

Titre en français

Évaluation de la compressibilité de l'artère carotide par échographie au lit du patient, assistée par intelligence artificielle, pour l'estimation de la pression artérielle chez les patients critiques et en post-réanimation.



Board ECMU

Titre en anglais

AI-driven carotid artery compressibility assessment via point-of-care ultrasound for blood pressure estimation in critically ill and post-resuscitation patients (*Critical Care*, 2025).

Numéro d'inscription sur ClinicalTrials.gov

Non retrouvé.

Page de couverture

Maeng et al. *Critical Care* (2026) 30:2
<https://doi.org/10.1186/s13054-025-05772-2>

Critical Care

RESEARCH

Open Access



AI-driven carotid artery compressibility assessment via point-of-care ultrasound for blood pressure estimation in critically ill and post-resuscitation patients: a prospective observational study

Seung Jin Maeng^{1,2†}, Subin Park^{3†}, Ik Joon Jo¹, Guntak Lee¹, Sung Yeon Hwang¹, Myung Jin Chung^{4,5,6}, Jihyeon Kim⁷, Hakje Yoo^{4,8*} and Hee Yoon^{1,9*}

Abstract

Background Accurate, real-time blood pressure (BP) monitoring is critical in emergency and critical care, but current methods are limited. Invasive arterial catheterization, the gold standard, is often delayed in hypotensive patients, whereas noninvasive cuffs can be unreliable in a state of low perfusion. We hypothesized that carotid artery compressibility measured by point-of-care ultrasound (POCUS) and analyzed via artificial intelligence (AI) could be used to estimate arterial BP noninvasively.

Methods We conducted a prospective observational study enrolling critically ill patients and post-return of spontaneous circulation (ROSC) patients in the emergency department. Standardized POCUS-guided carotid artery compression (POCUS-CAC) was performed. Video clips of POCUS-CAC were analyzed with RealCAC-Net, a deep learning model for quantifying carotid artery compressibility (CAC). The AI-derived maximum CAC value and concurrently measured BP were recorded. Diagnostic and regression analyses were conducted to evaluate the performance of CAC in classifying and predicting BP.

Results A total of 372 ultrasound clips from 56 patients (30 critically ill, 26 post-ROSC) were analyzed. CAC demonstrated strong inverse correlations with systolic ($r = -0.697$), mean ($r = -0.656$), and diastolic ($r = -0.576$) arterial pressures. The model achieved excellent diagnostic performance for identifying hypotension: area under the curve of 0.90 (95% confidence interval (CI), 0.87–0.93) for systolic BP < 60 mmHg and 0.91 (95% CI, 0.88–0.94) for

Problématique

En situation critique (choc, post-arrêt cardiaque), la mesure fiable et rapide de la pression artérielle (PA) peut représenter un défi. La référence qu'est le cathéter artériel est une procédure invasive et son installation peut être retardée chez un patient instable, tandis que les brassards non invasifs peuvent manquer de fiabilité en cas d'hypoperfusion sévère. Après un retour à la circulation spontanée (ROSC), l'optimisation de la pression artérielle est cruciale. Dans ce contexte, disposer d'un outil non invasif, rapide et en temps réel, pouvant estimer efficacement la PA, pourrait améliorer la prise en charge des patients en choc ou après un ROSC.

Objectifs

Valider une procédure d'estimation de la PA à partir de la compressibilité de l'artère carotide mesurée en échographie clinique (ECMU) et analysée par intelligence artificielle (IA), chez des patients en état critique ou en post-ROSC, comparée aux mesures de PA invasives ou conventionnelles.

Méthodologie

Il s'agit d'une étude prospective, observationnelle, monocentrique de type proof-of-concept, menée dans un service d'urgences en Corée du Sud. Cinquante-six patients adultes ont été inclus, répartis en deux cohortes : 30 patients en état critique porteurs d'un cathéter artériel (cohorte A) et 26 patients en post-ROSC après arrêt cardio-respiratoire (cohorte B).

Chez chaque patient, une échographie de compression carotidienne standardisée (POCUS-CAC) a été réalisée, consistant en l'application d'une pression externe graduelle sur l'artère carotide jusqu'à l'affaissement complet de la veine jugulaire interne adjacente, avec enregistrement vidéo continu de la déformation artérielle. Les clips obtenus ont été analysés secondairement à l'aide d'un algorithme d'intelligence artificielle de « *deep learning* » dédié (RealCAC-Net), permettant de quantifier la compressibilité carotidienne maximale (CAC_max).

Pour chaque manœuvre, une mesure concomitante de pression artérielle (invasive lorsque disponible, sinon non invasive) a été recueillie. Les auteurs ont ensuite analysé la corrélation entre l'indice de compressibilité carotidienne et la pression artérielle mesurée, évalué les performances diagnostiques de la CAC pour l'identification d'une hypotension définie selon des seuils prédéterminés, et étudié la capacité prédictive de la CAC sur la pression artérielle par analyse de régression linéaire.

Résultats

Au total, 372 séquences échographiques ont été analysées chez les 56 patients, majoritairement sur la carotide droite (51%). La compressibilité maximale de la carotide (CAC_max) présente une **corrélation inverse modérée** avec la PA systolique ($r = -0,70$), moyenne ($r = -0,66$) et diastolique ($r = -0,58$). L'algorithme IA a montré une excellente performance pour identifier les hypotensions sévères : l'aire sous la courbe (AUC) est de 0,90 (IC 95% 0,87–0,93) pour détecter une PAS < 60 mmHg, et de 0,91 (0,88–0,94) pour détecter une PAM < 40 mmHg. La régression linéaire basée sur l'indice de compressibilité permet d'estimer la PA de façon continue, avec un écart quadratique moyen (RMSE) d'environ 8 mmHg par rapport à la valeur

réelle. Les performances de l'outil étaient les meilleures dans les tranches de pression les plus basses, suggérant une utilité particulière en cas d'hypotension profonde

Commentaire

Cette étude coréenne propose une approche innovante de monitoring hémodynamique non invasif par échographie. Les auteurs concluent que leur **preuve de concept** démontre l'intérêt potentiel de la compressibilité carotidienne, couplée à l'IA, pour estimer la tension artérielle chez les patients en choc, notamment lorsque la mise en place d'un cathéter artériel est difficile ou retardée.

Parmi les forces de l'étude : une conception prospective, l'inclusion de patients relevant de soins critiques (post-ACR, états de choc septique ou cardiogénique), et l'usage d'une référence invasive pour la PA dans la majorité des cas (100% dans la cohorte A, 84% dans la cohorte B). Les résultats montrent une corrélation notable entre l'indice échographique et la PA, ainsi qu'une excellente capacité à discriminer les hypotensions menaçantes. Ces observations s'alignent avec des travaux préliminaires récents suggérant que la déformabilité des gros vaisseaux peut refléter la pression intraluminale. (1–3) Par ailleurs, la même équipe avait déjà exploré cette technique de compression carotidienne assistée par IA pour détecter le retour de circulation spontanée lors de l'arrêt cardiaque, ce qui a probablement motivé l'application actuelle à l'estimation de la PA. (4)

Néanmoins, plusieurs limites **importantes** tempèrent ces résultats. D'abord, l'effectif est modeste (56 patients, monocentrique) et hétérogène, sans calcul de sujet nécessaire réalisé a priori. Le protocole a exclu les patients avec pathologie carotidienne (sténoses) pour des raisons de sécurité et de faisabilité, ce qui constitue un biais de sélection majeur limitant d'emblée la **généralisation aux patients athéromateux, aux artères vieillissantes ou aux sujets porteurs d'une maladie du sinus carotidien – populations pourtant fréquemment rencontrées en médecine d'urgence.** Ces pathologies vasculaires pourraient significativement altérer les propriétés mécaniques de la paroi artérielle et fausser les mesures de compressibilité. La méthode de compression standardisée par affaissement de la veine jugulaire interne adjacente apparaît imparfaite : elle ne garantit ni un niveau de pression externe reproductible ni une application homogène entre opérateurs. De plus, la mesure de compressibilité nécessitait une certaine expertise : ici, elle a été réalisée de façon standardisée, dans la majorité des cas (94%) par un urgentiste expérimenté à cette technique d'échographie (> 10 examens préalables), ce qui peut ne pas refléter la pratique de tous. Le temps d'apprentissage nécessaire pour maîtriser la technique de compression n'est pas abordé, pas plus que le temps de réalisation de la mesure. **Surtout, l'absence totale de données sur la reproductibilité inter-opérateur constitue un biais méthodologique majeur : le degré de pression appliqué par les opérateurs n'était pas enregistré, rendant les mesures probablement très variables d'un examinateur à l'autre et compromettant la transférabilité de la technique.** De plus, l'algorithme d'IA (RealCAC-Net) utilisé pour analyser les images n'est pas disponible en routine clinique à ce jour – son déploiement nécessiterait une intégration logicielle aux échographes ou stations de travail. On note également que la relation CAC-PA atteint un plateau pour les valeurs de pression élevées (au-delà de ~140–150 mmHg) rendant l'outil moins pertinent pour différencier une PA normale d'une PA modérément augmentée. Enfin, l'enregistrement de plusieurs clips vidéo par patient et le décalage potentiel

entre l'acquisition des images et la mesure de la pression artérielle, susceptible d'être influencée par des bolus d'amines à action rapide, ont pu introduire un biais statistique.

Il s'agit donc bien d'une preuve de concept prometteuse sur la performance diagnostique initiale de cette approche, mais dont la faisabilité et la validité doit être confirmée par des études supplémentaires. Pour le clinicien urgentiste, cette étude ouvre une perspective intéressante : utiliser l'échographie au lit du patient non plus seulement pour diagnostiquer des causes de choc, mais aussi pour quantifier en temps réel l'état hémodynamique via une mesure de pression non invasive. Toutefois, il faut souligner que cet outil n'est pas encore prêt pour une utilisation clinique généralisée. À court terme, cette méthode reste donc cantonnée à la recherche. À plus long terme, on peut imaginer l'intégration de ce type d'IA directement dans des échographes portables ou des dispositifs dédiés, qui afficheront automatiquement une estimation de la PA sur la base d'une simple acquisition ultrasonore de 2–3 secondes sur la carotide. Un tel système pourrait servir de **tensiomètre échographique** d'appoint en préhospitalier ou en soins critiques, notamment dans les situations où la mesure non invasive classique est mise en défaut.

Conclusion :

L'étude de Maeng *et al.* apporte **une idée originale** pour la médecine d'urgence, mais dont l'application clinique devra attendre une validation externe et la résolution des contraintes pratiques (formation, faisabilité, matériel, intégration logicielle) avant de devenir un outil d'aide à la décision au quotidien.

Références :

1. Joseph J, M NP, Shah MI, Sivaprakasam M. Arterial compliance probe for cuffless evaluation of carotid pulse pressure. PLOS ONE. 16 août 2018;13(8):e0202480.
2. Xu C, Xiong H, Gao Z, Liu X, Zhang H, Zhang Y, et al. Beat-to-Beat Blood Pressure and Two-dimensional (axial and radial) Motion of the Carotid Artery Wall: Physiological Evaluation of Arterial Stiffness. Sci Rep. 13 févr 2017;7(1):42254.
3. Zakrzewski AM, Anthony BW. Noninvasive Blood Pressure Estimation Using Ultrasound and Simple Finite Element Models. IEEE Trans Biomed Eng. sept 2018;65(9):2011-22.
4. Kang SY, Jo IJ, Lee G, Park JE, Kim T, Lee SU, et al. Point-of-care ultrasound compression of the carotid artery for pulse determination in cardiopulmonary resuscitation. Resuscitation. oct 2022;179:206-13.