

Artificial Intelligence Non-Invasive Methods for Neonatal Jaundice Detection: A Review

Atitallah. S ^(1,2), Yahyaoui. S ^(1,2), Mazigh. S ^(1,2), Bouyahia. O ^(1,2), Boukthir. S ^(1,2)

⁽¹⁾ Service de Médecine Infantile C - Hôpital d'enfant Béchir Hamza de Tunis

⁽²⁾ Faculté de Médecine de Tunis - Université Tunis El Manar

"Artificial Intelligence Non-Invasive Methods for Neonatal Jaundice Detection: A Review" est une revue de la littérature qui a été rédigée par Fati Oiza Salami et ses collaborateurs. Elle a été publiée en Avril 2025 dans le journal **Artificial Intelligence in Medicine**.

Cet article se penche sur l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle (IA) dans le diagnostic de l'ictère néonatal. L'ictère néonatal est une situation fréquente en néonatalogie et représente une cause importante de morbidité et, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire, notamment en Afrique. L'enjeu majeur demeure le dépistage précoce et fiable de cette affection afin de prévenir les complications neurologiques graves.

Dans ce contexte, la revue avait pour objectif principal d'établir un état des lieux des méthodes non invasives de détection de l'ictère néonatal et de les comparer aux approches classiques, reposant sur le dosage sanguin de la bilirubine. Elle visait à montrer comment les nouvelles technologies, notamment celles basées sur l'IA, peuvent améliorer la précision, la rapidité et l'accessibilité du diagnostic. Un second objectif consistait à l'analyse critique de l'application des techniques d'IA, incluant le machine learning (apprentissage automatique à partir de données) et le deep learning (apprentissage en profondeur utilisant des réseaux de neurones convolutifs, spécialisés dans l'analyse d'images).

La méthodologie adoptée dans cette revue reposait sur les recommandations du guide PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). La recherche bibliographique a été conduite dans plusieurs bases de données électroniques. La période couverte s'étendait de janvier 2014 à août 2024. Le processus de sélection des études a suivi des critères d'inclusion et d'exclusion stricts. Seules ont été retenues les publications répondant à plusieurs conditions précises : études originales, ayant recours à des méthodes d'intelligence artificielle (machine learning, deep learning ou modèles hybrides), portant spécifiquement sur la détection non invasive de l'ictère néonatal, publiées en anglais.

La revue a permis d'identifier 33 études publiées entre 2014 et 2024 portant sur la détection non invasive de l'ictère néonatal à l'aide de l'IA. Les travaux recensés se sont appuyés sur une grande variété de technologies de collecte de données, incluant la photographie numérique, les applications pour smartphones (comme BiliCam), l'imagerie... La majorité des études (plus de 90 %) ont exploité des images (peau, visage, sclère ou ongle) comme source principale de données, tandis qu'un petit nombre a eu recours à des données cliniques. Les études ont été classées en trois grandes catégories : celles ayant recours au machine learning (17 études), au deep learning (7 études), et aux méthodes hybrides ou d'ensemble (9 études).

L'évaluation des modèles s'est appuyée sur différents indicateurs de performance, dont l'exactitude, la précision, la sensibilité, la spécificité, ainsi que l'aire sous la courbe ROC (AUC).

Les approches d'apprentissage automatique (machine learning), adoptées dans 17 études, ont démontré des résultats encourageants. Des méthodes comme les forêts aléatoires, les machines à vecteurs de support ou les modèles de régression se sont révélées efficaces pour analyser la couleur de la peau ou de la sclère. Les forêts aléatoires sont des ensembles d'arbres de décision qui permettent de réduire le surapprentissage et d'améliorer la précision des prédictions. Les machines à vecteurs de support cherchent à séparer les données en classes distinctes en maximisant la marge entre elles, ce qui est particulièrement utile pour des classifications complexes. Les modèles de régression, quant à eux, établissent des relations statistiques entre des variables explicatives et une variable cible continue, permettant d'estimer ou de prédire des valeurs numériques à partir des caractéristiques observées. Des outils innovants tels que le Jaundice Eye Color Index ont été proposés pour quantifier de façon objective la coloration de la sclère.

Les méthodes de deep learning, recensées dans 7 études, se distinguent par leur capacité à extraire automatiquement des caractéristiques complexes à partir des images. Parmi les architectures les plus

étudiées figurent les réseaux de neurones convolutifs, spécialisés dans l'analyse d'images, ainsi que des modèles récents comme le Vision Transformer, qui traite les images par fragments (ou « patches ») selon une logique d'attention sélective inspirée du traitement du langage. D'autres algorithmes plus légers, tels que YOLO (You Only Look Once) ou MobileNet, permettent une détection rapide des signes d'ictère à partir d'images capturées sur smartphone, adaptés à un usage clinique portable. Ces applications ont montré une faisabilité technique prometteuse dans des environnements à ressources limitées. Les réseaux de neurones convolutifs et d'autres architectures avancées ont montré une supériorité par rapport aux modèles classiques, notamment en termes d'AUC et de robustesse face aux variations de conditions d'éclairage. Certaines études ont également utilisé des données d'imagerie (comme l'IRM) pour détecter des formes sévères d'hyperbilirubinémie ou pour prédire l'encéphalopathie.

Enfin, 9 études ont exploré des approches hybrides, d'ensemble ou de transfert de connaissances. Ces modèles combinent plusieurs algorithmes afin d'améliorer la précision diagnostique et la capacité de généralisation. Les résultats indiquent que ces approches obtiennent souvent de meilleures performances globales, avec des valeurs d'AUC avoisinant ou dépassant 95 %, et offrent un potentiel intéressant pour le déploiement clinique.

Cette revue présente plusieurs atouts majeurs. Tout d'abord, elle s'appuie sur une méthodologie rigoureuse conforme aux recommandations PRISMA, garantissant transparence et reproductibilité. Elle offre ainsi une vision structurée et exhaustive de la littérature récente concernant les approches d'IA appliquées au dépistage non invasif de l'ictère néonatal. Ensuite, la revue se distingue par la richesse et la diversité des sources consultées, incluant les principales bases de données scientifiques internationales. Elle rassemble et analyse un corpus représentatif de 33 études, ce qui constitue une base solide pour dresser un panorama des avancées dans le domaine. Par ailleurs, l'étude propose une analyse comparative détaillée entre différentes familles de modèles (machine learning, deep learning, méthodes hybrides), en évaluant leurs performances respectives sur des critères standardisés tels que l'exactitude, la sensibilité, la spécificité et l'AUC. Cette approche permet de dégager des tendances claires, notamment la supériorité des modèles de deep learning et d'ensemble dans la plupart des contextes. Enfin, l'article met en évidence le potentiel d'applications concrètes, en soulignant la faisabilité d'outils simples et accessibles, comme les applications mobiles basées sur l'analyse d'images via smartphone. Cela confère à cette revue une forte valeur ajoutée en termes de transférabilité clinique et de santé publique, notamment pour les pays à ressources limitées.

Malgré ses atouts, la revue comporte certaines limites. La première est liée à la variabilité et à la taille restreinte des jeux de données exploités par les études incluses. La plupart des modèles ont été validés sur des cohortes limitées, souvent monocentriques, ce qui réduit la généralisation des résultats. Cette contrainte est particulièrement pertinente dans un contexte comme la Tunisie où la constitution de bases d'images néonatales locales reste rare. La diversité ethnique et physiologique des nouveau-nés est insuffisamment représentée : la pigmentation cutanée et les conditions d'éclairage influencent directement la fiabilité des modèles. Faute de bases de données multiculturelles et suffisamment larges, le risque de biais algorithmique reste important. Cela souligne la nécessité, pour la recherche tunisienne, de constituer des bases de données adaptées à la population maghrébine. Par ailleurs, le manque de validation externe et d'études multicentriques complique la transposition de ces modèles aux situations cliniques réelles. Les hôpitaux tunisiens pourraient jouer un rôle clé en menant des études pilotes multi-sites pour évaluer la faisabilité de ces outils en conditions locales. Enfin, les auteurs rappellent que l'intégration de solutions d'IA en santé pose des questions éthiques et pratiques : confidentialité et sécurité des données sensibles, obtention du consentement parental, responsabilité médico-légale en cas d'erreur diagnostique, et acceptabilité des outils par les professionnels de santé. Dans le contexte tunisien, où le cadre réglementaire de l'IA en santé est encore émergent, ces enjeux doivent être anticipés pour garantir une intégration responsable et acceptable par les équipes médicales.

Cette revue fournit une synthèse rigoureuse et complète des avancées récentes dans l'application de l'IA au dépistage non invasif de l'ictère néonatal, en mettant en évidence les modèles les plus performants. Néanmoins, ses limites majeures concernent la taille et l'hétérogénéité des cohortes, le manque de diversité ethnique et physiologique, ainsi que l'insuffisance de validations externes et multicentriques, ce qui restreint la généralisation des résultats. Ces constats soulignent l'importance pour la recherche, notamment en Tunisie, de développer des bases de données locales multicentriques et adaptées à la population locale, afin de garantir une intégration responsable et efficace de l'IA en santé néonatale.

Au regard de ces constats, plusieurs pistes de recherche et de développement ont été proposées. D'abord, la création de bases de données cliniques plus vastes et diversifiées est indispensable pour renforcer la fiabilité et l'équité des modèles d'IA. Ensuite, la standardisation des protocoles d'acquisition d'images (distance, éclairage, angle) permettrait de limiter les biais liés aux conditions de capture. Il est également nécessaire d'intégrer pro-

gressivement ces outils dans la pratique clinique, en étroite collaboration avec les professionnels de santé, afin d'assurer leur pertinence et leur faisabilité opérationnelle. Enfin, un encadrement éthique et réglementaire solide, garantissant la protection des données et la sécurité des patients, reste comme une condition préalable à leur adoption à large échelle, notamment en néonatalogie.

En conclusion, les auteurs ont proposé une approche innovante pour le diagnostic non invasif de l'ictère néonatal en utilisant l'IA et l'analyse d'images. Bien que les résultats soient prometteurs, la transition vers une application clinique généralisée nécessite de surmonter certaines limites techniques, méthodologiques et éthiques. Ce travail ouvre la voie à un potentiel renouvellement des méthodes de diagnostic en néonatalogie, tout en soulignant l'importance de poursuivre les recherches et les validations cliniques pour assurer sécurité et efficacité.