm theo thang điểm từ 0 đến 1, kết quả càng gần 1 thì khả năng tổn thương

trên phim X-quang ngực hướng tới do lao càng cao. Chạy đường cong ROC tìm được điểm cut-off là 0,503, từ đó ta có bảng kết quả X-quang ngực phân tích bởi công nghệ Qure.AI ở phần kết quả nghiên cứu, so với kết quả chẩn đoán cuối cùng của các bệnh nhân nghiên cứu dựa vào kết quả vi sinh hoặc mô bệnh học thì không có sự khác biệt quá lớn. Từ đó cho thấy khả năng phân tích kết quả X-quang ngực của phần mềm Qure.AI là khá tốt. Nghiên cứu của tác giả Lê Hoàn và các cộng sự về vai trò của ứng dụng trí tuệ nhân tạo VinDr trong dự báo nguy cơ ác tính của nốt phổi đơn độc cũng cho kết quả khả quan về khả năng dự báo nguy cơ ác tính của VinDr. Cụ thể là kết quả phim chụp cắt lớp vi tính lồng ngực do VinDr phân tích 65,2% ác tính, 34,8% lành tính, kết quả mô bệnh học 78,3% ác tính; 22,7% lành tính. Qua đó cho thấy AI có tiềm năng trở thành một công cụ cần thiết trong việc dự đoán nguy cơ ác tính của nốt phổi đơn độc[10].

Độ nhạy của Qure.AI trong chẩn đoán lao phổi là 88,8%; độ đặc hiệu là 48,8%. Có thể do cỡ mẫu còn hạn chế nên nghiên cứu của chúng tôi chưa thể đưa ra được độ nhạy cũng như độ đặc hiệu ở mức tin cậy cho phương pháp AI mà chỉ đánh giá được mức độ đồng thuận trong dự đoán của AI về tổn thương phổi và tiêu chuẩn vàng để chẩn đoán lao phổi là kết quả vi sinh hoặc mô bệnh học. Tuy nhiên, đây là bước đầu để thấy được vai trò của AI trong việc hỗ trợ chẩn đoán lao phổi, cũng là bước đệm để nhóm nghiên cứu có thể tiến hành nghiên cứu với cỡ mẫu lớn hơn để đạt được các kết quả đáng tin cậy và nhiều ý nghĩa hơn. Tham khảo một số các nghiên cứu đã thực hiện trên thế giới, chúng tôi cũng nhận thấy vai trò đáng tin cậy của AI trong

chẩn đoán lao phổi như nghiên cứu của Madlen Nash và cộng sự cho thấy độ nhạy và độ đặc hiệu của phần mềm Qure.AI trong chẩn đoán lao phổi lần lượt là 71% (95% CI: 66%, 76%) và 80% (95% CI: 77%, 83%)[9].

Nghiên cứu của Zhi Zhen Qin và các cộng sự cũng cho thấy phần mềm trí tuệ nhân tạo Qure.AI trong chẩn đoán lao phổi có độ nhạy $\geq 95\%$ và độ đặc hiệu $> 80\%$ [8]. Kết quả này cho thấy ứng dụng Qure.AI trong đọc X-quang lồng ngực có khả năng phát hiện ra tổn thương lao trên phim X-quang lồng ngực rất tốt. Phần mềm Qure.AI phân tích phim X-quang ngực cho ra kết quả rất nhanh chóng và có độ chính xác cao. Thuật toán mất ít hơn 10 giây để xử lý mỗi phim X-quang ngực[11]. Qure.AI có độ nhạy và độ đặc hiệu trong chẩn đoán lao phổi không kém cạnh so với các phần mềm trí tuệ nhân tạo khác như VinDr, CAD4TB, ...

Như vậy chúng tôi nhận thấy có thể ứng dụng trí tuệ nhân tạo Qure.AI nói riêng và các phần mềm học sâu khác nói chung để giúp đỡ trong việc sàng lọc lao phổi tại cộng đồng, giảm bớt gánh nặng cho các bác sĩ chẩn đoán hình ảnh, đặc biệt tại những nơi ít có khả năng tiếp xúc với các phương pháp chẩn đoán xác định lao phổi.

V. KẾT LUẬN

Kết luận của nghiên cứu trên 126 bệnh nhân nghi lao như sau:

- Có sự đồng thuận ở mức tốt giữa kết quả chẩn đoán lao phổi và kết quả X-quang ngực phân tích bởi công nghệ Qure.AI.

- Diện tích dưới đường cong ROC là 77,1% với $p < 0,001$, KTC 95%: 0,69-0,86. Như vậy hình ảnh X-quang ngực được đọc bởi Qure.AI có giá trị trong chẩn đoán lao phổi với độ chính xác ở mức độ khá tốt với điểm cut off là 0,503.

- Độ nhạy của Qure.AI trong chẩn đoán lao phổi là 88,8%; độ đặc hiệu là 48,8%, giá trị dự báo âm tính là 71%.

Vì vậy, kết luận của nghiên cứu cho thấy Qure.AI có thể đóng vai trò quan trọng trong chẩn đoán sớm lao phổi và hỗ trợ cho kết quả vi sinh hoặc mô bệnh học. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu để cải thiện độ chính xác và ứng dụng thực tế của phương pháp AI trong chẩn đoán lao phổi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Global Tuberculosis Report s. Accessed June 24, 2022.** <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports>.
2. **Hitze KL.** [Preliminary report of the WHO seminar on the evaluation of tuberculosis prevention]. Bull Int Union Tuberc. 1973;48(0):60-63.
3. **Chương trình chống lao quốc gia Bộ Y tế 2015.** Báo cáo tổng kết hoạt động chương trình chống lao quốc gia năm 2005, triển khai hoạt động năm 2006. :Hà Nội.
4. **Bộ môn lao trường Đại học Y Hà Nội (2002).** Bệnh học lao. Nhà xuất bản y học.
5. **Quyết định 3126/QĐ-BYT** hướng dẫn chẩn đoán, điều trị, dự phòng lao. Accessed June 23, 2022. <https://vnras.com/quyet-dinh-3126-qd-byt/>.
6. **Lê Thị Ba.** Nghiên cứu đặc điểm lâm sàng, cận lâm sàng ở bệnh nhân nghi lao phổi tại trung tâm hô hấp bệnh viện Bạch Mai. Accessed September 1, 2023. <http://thuvien.hmu.edu.vn/pages/cms/FullBookReader.aspx?Url=/pages/cms/TempDir/books/201711171456-e56c2bec-b125-4c88-ab20-2af565ea326f//FullPreview&TotalPage=101&ext=jpg#page/1/mode/2up>
7. **Trịnh Việt Anh.** Đặc điểm lâm sàng, cận lâm sàng và xét nghiệm genxpert trong đờm ở những bệnh nhân nghi lao phổi tại trung tâm hô hấp BV Bạch Mai. Accessed September 1, 2023. <http://thuvien.hmu.edu.vn/pages/cms/FullBookReader.aspx?Url=/pages/cms/TempDir/books/201512241526-44a50c34-636a-49fdb8bb-2b18085590b2//FullPreview&TotalPage=93&ext=jpg#page/1/mode/2up>
8. **Qin ZZ, Sander MS, Rai B, et al.** Using artificial intelligence to read chest radiographs for tuberculosis detection: A multi-site evaluation of the diagnostic accuracy of three deep learning systems. Sci Rep. 2019;9(1):15000. doi:10.1038/s41598-019-51503-3.
9. **Nash M, Kadavigere R, Andrade J, et al.** Deep learning, computer-aided radiography reading for tuberculosis: a diagnostic accuracy study from a tertiary hospital in India. Sci Rep. 2020;10:210. doi:10.1038/s41598-019-56589-3.
10. **Hoàn L, Linh LT, Hồng ĐTT, Quỳnh NTN, Hằng LM.** 3. Vai trò của ứng dụng trí tuệ nhân tạo vindr trong dự báo nguy cơ ác tính của nốt phổi đơn độc. Tạp Chí Nghiên Cứu Học. 2023;165(4):17-24. doi:10.52852/tcncyh.v165i4.1480.
11. **Kaviani P, Digumarthy SR, Bizzo BC, et al.** Performance of a Chest Radiography AI Algorithm for Detection of Missed or Mislabelled Findings: A Multicenter Study. Diagnostics. 2022;12(9):2086. doi:10.3390/diagnostics12092086.