

ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG CHẨN ĐOÁN CÁC BỆNH LÝ BÊN TRONG KHỚP GỐI

TS. Phạm Ngọc Trường¹, PGS.TS. Bùi Ngọc Tiến²

¹Trường Đại học Y dược - Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trường Đại học Hòa Bình

Tác giả liên hệ: ngoctruong.ump@vnu.edu.vn

Ngày nhận: 10/02/2025

Ngày nhận bản sửa: 19/02/2025

Ngày duyệt đăng: 24/02/2025

Tóm tắt

Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence, AI) đang tạo ra sự thay đổi lớn trong chẩn đoán các bệnh lý bên trong khớp gối (Internal Derangement of the Knee, IDK), một vấn đề liên quan đến tổn thương các cấu trúc như sụn chêm, dây chằng và sụn khớp. Các phương pháp chẩn đoán truyền thống dựa trên đánh giá lâm sàng và chẩn đoán hình ảnh (chụp cộng hưởng từ, X-quang) thường thiếu sự chính xác và nhất quán. AI, đặc biệt là các mô hình học sâu như mạng nơ-ron tích chập (Convolutional Neural Networks - CNNs), đã nâng cao đáng kể độ chính xác và hiệu quả trong việc phát hiện các chấn thương liên quan đến IDK. Các ứng dụng AI cho thấy tiềm năng lớn trong chẩn đoán các bệnh lý cụ thể như rách sụn chêm, đứt dây chằng chéo trước (Anterior Cruciate Ligament, ACL), và thoái hóa khớp với độ nhạy và độ đặc hiệu cao. Tuy nhiên, cần giải quyết các thách thức liên quan đến chất lượng dữ liệu, khả năng giải thích và tích hợp vào lâm sàng để tối đa hóa tiềm năng của AI.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo, thoái hóa khớp.

The Application of Artificial Intelligence in Diagnosing Internal Knee Disorders

Dr. Pham Ngoc Truong¹, Assoc. Prof., Dr. Bui Ngoc Tien²

¹University of Medicine Pharmacy - Vietnam National University

²Hoa Binh University

Corresponding Authors: ngoctruong.ump@vnu.edu.vn

Abstract

Artificial Intelligence (AI) is revolutionizing the diagnosis of Internal Derangement of the Knee (IDK), a condition associated with damage to structures such as the meniscus, ligaments, and articular cartilage. Traditional diagnostic methods, which rely on clinical assessment and imaging-based diagnosis (MRI, X-ray), often lack accuracy and consistency. In contrast, AI - especially through deep learning models such as Convolutional Neural Networks (CNNs) - has significantly enhanced the accuracy and efficiency of detecting IDK-related injuries. AI applications demonstrate substantial potential for diagnosing specific conditions, including meniscal tears, anterior cruciate ligament (ACL) ruptures, and osteoarthritis with high sensitivity and specificity. However, challenges related to data quality, interpretability, and clinical integration must be addressed to fully harness AI's potential in this field.

Keywords: Artificial Intelligence, osteoarthritis.

1. Mở đầu

IDK là một tình trạng bệnh lý liên quan đến sụn chêm, dây chằng và sụn khớp, trong đó, thường gặp nhất là đứt dây chằng chéo trước (ACL) và rách sụn chêm. Những bệnh lý này phổ biến ở các nhóm đối tượng có hoạt động thể lực cao và dẫn đến giảm chức năng vận động, kèm theo các biến chứng lâu dài như thoái hóa khớp nếu không được chẩn đoán và điều trị kịp thời. Theo kinh điển, chẩn đoán IDK thường dựa vào đánh giá lâm sàng và các kỹ thuật hình ảnh như chụp cộng hưởng từ (Magnetic Resonance Imaging, MRI) và X-quang. Mặc dù MRI được coi là tiêu chuẩn vàng để đánh giá mô mềm, nhưng các phương pháp này gặp nhiều hạn chế như sai lệch trong quá trình đọc kết quả, tiêu tốn nhiều thời gian và chi phí cao trong thực hành lâm sàng [1].

Trong những năm gần đây, các tiến bộ trong trí tuệ nhân tạo (AI), đặc biệt là công nghệ học sâu như mạng nơ-ron tích chập (Convolutional Neural Networks - CNNs), đã mở ra tiềm năng đáng kể trong việc thay đổi quy trình chẩn đoán IDK. AI đã chứng minh khả năng cải thiện độ chính xác trong chẩn đoán, nâng cao hiệu quả và giảm thiểu sự khác biệt giữa các chuyên gia bằng cách tự động hóa quá trình phân tích hình ảnh y khoa. CNNs, vượt trội trong việc xử lý dữ liệu hình ảnh phức tạp, đã được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực chỉnh hình để phát hiện các tổn thương rách sụn chêm, tổn thương dây chằng và các dấu hiệu thoái hóa khớp từ sớm. Những công cụ được hỗ trợ bởi AI này mang lại chẩn đoán nhanh hơn, đáng tin cậy hơn, giải quyết các hạn chế lớn của các phương pháp truyền thống [2].

Bài tổng quan này tập trung vào vai trò của AI trong chẩn đoán IDK, tác động của nó đối với thực hành lâm sàng và những thách thức trong việc tích hợp AI vào hệ thống y tế. Khi các công nghệ AI tiếp tục phát triển, chúng có khả năng thay đổi không chỉ quy trình chẩn đoán, mà còn cả việc quản lý và điều trị các chấn thương gối, mang lại lợi ích cho cả bệnh nhân và bác sĩ lâm sàng.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Vai trò của AI trong chẩn đoán tổn thương rách sụn chêm

Rách sụn chêm là một trong những tổn thương phổ biến nhất ở khớp gối, đặc biệt ảnh hưởng đến vận động viên và những người có lối sống ưa hoạt động thể chất. Việc chẩn đoán chính xác là rất quan trọng để xác định kế hoạch điều trị hiệu quả nhất, từ các phương pháp bảo tồn như vật lý trị liệu đến các can thiệp phẫu thuật. Truyền thống, chụp cộng hưởng từ (MRI) được coi là tiêu chuẩn vàng để chẩn đoán rách sụn chêm vì khả năng cung cấp hình ảnh chi tiết về cấu trúc bên trong của khớp gối. Tuy nhiên, việc diễn giải hình ảnh MRI có thể khác nhau đáng kể giữa các bác sĩ chẩn đoán hình ảnh do tính chủ quan của việc phân tích hình ảnh và sự khác biệt tinh vi trong biểu hiện của các vết rách.

Trí tuệ nhân tạo (AI), đặc biệt là các mô hình học sâu như mạng nơ-ron tích chập (CNNs), đã cho thấy tiềm năng đáng kể trong việc tự động hóa quá trình phát hiện các tổn thương rách sụn chêm, giúp cải thiện tính nhất quán và độ chính xác của chẩn đoán.

Trong một nghiên cứu tiêu biểu của Li và cộng sự [3], các mô hình CNN đã được áp dụng trên dữ liệu MRI để phát hiện rách sụn chêm trong và ngoài. Các mô hình này cho thấy tỷ lệ độ nhạy và độ đặc hiệu cao, nghĩa là, chúng có khả năng chính xác cao trong việc xác định cả sự hiện diện và không có các chấn thương. Điều này giúp giảm đáng kể sai sót trong chẩn đoán, làm cho AI trở thành một công cụ hỗ trợ mạnh mẽ cho các bác sĩ chẩn đoán hình ảnh. Một trong những phát hiện đáng chú ý nhất là các mô hình CNN có thể phát hiện các vết rách nhỏ và tinh vi mà có thể bị bỏ qua bởi các chuyên gia, đặc biệt khi vết rách nhỏ hoặc nằm ở những vùng giải phẫu khó tiếp cận.

Ngoài ra, vai trò của AI như một công cụ sàng lọc ban đầu cũng được chú ý. Bằng cách tự động phân tích ban đầu, AI có thể sàng lọc trước các hình ảnh MRI và đánh dấu những vết rách tiềm ẩn để các bác sĩ xem xét kỹ lưỡng hơn. Sự tích hợp này không chỉ giảm bớt khối lượng công việc cho các bác sĩ chẩn đoán hình ảnh, mà còn tăng cường độ chính xác của chẩn đoán.

Hơn nữa, trong những tình huống mà bác sĩ chưa chắc chắn, hệ thống AI có thể đóng vai trò như một công cụ hỗ trợ để xác nhận chẩn đoán, giúp quá trình ra quyết định lâm sàng nhanh hơn và cải thiện kết quả điều trị cho bệnh nhân.

Không chỉ dừng lại ở việc phát hiện vết rách, AI còn có thể cung cấp thông tin về mức độ nghiêm trọng của vết rách và lập kế hoạch điều trị. Một số mô hình đang được huấn luyện không chỉ để nhận biết vết rách, mà còn đánh giá kích thước, vị trí và tác động tiềm năng đến độ ổn định của khớp gối. Thông tin này rất quan trọng trong việc xác định liệu bệnh nhân cần điều trị bảo tồn hay can thiệp phẫu thuật, từ đó, điều chỉnh các phương pháp điều trị phù hợp với nhu cầu cá nhân của từng bệnh nhân.

Các nghiên cứu vẫn tiếp tục khám phá việc sử dụng AI trong chẩn đoán rách sụn chêm, với một số nghiên cứu còn so sánh hiệu suất của AI trực tiếp với các bác sĩ chuyên khoa. Kết quả thường cho thấy AI hoạt động ngang bằng hoặc thậm chí tốt hơn các chuyên gia, đặc biệt trong các trường hợp phức tạp. Điều này phản ánh tiềm năng của AI trong việc thay đổi quy trình chẩn đoán, cải thiện tính nhất quán và giảm thiểu sự biến đổi trong việc phát hiện rách sụn chêm.

2.2. Vai trò của AI trong chẩn đoán tổn thương đứt ACL

Đây chằng chéo trước (ACL) là một trong những cấu trúc dễ bị tổn thương nhất ở khớp gối, đặc biệt là ở các vận động viên và những người tham gia các hoạt động có va chạm mạnh. Chấn thương ACL, từ tổn thương đứt một phần đến đứt hoàn toàn, thường cần can thiệp phẫu thuật, sau đó là một quá trình phục hồi kéo dài. Vì vậy, chẩn đoán sớm và chính xác là rất cần thiết để đảm bảo điều trị kịp thời và tối ưu hóa kết quả cho bệnh nhân.

Truyền thống, MRI là công cụ chuẩn để chẩn đoán chấn thương ACL, nhưng giống như các tổn thương sụn chêm, việc diễn giải các hình ảnh này có thể khác nhau giữa các bác sĩ. Điều này đặc biệt đúng với các tổn thương đứt một phần, vì chúng khó phát hiện hơn và có thể dẫn đến chẩn đoán sai hoặc điều trị chậm trễ. Các mô hình AI, đặc biệt là các phương pháp học sâu như

mạng nơ-ron tích chập (CNN), đã cho thấy tiềm năng lớn trong việc giải quyết các thách thức này [4].

Trong nghiên cứu quan trọng của Chen và cộng sự [5], CNN đã được áp dụng cho dữ liệu MRI để phát hiện chấn thương ACL, đạt độ chính xác cao trong chẩn đoán cả tổn thương đứt toàn phần và đứt một phần. Nghiên cứu này nhấn mạnh tiềm năng của AI trong việc vượt trội so với các bác sĩ về cả tốc độ và độ chính xác, đặc biệt khi phân tích các mô hình tổn thương phức tạp có thể dễ dàng bị bỏ sót trong quá trình đánh giá thủ công. Đây là một lợi thế quan trọng, vì việc phân biệt chính xác giữa tổn thương đứt hoàn toàn và đứt một phần ảnh hưởng lớn đến kế hoạch phẫu thuật và quy trình phục hồi.

Một trong những lợi ích đáng kể nhất của việc sử dụng AI trong chẩn đoán chấn thương ACL là khả năng rút ngắn thời gian chẩn đoán mà không làm giảm độ chính xác. Bằng cách tự động hóa quá trình phân tích hình ảnh MRI, AI có thể cung cấp chẩn đoán nhanh chóng, giúp các bác sĩ đưa ra quyết định nhanh hơn về liệu trình điều trị. Điều này đặc biệt quan trọng trong y học thể thao, nơi mà chẩn đoán nhanh và chính xác có thể ảnh hưởng đến thời gian phục hồi của vận động viên và khả năng trở lại thi đấu.

AI cũng mang lại tính nhất quán cao. Việc chẩn đoán chấn thương ACL bằng con người có thể thay đổi, đặc biệt trong các trường hợp phức tạp hoặc gần như ranh giới. Tuy nhiên, các mô hình AI cung cấp phương pháp tiếp cận tiêu chuẩn hơn trong phân tích hình ảnh, giảm thiểu rủi ro sai sót chẩn đoán và biến đổi giữa các bác sĩ. Một số nghiên cứu còn chỉ ra rằng các mô hình AI có thể phát hiện dấu hiệu tổn thương dây chằng tinh vi, như vết rách nhỏ hoặc vi tổn thương, mà mắt người có thể bỏ qua [4-6].

2.3. Vai trò của AI trong chẩn đoán thoái hóa và tổn thương sụn khớp gối

Thoái hóa khớp (*Osteoarthritis*, OA) là một bệnh thoái hóa khớp ảnh hưởng đến sụn và các mô xung quanh, gây đau, cứng khớp và giảm khả năng vận động. Bệnh này đặc biệt phổ biến ở người lớn tuổi, nhưng cũng có thể phát triển sau các chấn thương

khớp gối như rách sụn chêm hoặc đứt dây chằng chéo trước (ACL). Chẩn đoán sớm là rất quan trọng để ngăn ngừa tổn thương không thể phục hồi và giảm thiểu nhu cầu phải thực hiện các biện pháp điều trị xâm lấn, chẳng hạn như phẫu thuật thay khớp gối. Tuy nhiên, các dấu hiệu sớm của thoái hóa sụn thường khó phát hiện bằng các phương pháp truyền thống như chụp X-quang và MRI, đặc biệt trong giai đoạn đầu của bệnh. Đây là lúc trí tuệ nhân tạo (AI) đóng vai trò thay đổi tình thế [7-8].

Các mô hình AI, đặc biệt là các thuật toán học sâu, đã được áp dụng vào hình ảnh MRI và X-quang để phát hiện các dấu hiệu sớm của sự thoái hóa sụn, như thu hẹp khoảng cách khớp, xơ hóa xương dưới sụn và sự hình thành gai xương (osteophyte). Đây là những chỉ dấu quan trọng của quá trình tiến triển OA, nhưng thường khó nhận biết và có thể bị bỏ qua bởi các chuyên gia y tế, đặc biệt là trong giai đoạn đầu của bệnh.

Một trong những tiến bộ chính trong lĩnh vực này là khả năng của mạng nơ-ron tích chập (CNN) trong việc phát hiện những thay đổi nhỏ nhất về sự toàn vẹn của sụn khớp. Những mạng lưới này được đào tạo trên các bộ dữ liệu lớn về hình ảnh khớp gối, có thể phân biệt giữa mô bình thường và bất thường với độ chính xác cao. Trong một số nghiên cứu, các hệ thống AI đã thể hiện khả năng vượt trội so với các phương pháp chẩn đoán truyền thống, giúp phát hiện sớm các thay đổi liên quan đến OA mà mắt người không dễ nhận biết. Ví dụ, nghiên cứu của Yeoh và cộng sự [9] đã chứng minh rằng các thuật toán AI có thể xác định sự mỏng đi của sụn khớp sớm và dự đoán khả năng thu hẹp khe khớp trong tương lai, từ đó, giúp phát hiện bệnh trước khi các thay đổi này trở nên rõ ràng trong các đánh giá lâm sàng.

Ngoài khả năng chẩn đoán, AI còn được khám phá với khả năng dự đoán tiến triển của OA. Bằng cách phân tích dữ liệu hình ảnh theo thời gian và kết hợp với các yếu tố đặc thù của bệnh nhân như tuổi tác, cân nặng, mức độ hoạt động, các mô hình AI có thể dự đoán tốc độ tiến triển của OA ở mỗi cá nhân. Điều này rất quan trọng đối với các bác sĩ trong việc xác định liệu bệnh

nhân có thể hưởng lợi từ các biện pháp can thiệp sớm, chẳng hạn như quản lý cân nặng, liệu pháp vật lý trị liệu hoặc sử dụng thuốc nhằm làm chậm quá trình tiến triển của bệnh [7-8].

2.4. Hạn chế và thách thức

Mặc dù những tiến bộ đầy hứa hẹn, việc tích hợp AI vào hệ thống chăm sóc sức khỏe cũng gặp phải nhiều thách thức. Một rào cản quan trọng là vấn đề bảo mật dữ liệu và các cân nhắc đạo đức. Các hệ thống AI thường yêu cầu truy cập vào các tập dữ liệu lớn chứa thông tin nhạy cảm của bệnh nhân, gây ra những lo ngại về bảo mật dữ liệu và tính riêng tư của bệnh nhân. Việc thiết lập các khung pháp lý sẽ rất cần thiết để giải quyết những lo ngại này và đảm bảo rằng AI được triển khai một cách đạo đức và minh bạch [10].

Một thách thức khác là khoảng cách niềm tin giữa các bác sĩ và công nghệ AI. Nhiều chuyên gia y tế e ngại việc dựa vào AI cho các quyết định chẩn đoán, chủ yếu do thiếu hiểu biết về cách các hệ thống này hoạt động. Sự không minh bạch của các thuật toán AI - thường được mô tả là “hộp đen” có thể tạo ra sự nghi ngờ về độ tin cậy của chúng. Để vượt qua rào cản này, việc giáo dục và đào tạo liên tục cho các nhà cung cấp dịch vụ y tế là cần thiết để giúp họ quen thuộc với khả năng và hạn chế của AI, từ đó, thúc đẩy sự chấp nhận cao hơn đối với các công nghệ này [10].

Ngoài ra, việc tích hợp AI vào các quy trình lâm sàng hiện tại đòi hỏi một khoản đầu tư đáng kể vào cơ sở hạ tầng và đào tạo nhân viên. Nhiều hệ thống y tế có thể thiếu các nguồn lực cần thiết để áp dụng hiệu quả các công nghệ AI. Điều này bao gồm việc cập nhật thiết bị hình ảnh, triển khai phần mềm AI và đảm bảo nhân viên được đào tạo đầy đủ để sử dụng các công cụ mới này kết hợp với các phương pháp chẩn đoán truyền thống [10].

2.5. Hướng phát triển của AI trong chẩn đoán và quản lý IDK

Mặc dù vẫn còn những thách thức hiện tại, tương lai của ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong chẩn đoán bệnh lý bên trong khớp gối (IDK) còn đầy hứa hẹn. Khả năng của AI trong việc nâng cao độ chính xác, tính nhất quán và tốc độ chẩn

đoán mang lại tiềm năng đáng kể cho cả bệnh nhân và nhà cung cấp dịch vụ y tế. Khi các mô hình AI phát triển, chúng có khả năng trở thành công cụ thiết yếu trong lĩnh vực chấn thương chỉnh hình, không chỉ cải thiện chẩn đoán mà còn tinh chỉnh khả năng tiên đoán và kế hoạch điều trị.

Hướng nghiên cứu hiện tại đang tập trung vào các ứng dụng như hỗ trợ trong thời gian thực trong phẫu thuật, AI có thể cung cấp phản hồi ngay lập tức cho các bác sĩ phẫu thuật trong quá trình nội soi khớp, từ đó, cải thiện kết quả và giảm thiểu biến chứng. Hơn nữa, AI được dự đoán sẽ đóng vai trò quan trọng trong phân tích dự đoán bằng cách xác định những bệnh nhân có nguy cơ cao phát triển các bệnh mãn tính như thoái hóa khớp sau chấn thương khớp gối ban đầu. Khả năng này giúp dự đoán các kết quả lâu dài sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho các chiến lược can thiệp sớm, cuối cùng nâng cao chất lượng chăm sóc bệnh nhân và giảm gánh nặng các bệnh liên quan đến khớp gối lên hệ thống y tế [10].

Tài liệu tham khảo

- [1] Salvatore Gitto, Francesca Serpi, Domenico Albano et al., “AI applications in musculoskeletal imaging: a narrative review”, *Eur Radiol Exp*, 8(1), 22, 2024.
- [2] Athanasios Siouras, Serafeim Moustakidis, Archontis Giannakidis et al., “Knee injury detection using deep learning on MRI studies: a systematic review”, *Diagnostics (Basel)*, 12(2), 537, 2022
- [3] Yuan-Zhe Li, Yi Wang, Kai-Bin Fang et al., “Automated meniscus segmentation and tear detection of knee MRI with a 3D mask-RCNN”, *European Journal of Medical Research*, 27(1), 247, 2022.
- [4] Fang Liu, Bochen Guan, Zhaoye Zhou et al., “Fully automated diagnosis of anterior cruciate ligament tears on knee MR images by using deep learning”, *Radiol Artif Intell*, 1(3), 180091, 2019.
- [5] Kun-Hui Chen, Chih-Yu Yang, Hsin-Yi Wang et al., “Artificial Intelligence-Assisted Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Tears From Magnetic Resonance Images: Algorithm Development and Validation Study”, *JMIR AI*, 1(1), e37508, 2022.
- [6] Mazhar Javed Awan, Mohd Shafry Mohd Rahim, Naomie Salim et al., “Efficient detection of knee anterior cruciate ligament from magnetic resonance imaging using deep learning approach”, *Diagnostics (Basel)*, 11(1), 105, 2021.
- [7] Anran Xuan, Haowei Chen, Tianyu Chen et al., “The application of machine learning in early diagnosis of osteoarthritis: a narrative review”, *Ther Adv Musculoskelet Dis.*, 15, 1759720X231158198, 2023.
- [8] Ozkan Cigdem and Cem M %J Osteoarthritis Imaging Deniz., “Artificial intelligence in knee osteoarthritis: a comprehensive review”, *Osteoarthr Imaging*, 100161, 2023.
- [9] Pauline Shan Qing Yeoh, Khin Wee Lai, Siew Li Goh et al., “Emergence of deep learning in knee osteoarthritis diagnosis”, *Comput Intell Neurosci*, 2021(1), 4931437, 2021.
- [10] Omar Ali, Wiem Abdelbaki, Anup Shrestha et al., “A systematic literature review of artificial intelligence in the healthcare sector: Benefits, challenges, methodologies, and functionalities”, *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100333, 2023.

3. Kết luận

AI đã chứng tỏ tiềm năng lớn trong việc chẩn đoán bệnh lý bên trong khớp gối. Khả năng cải thiện độ chính xác, tăng tốc độ chẩn đoán và mang lại sự nhất quán trong đánh giá là những ưu điểm nổi bật. Tuy nhiên, những thách thức như chất lượng dữ liệu và khả năng tích hợp vào quy trình lâm sàng cần được giải quyết để AI thực sự trở thành công cụ thiết yếu trong chẩn đoán và quản lý bệnh lý bên trong khớp gối.

Khi những thách thức này được giải quyết, AI có tiềm năng không chỉ định hình lại chẩn đoán mà còn cả quản lý và điều trị các bệnh lý bên trong khớp gối, mang lại lợi ích cho cả bệnh nhân và các nhà cung cấp dịch vụ y tế. Tương lai của AI trong quản lý bệnh lý bên trong khớp gối có nhiều hứa hẹn, gợi ý một sự chuyên minh về cách tiếp cận chăm sóc bệnh nhân chủ động và cá nhân hóa hơn.