



Canadian Radiation Protection Association Association canadienne de radioprotection

2025 ANTHONY J. MacKay STUDENT PAPER CONTEST /

CONCOURS DE COMMUNICATIONS ÉTUDIANTES ANTHONY J. MacKay 2025

FINALIST / FINALISTE

Name / Nom	
Amir Jabbarpour	
Program and Year of Study	Programme d'étude et niveau
3rd Year, PhD Program, Medical Physics	3e année, programme de doctorat, physique médicale
Institute	Institut
Carleton University	Université Carleton
Name and Affiliation of Co-Authors	Nom et affiliation des co-auteurs
Siraj Ghassel, University of Ottawa Eric Moulton, Jubilant DraxImage Inc. Professor Jochen Lang, University of Ottawa Ran Klein, The Ottawa Hospital	Siraj Ghassel, Université d'Ottawa Eric Moulton, Jubilant DraxImage Inc. Professor Jochen Lang, Université d'Ottawa Ran Klein, L'Hôpital d'Ottawa
Paper Title	Titre de l'article
AI-Driven Enhancement of Low-Count Lung Scintigraphy: Optimizing Radiation Safety and Imaging Efficiency with cGANs	Amélioration de la scintigraphie pulmonaire à faible comptage par l'IA : Optimisation de la radioprotection et de l'efficacité de l'imagerie grâce aux cGAN

Abstract	Résumé
<p>Background</p> <p>Lung ventilation/perfusion (V/Q) scintigraphy is a crucial imaging tool for diagnosing pulmonary embolism (PE). Transitioning exclusively to single photon emission computed tomography (SPECT) acquisitions presents challenges for clinicians accustomed to interpreting traditional planar lung scintigraphy. Additionally, standard acquisition protocols for lung SPECT and planar V/Q scintigraphy, designed to produce high-quality images, are time-consuming and prone to patient motion artifacts. This can lead to patient discomfort and necessitate repeat imaging to obtain clinically acceptable scans. This study explores the potential of conditional generative adversarial networks (cGANs) to generate high-quality pseudo-planar images from either low-dose SPECT projection data or low-count resampled planar images. By leveraging AI-driven enhancement, this approach aims to significantly reduce radiation dose, minimize patient motion artifacts, and decrease the need for redundant imaging while preserving diagnostic accuracy.</p> <p>Methods</p> <p>We retrospectively analyzed 704 patients from The Ottawa Hospital who underwent V/Q scans for suspected PE between June 2017 and January 2023. Only perfusion images acquired using 99m-Tc MAA were included. Perfusion images were obtained in six standard projections—anterior (ANT), posterior (POST), right and left posterior oblique (RPO, LPO), and right and left anterior oblique (RAO, LAO)—using eight SPECT machines from two vendors. Each projection was recorded until reaching a total of 600K counts, using a 256 × 256 matrix. Planar acquisition averaged 120.0 ± 54.7 seconds. SPECT acquisition followed immediately, using 128 projections with an acquisition time of 8 seconds per stop and a 128 × 128 matrix. The best-matching SPECT projection for each planar projection was determined automatically by selecting the one with the highest Pearson correlation coefficient. The SPECT/planar count ratio was calculated and used to Poisson-resample the planar</p>	<p>Contexte</p> <p>La scintigraphie pulmonaire ventilation/perfusion (V/Q) est un outil d'imagerie crucial pour le diagnostic de l'embolie pulmonaire (EP). La transition vers des acquisitions par tomographie d'émission monophotonique (SPECT) exclusivement présente des défis pour les clinicien·ne·s habitué·e·s à interpréter des scintigraphies pulmonaires planaires traditionnelles. De plus, les protocoles d'acquisition habituels pour les SPECT et la scintigraphie planaire V/Q, conçus pour produire des images de haute qualité prennent du temps et sont sujets à des artefacts dus aux mouvements du patient. Ceci peut mener à l'inconfort du ou de la patient·e et nécessite de répéter des examens afin d'obtenir des images cliniquement acceptables. Cette étude explore le potentiel des réseaux adverses génératifs conditionnels (cGANs) pour générer les images pseudoplanaires de haute qualité à partir de données de projection SPECT à faible dose ou d'images planaires ré-échantillonnées à faible comptage. En s'appuyant sur l'amélioration basée sur l'IA, cette approche vise à réduire considérablement la dose de rayonnements, à minimiser les artefacts dus aux mouvements du ou de la patient·e et à diminuer le besoin d'imagerie redondante, tout en préservant la précision du diagnostic.</p> <p>Méthode</p> <p>Nous avons analysé rétrospectivement 704 patients de L'Hôpital d'Ottawa ayant subi une scintigraphie V/Q pour une suspicion d'EP entre juin 2017 et janvier 2023. Seules les images de perfusion acquises en utilisant du technétium 99m MAA ont été incluses. Les images de perfusion ont été obtenues dans six projections habituelles – antérieure (ANT), postérieure (POST), oblique postérieure droite et gauche (RPO, LPO) et oblique antérieure droite et gauche (RAO, LAO) en utilisant huit appareils SPECT de deux fournisseurs. Chaque projection a été enregistrée jusqu'à ce qu'elle atteigne un total de 600 000 comptes en utilisant une matrice de 256 x 256. L'acquisition planaire a duré en moyenne 120,0 ±</p>

images, generating synthetic low-count images with Poisson noise levels matching the SPECT projections.

To enhance these low-count images, a conditional generative adversarial network (cGAN) was trained using an L1+Perceptual+GAN loss function over 300 epochs. The training dataset consisted of synthetic resampled planar images paired with their corresponding full-count planar images. Image intensity values were normalized between 0 and 1, and SPECT projections were upsampled to a 256×256 matrix before being fed into the cGAN. Training, validation, and test sets were created with an 80:10:10 split.

To evaluate the model's performance, mean squared error (MSE), peak signal-to-noise ratio (PSNR), and structural similarity index measure (SSIM) were calculated, comparing low-count synthetic images, low-count SPECT projections, and their AI-enhanced results against high-count planar images. Statistical comparisons were performed using the Wilcoxon rank-sum test.

Results

The planar to SPECT projection count ratios were 0.078 ± 0.047 . By visual inspection, we show that subsegmental and segmental perfusion defects can still be discerned after enhancement and that no new defects are introduced, demonstrating that diagnostic information is preserved despite ~ 10 -fold count loss. Synthetic and SPECT projections had similar performance metrics both before and after AI enhancement. All performance metrics showed significant improvements with AI enhancement. Specifically, for the SPECT projection, the median \pm interquartile range (IQR) of mean squared error (MSE) decreased from 0.59 ± 0.08 to 0.72 ± 0.07 , peak signal-to-noise ratio (PSNR) increased from 21.1 ± 1.9 to 27.7 ± 1.6 , and structural similarity index (SSIM) improved from $7.75 \times 10^{-3} \pm 3.39 \times 10^{-3}$ to $1.70 \times 10^{-3} \pm 8.70 \times 10^{-4}$, with all changes being statistically significant ($p < 10^{-5}$).

54,7 secondes. L'acquisition SPECT a immédiatement suivi, utilisant 128 projections avec un temps d'acquisition de 8 secondes par arrêt et une matrice de 128×128 . La projection SPECT correspondant le mieux à chaque projection planaire a été déterminée automatiquement en sélectionnant celle avec le coefficient de corrélation Pearson le plus élevé. Le rapport de comptage SPECT/planaire a été calculé et utilisé pour ré-échantillonner les images planaires en utilisant la méthode de Poisson, générant des images synthétiques à faible comptage avec des niveaux de bruit de Poisson correspondant aux projections SPECT.

Pour améliorer ces images à faible comptage, un réseau adverse génératif conditionnel (cGAN) a été formé à l'aide d'une fonction de perte L1+Perceptual+GAN sur 300 répétitions. L'ensemble des données d'entraînement était constitué d'images planaires synthétiques ré-échantillonnées associées à leurs images planaires à comptage complet correspondantes. Les valeurs d'intensité des images ont été normalisées entre 0 et 1 et les projections SPECT ont été suréchantillonnées dans une matrice 256×256 avant d'être introduites dans le cGAN. Les ensembles d'entraînement, de validation et de test ont été créés avec une répartition de 80:10:10.

Pour évaluer les performances du modèle, l'erreur quadratique moyenne, le rapport signal/bruit de crête et la mesure d'indice de similarité structurelle ont été calculés, comparant les images synthétiques à faible comptage, les projections SPECT à faible comptage et leurs résultats améliorés par l'IA avec les images planaires à comptage élevé. Des comparaisons statistiques ont été effectuées à l'aide d'un test de la somme des rangs de Wilcoxon.

Résultats

Les rapports de comptage entre les projections planaire et SPECT étaient de $0,078 \pm 0,047$. Par inspection visuelle, nous montrons que les défauts de perfusion sous-segmentaires et segmentaires peuvent toujours être discernés après l'amélioration et qu'aucun nouveau défaut n'est introduit, démontrant que l'information

Conclusion

The proposed cGAN model effectively enhances low-count lung scintigraphic images, generating high-quality pseudo-planar images from both low-dose SPECT projection data and low-count resampled planar images. Given that both low-dose and fast-scan paradigms inherently are two sides of the same coin, Poisson noise, which degrades image quality and diagnostic reliability, AI-driven enhancement offers a crucial solution. By mitigating the effects of noise, this approach enables a reduction in administered radiopharmaceutical activity, thereby lessening patient absorbed dose while maintaining diagnostic accuracy. Additionally, it supports faster acquisition protocols, improving clinical efficiency, reducing patient discomfort, and minimizing motion-related artifacts. Future research will explore its applicability to ventilation studies, further reinforcing its role in optimizing nuclear medicine imaging.

diagnostique est préservée malgré une perte de comptage d'environ 10 fois. Les projections synthétiques et SPECT présentaient des paramètres de performance similaires avant et après l'amélioration par l'IA. Tous les paramètres de performance démontraient des améliorations significatives avec l'amélioration par l'IA. Plus précisément, pour la projection SPECT, la médiane \pm l'écart interquartile de l'erreur quadratique moyenne a diminué de $0,59 \pm 0,08$ à $0,72 \pm 0,07$, le rapport signal/bruit de crête a augmenté de $21,1 \pm 1,9$ à $27,7 \pm 1,6$ et l'indice de similarité structurelle s'est amélioré de $7,75 \times 10^{-3} \pm 3,39 \times 10^{-3}$ à $1,70 \times 10^{-3} \pm 8,70 \times 10^{-4}$; tous les changements étant statistiquement significatifs ($p < 10^{-5}$).

Conclusion

Le modèle cGAN proposé améliore efficacement les images par scintigraphies pulmonaires à faible comptage, générant des images pseudoplanaires de haute qualité à partir de données de projection SPECT à faible dose et d'images planaires ré-échantillonnées à faible comptage. Étant donné que les paradigmes de faible dose et d'acquisition rapide sont les deux faces d'une même médaille, le bruit de Poisson, qui dégrade la qualité de l'image et la fiabilité du diagnostic, l'amélioration par l'IA offre une solution cruciale. En atténuant les effets de bruit, cette approche permet de réduire l'activité radiopharmaceutique administrée, diminuant ainsi la dose absorbée par le ou la patient-e tout en préservant la précision du diagnostic. De plus, elle permet d'accélérer les protocoles d'acquisition, d'améliorer l'efficacité clinique, de réduire l'inconfort du ou de la patient-e et de minimiser les artefacts liés aux mouvements. Les recherches futures exploreront son applicabilité aux études de ventilation, renforçant ainsi son rôle en optimisant l'imagerie en médecine nucléaire.