

Ο Ρόλος του Παρακλίνιου Υπερήχου στην Καρδιακή Ανακοπή

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ¹, ΜΑΡΙΑ ΒΕΛΛΙΟΥ²,
ΗΛΙΑΣ ΣΑΝΙΔΑΣ³, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΑΤΣΙΟΣ⁴,
ΠΑΥΛΟΣ ΜΠΟΥΝΑΣ⁵, ΜΑΡΙΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ¹,
ΚΩΣΤΑΣ ΘΩΜΟΠΟΥΛΟΣ³

¹ Καρδιολογική Κλινική, ΓΝΑ Αμαλία Φλέμιγκ, Αθήνα

² Πανεπιστημιακή Κλινική Επειγόντων Περιστατικών, ΠΓΝ Αττικών, Αθήνα

³ Καρδιολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών Λαϊκό, Αθήνα

⁴ Α' Πανεπιστημιακή Καρδιολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών Ιπποκράτειο, Αθήνα

⁵ Καρδιολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Ελευσίνας Θριάσιο, Ελευσίνα

Λέξεις ευρετηρίου

POCUS, παρακλίνιος υπέρηχος, καρδιακή ανακοπή

Επικοινωνία

Ηλίας Σανίδας

Επεμβατικός Καρδιολόγος

Διευθυντής ΕΣΥ

Καρδιολογική Κλινική, ΓΝΑ Λαϊκό

Αγίου Θωμά 17, ΤΚ 11527, Αθήνα

E-mail: easanidas@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καρδιακή ανακοπή είναι μια απειλητική για τη ζωή κατάσταση με υψηλό ποσοστό θνητότητας, η οποία απαιτεί άμεση αναγνώριση και αντιμετώπιση των αναστρέψιμων αιτιών, με στόχο τη βελτίωση της επιβίωσης των ασθενών. Ο παρακλίνιος υπέρηχος, γνωστός ως point-of-care ultrasound (POCUS), έχει αναδειχθεί ως ένα χρήσιμο εργαλείο που συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των προσπαθειών αναζωογόνησης. Η συγκεκριμένη απεικονιστική μέθοδος παρέχει απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο, βοηθώντας στην ανίχνευση των αναστρέψιμων αιτιών, όπως ο καρδιακός επιπωματισμός, η πνευμονική εμβολή, ο πνευμοθώρακας υπό τάση και η υποογκαιμία. Η παρούσα ανασκόπηση αποσκοπεί στη διερεύνηση του ρόλου του παρακλίνιου υπέρηχου στην καρδιακή ανακοπή, δίνοντας έμφαση στην έγκαιρη αναγνώριση, τη διαφοροποίηση μεταξύ πραγματικής άσφυγμης ηλεκτρικής δραστηριότητας (pulseless electrical activity, PEA) και ψευδο-PEA, την ανίχνευση των αναστρέψιμων αιτιών, την καθοδήγηση στη λήψη κλινικών αποφάσεων και την εκτίμηση της πρόγνωσης των θυμάτων καρδιακής ανακοπής.

Εισαγωγή

Η καρδιακή ανακοπή παραμένει μία από τις κύριες αιτίες θνητότητας παγκοσμίως, με τα ποσοστά επιβίωσης να εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα των έγκαιρων παρεμβάσεων. Εκτιμάται ότι 90 ανά 100.000 θύματα εξωνοσοκομειακής ανακοπής στις ΗΠΑ¹ και 47,8 έως 57,9 ανά 100.000 στην Ευρώπη² λαμβάνουν καρδιοπνευμονική αναζωογόνηση (cardiopulmonary resuscitation, CPR). Επιπλέον, η ετήσια επίπτωση της

ενδονοσοκομειακής καρδιακής ανακοπής ανέρχεται σε περίπου 18 περιστατικά ανά 1.000 νοσηλείες στις ΗΠΑ¹ και 1,5–2,8 περιστατικά ανά 1.000 εισαγωγές στην Ευρώπη.³

Οι ασθενείς που υφίστανται καρδιακή ανακοπή απαιτούν άμεσες, έγκαιρες και στοχευμένες παρεμβάσεις.⁴ Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα του παρακλίνιου υπερήχου (point-of-care ultrasound, POCUS) έχουν δημιουργήσει νέες δυνατότητες για τη βελτίωση της ακρίβειας και της ταχύτητας λήψης κλινικών αποφάσεων κατά τη διάρκεια της αναζωογόνησης. Το POCUS διενεργείται παρά την κλίνη του ασθενούς από τον κλινικό ιατρό, με σκοπό την ταχεία αξιολόγηση και καθοδήγηση της θεραπευτικής αντιμετώπισης, ιδίως σε επείγουσες και άλλες οξείες κλινικές καταστάσεις. Αν και η χρήση του ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 σε ασθενείς με τραύμα, κατά την τελευταία δεκαετία η επείγουσα υπερηχογραφία έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη και έχει εδραιωθεί στην καθημερινή κλινική πρακτική.⁵

Χάρη στη δυνατότητα παροχής απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο, το POCUS μπορεί να συμβάλει στην καθοδήγηση κρίσιμων παρεμβάσεων, στην εκτίμηση της καρδιακής συσταλτικότητας και στην αναγνώριση δυνητικά αναστρέψιμων αιτιών καρδιακής ανακοπής. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κατευθυντήριες οδηγίες του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Αναζωογόνησης (European Resuscitation Council, ERC), οι οποίες δημοσιεύθηκαν το 2025, έχουν ενσωματώσει τον παρακλίνιο υπέρηχο στον αλγόριθμο αντιμετώπισης της καρδιακής ανακοπής. Ωστόσο, η εφαρμογή του συνιστάται μόνο όταν διενεργείται από κατάλληλα εκπαιδευμένους χειριστές, εντός των 10 δευτερολέπτων που προβλέπονται για τον έλεγχο του καρδιακού ρυθμού και χωρίς να προκαλούνται πρόσθετες ή παρατεταμένες διακοπές των θωρακικών συμπίεσεων.⁶

Παρά την ολοένα αυξανόμενη χρήση του POCUS στην επείγουσα ιατρική, ο ακριβής ρόλος του στην καρδιακή ανακοπή παραμένει ανεπαρκώς καθορισμένος, γεγονός που περιορίζει την ευρύτερη ενσωμάτωσή του στις προσπάθειες αναζωογόνησης. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι η διερεύνηση του ρόλου του παρακλίνιου υπερήχου στη διαχείριση

της καρδιακής ανακοπής, με ιδιαίτερη έμφαση στη συμβολή του στην εκτίμηση της καρδιακής συσταλτικότητας, στην αναγνώριση των αναστρέψιμων αιτιών της ανακοπής και στην υποστήριξη της διαδικασίας λήψης κλινικών αποφάσεων κατά τη διάρκεια της αναζωογόνησης.

Κλινικές εφαρμογές του POCUS στην καρδιακή ανακοπή

Διάγνωση καρδιακής ανακοπής

Η ψηλάφηση σφυγμού έχει αποδειχθεί ότι στερείται ευαισθησίας και ειδικότητας, γεγονός που οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως η χαμηλή πίεση σφυγμού, η λανθασμένη επιλογή σημείων ψηλάφησης και το άγχος ή η απειρία του υγειονομικού προσωπικού. Μελέτη που αξιολόγησε τις δεξιότητες ελέγχου του καρωτιδικού σφυγμού σε 16 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε αορτοστεφανιαία παράκαμψη έδειξε ότι η ευαισθησία ήταν 90% και η ειδικότητα 55%. Ο μέσος χρόνος καθυστέρησης στην ψηλάφηση σφυγμού ήταν 24 δευτερόλεπτα, ενώ μόνο το 2% αναγνώρισε ορθά την απουσία σφυγμού εντός 10 δευτερολέπτων, γεγονός που υποδηλώνει ότι η προσδοκία έγκυρου ελέγχου του καρωτιδικού σφυγμού εντός 10 δευτερολέπτων είναι μη ρεαλιστική.⁷

Ο υπερηχογραφικός έλεγχος σφυγμού αποτελεί μια σχετικά νέα προσέγγιση, η οποία αναδεικνύεται ολοένα και περισσότερο ως μη επεμβατική και πιο αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης του σφυγμού σε σύγκριση με την ψηλάφηση. Στη νέα αυτή μέθοδο, ο γραμμικός ηχοβολέας τοποθετείται στην τραχηλική ή τη βουβωνική περιοχή για τον εντοπισμό της καρωτιδικής ή της μηριαίας αρτηρίας, αντίστοιχα. Αφού εντοπιστεί το αγγείο, οι θωρακικές συμπίεσεις σταματούν για λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα και καταγράφεται η σφυγμική κίνηση (Πίνακας 1).⁸

Μια προοπτική μελέτη, που συμπεριέλαβε 23 ασθενείς με μη τραυματική καρδιακή ανακοπή, έδειξε ότι το υπερηχογράφημα Doppler είχε υψηλότερη ευαισθησία (82% έναντι 27%), ειδικότητα (100% έναντι 90%) και διαγνωστική ακρί-

βεια (88% έναντι 46%) για την ανίχνευση σφυγμού σε σχέση με την ψηλάφηση.⁹ Ομοίως, μια άλλη προοπτική μελέτη σε 52 βαρέως πάσχοντες ασθενείς που υποβλήθηκαν σε αναζωογόνηση στο Τμήμα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ) έδειξε ότι η χρήση του Doppler υπερηχογραφήματος μείωσε σημαντικά το χρόνο ελέγχου σφυγμού (8,98 δευτερόλεπτα έναντι 11 δευτερολέπτων) σε σύγκριση με την ψηλάφηση.¹⁰ Αξίζει να σημειωθεί ότι τα έως τώρα δεδομένα καταδεικνύουν ότι ο υπερηχογραφικός έλεγχος σφυγμού φαίνεται να είναι εφικτός ακόμη και μεταξύ άπειρων χειριστών υπερήχου.¹¹

Ο παρακλίνιος υπέρηχος αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για την εκτίμηση της καρδιακής συσταλτικότητας κατά την καρδιακή ανακοπή, καθώς επιτρέπει την αναγνώριση της παρουσίας ή της απουσίας μηχανικής καρδιακής δραστηριότητας σε πραγματικό χρόνο. Η πλήρης απουσία υπερηχογραφικά ανιχνεύσιμης καρδιακής δραστηριότητας (cardiac standstill) έχει συσχετιστεί με ιδιαίτερα δυσμενή πρόγνωση. Η υποξοφειδική λήψη χρησιμοποιείται πιο συχνά, καθώς επιτρέπει την απεικόνιση της καρδιάς χωρίς να διακόπτονται οι θωρακικές συμπίεσεις. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παραστερνική λήψη κατά τον επιμήκη άξονα. Ωστόσο, η προβολή αυτή ενέχει τον κίνδυνο να καθυστερεί την επανέναρξη των θωρακικών συμπίεσεων.¹²

Επιπλέον, το POCUS μπορεί να συμβάλλει στη διάκριση μεταξύ άσφυγμης ηλεκτρικής δραστηριότητας (pulseless electrical activity, PEA) και ψευδο-PEA, δύο κλινικών οντοτήτων με διαφορετική θεραπευτική προσέγγιση. Στην ψευδο-PEA, δεν ψηλαφάται σφυγμός, αλλά στο υπερηχογράφημα απεικονίζεται οργανωμένη ηλεκτρική δραστηριότητα. Συνήθως συναντάται σε περιπτώσεις βαριάς καταπληξίας, όπως υποογκαιμία λόγω σοβαρής αιμορραγίας, μαζική πνευμονική εμβολή, πνευμοθώρακα υπό τάση, καρδιακό επιπωματισμό ή μείωση του αγγειακού τόνου (σππτικό ή νευρογενές shock).¹³ Η χρήση του παρακλίνιου υπερήχου στο ΤΕΠ για την αναγνώριση της ψευδο-PEA μπορεί να καθοδηγήσει τις προσπάθειες αναζωογόνησης, βελτιώνοντας την πρόγνωση.¹⁴

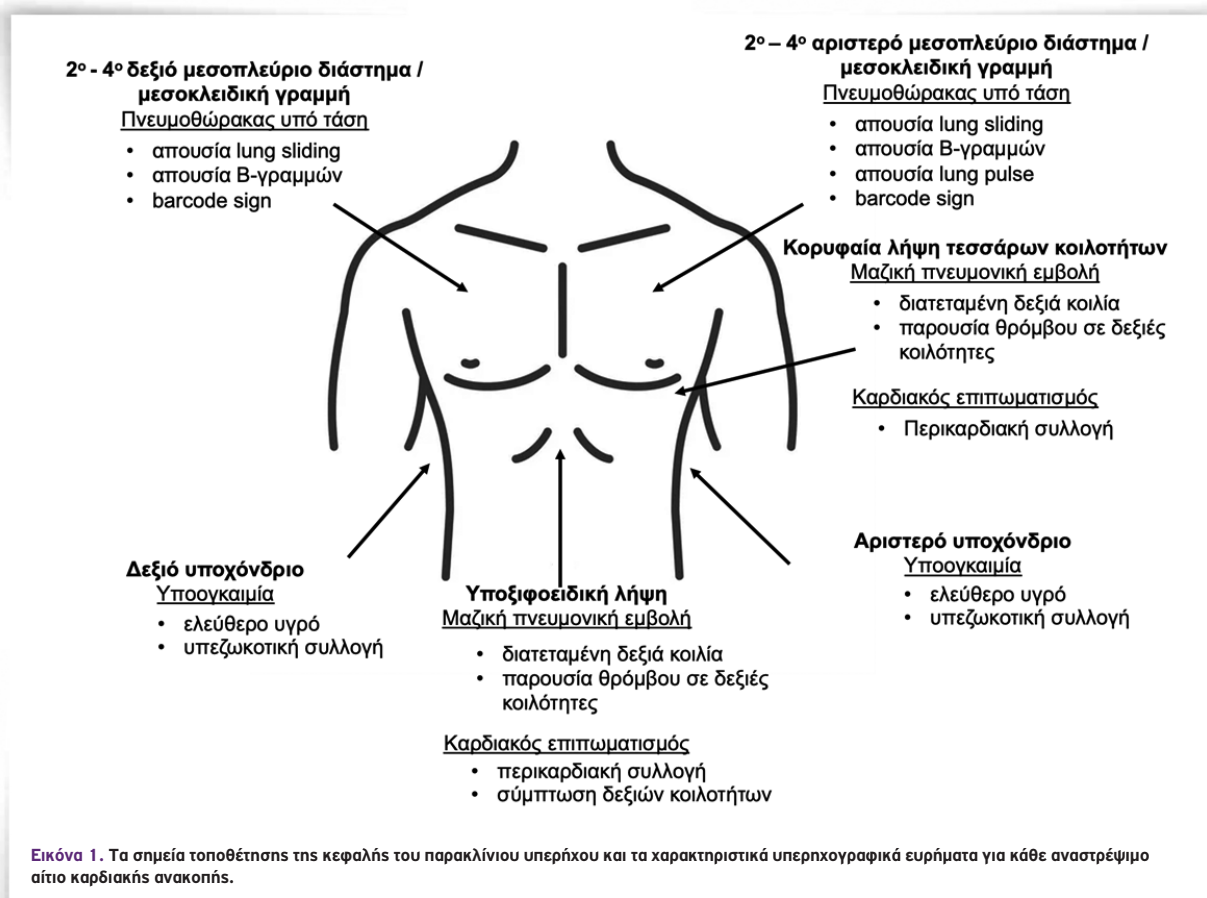
Τέλος, το POCUS μπορεί να βοηθήσει στη διάκριση της ασυστολίας από τη λεπτή κοιλιακή μαρμαρυγή (ventricular fibrillation, VF), δύο καταστάσεων με διαφορετική πρόγνωση και θερα-

πευτική στρατηγική. Στη λεπτή VF, που αποτελεί απινιδώσιμο ρυθμό, εξακολουθεί να υπάρχει κάποια υπολειπόμενη καρδιακή δραστηριότητα και η πρόγνωση είναι σημαντικά καλύτερη σε σύγκριση με την ασυστολία. Αντίθετα, η ασυστολία ανήκει στους μη απινιδώσιμους ρυθμούς και σχετίζεται με ιδιαίτερα δυσμενή πρόγνωση.¹⁵

Αναγνώριση των αναστρέψιμων αιτιών

Η έγκαιρη αναγνώριση των αναστρέψιμων αιτιών της καρδιακής ανακοπής αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την εφαρμογή στοχευμένων θεραπευτικών παρεμβάσεων, αυξάνοντας την πιθανότητα ανάκτησης της αυτόματης κυκλοφορίας (return of spontaneous circulation, ROSC) και βελτιώνοντας τη συνολική πρόγνωση των ασθενών. Ο παρακλίνιος υπέρηχος συνιστά μια ασφαλή, ταχεία και μη επεμβατική απεικονιστική μέθοδο, η οποία μπορεί να ενσωματωθεί αποτελεσματικά στον αλγόριθμο αντιμετώπισης της καρδιακής ανακοπής. Η εφαρμογή του συμβάλλει στην έγκαιρη διάγνωση ορισμένων δυνητικά αναστρέψιμων αιτιών, όπως ο καρδιακός επιπωματισμός, ο πνευμοθώρακας υπό τάση, η μαζική πνευμονική εμβολή και η υποογκαιμία. Η **Εικόνα 1** παρουσιάζει συνοπτικά τις θέσεις τοποθέτησης της υπερηχογραφικής κεφαλής και τα χαρακτηριστικά υπερηχογραφικά ευρήματα για κάθε αναστρέψιμο αίτιο καρδιακής ανακοπής.¹⁶

Μέχρι σήμερα έχουν περιγραφεί και αξιολογηθεί διάφορα πρωτόκολλα ενσωμάτωσης του παρακλίνιου υπερήχου κατά την αντιμετώπιση της καρδιακής ανακοπής, όπως τα SESAME,¹⁷ C.A.U.S.E. (Cardiac arrest ultra-sound exam),¹⁸ CASA (Cardiac Arrest Sonographic Assessment),¹⁹ PEA²⁰ και EASy-ALS (Echocardiographic Assessment using Subcostal-only view in ALS).²¹ Παρά την ύπαρξη των πρωτοκόλλων αυτών, η εφαρμογή του POCUS στην κλινική πράξη θα πρέπει να παραμένει στοχευμένη και να προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περιστατικού. Ειδικότερα, ο χειριστής του υπερήχου οφείλει να ιεραρχεί τα πιθανά αναστρέψιμα αίτια με βάση το κλινικό ιστορικό, επιλέγοντας την καταλληλότερη υπερηχογραφική λήψη ώστε να αποκομίσει κρίσιμες διαγνωστικές πληροφορίες με τη μικρότερη δυνατή διακοπή των θωρακικών συμπίεσεων.



Καρδιακός επιπωματισμός. Ο καρδιακός επιπωματισμός αποτελεί ένα από τα δυνητικά αναστρέψιμα αίτια τόσο της τραυματικής καρδιακής ανακοπής, ιδίως σε περιπτώσεις θωρακικού ή διαπυρραίνοντος τραύματος, όσο και της μη τραυματικής καρδιακής ανακοπής, όπως σε ασθενείς με κακοήθεια, διαχωρισμό αορτής ή μετεγχειρητικές επιπλοκές. Τα κυριότερα υπερηχοκαρδιογραφικά ευρήματα περιλαμβάνουν την παρουσία περικαρδιακής συλλογής, τη σύμπτωση των δεξιών καρδιακών κοιλοτήτων (δεξιού κόλπου και/ή δεξιάς κοιλίας) και τη διάταση της κάτω κοίτης φλέβας με μειωμένη ή απύσση αναπνευστική διακύμανση. Αν και η υποξίφοειδική λήψη θεωρείται η πλέον κατάλληλη κατά τη διάρκεια της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης, καθώς μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς διακοπή των θωρακικών συμπίεσεων, η παραστερνική λήψη κατά τον μακρό άξονα καθώς και η κορυφαία προβολή τεσσάρων κοιλοτήτων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την υπερηχοκαρδιογραφική αξιολόγηση και την

αναγνώριση των χαρακτηριστικών ευρημάτων του καρδιακού επιπωματισμού.²²

Πνευμοθώρακας υπό τάση. Ο πνευμοθώρακας υπό τάση αποτελεί ένα ακόμη δυνητικό αναστρέψιμο αίτιο καρδιακής ανακοπής, ιδιαίτερα στο πλαίσιο τραύματος. Το παρακλίνιο υπερηχογράφημα παρουσιάζει υψηλή διαγνωστική ακρίβεια για την ανίχνευση του πνευμοθώρακα, με ευαισθησία 85,7% και ειδικότητα 95,3%.²³ Για την ταχεία αξιολόγηση κατά την καρδιακή ανακοπή, συνήθως επαρκεί η εξέταση της πρόσθιας θωρακικής χώρας κατά τη μεσοκλειδική γραμμή, μεταξύ του 2^{ου} και 4^{ου} μεσοπλεύριου διαστήματος. Τα κύρια υπερηχογραφικά ευρήματα που υποστηρίζουν τη διάγνωση του πνευμοθώρακα περιλαμβάνουν την απουσία της ολίσθησης του υπεζωκότα (lung sliding), την παρουσία του σημείου της στρατόσφαιρας ή barcode sign στην απεικόνιση M-mode, την απουσία των B-γραμμών (B-lines), καθώς και την απουσία του lung pulse sign. Οι B-γραμμές απο-

τελούν κάθετα υπερηχογενή artifacts που ξεκινούν από την υπεζωκοτική γραμμή και εκτείνονται εντός του πνευμονικού παρεγχύματος έως το κατώτερο άκρο της οθόνης χωρίς να εξασθενούν κατακόρυφα. Η αναγνώριση του lung point, δηλαδή του σημείου μετάπτωσης μεταξύ φυσιολογικού πνεύμονα και περιοχής πνευμοθώρακα, θεωρείται ιδιαίτερα ειδικό εύρημα και, όταν ανιχνεύεται, επιβεβαιώνει τη διάγνωση του πνευμοθώρακα.²⁴

Μαζική πνευμονική εμβολή. Η πνευμονική εμβολή ευθύνεται για περίπου 2%–5% των περιπτώσεων καρδιακής ανακοπής και αποτελεί ένα σημαντικό δυνητικά αναστρέψιμο αίτιο.²⁵ Ο παρακλίνιος υπέρηχος αποτελεί πολύτιμο διαγνωστικό εργαλείο κατά την αντιμετώπιση της καρδιακής ανακοπής, καθώς μπορεί να αναδείξει έμμεσα σημεία οξείας επιβάρυνσης της δεξιάς κοιλίας συμβατά με μαζική πνευμονική εμβολή. Τα κυριότερα υπερηχογραφικά ευρήματα περιλαμβάνουν τη διάταση της δεξιάς κοιλίας, ως αποτέλεσμα της οξείας αύξησης των πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων και της επακόλουθης αύξησης του μεταφορτίου της δεξιάς κοιλίας, την παρουσία του D-sign, κατά το οποίο το μεσοκοιλιακό διάφραγμα επιπεδώνεται και παρεκτοπίζεται προς την αριστερή κοιλία, τη διάταση της κάτω κοίλης φλέβας με μειωμένη αναπνευστική διακύμανση, καθώς και, σπανιότερα, την άμεση απεικόνιση θρόμβου στις δεξιές καρδιακές κοιλότητες.²⁶ Το POCUS παρουσιάζει ευαισθησία 92% και ειδικότητα 64% για την ανίχνευση της μαζικής πνευμονικής εμβολής. Ωστόσο, κανένα υπερηχογραφικό εύρημα δεν είναι από μόνο του παθογνωμονικό για τη διάγνωση της πνευμονικής εμβολής στο πλαίσιο της καρδιακής ανακοπής. Συνεπώς, τα υπερηχογραφικά ευρήματα θα πρέπει πάντοτε να συνεκτιμώνται με το ιστορικό του ασθενούς, τους προδιαθεσικούς παράγοντες και το ευρύτερο κλινικό πλαίσιο, προκειμένου να υποστηριχθεί η διαγνωστική και θεραπευτική προσέγγιση.⁴

Υποογκαιμία. Η υποογκαιμία αποτελεί δυνητικά αναστρέψιμο αίτιο καρδιακής ανακοπής και συνήθως οφείλεται σε σημαντική μείωση του ενδαγγειακού όγκου, όπως συμβαίνει σε περιπτώσεις σοβαρής αιμορραγίας. Ωστόσο, σχετική

υποογκαιμία μπορεί επίσης να παρατηρηθεί σε καταστάσεις που χαρακτηρίζονται από εκσεσημασμένη αγγειοδιαστολή, όπως η αναφυλαξία, η σήψη και η κάκωση του νωτιαίου μυελού. Η υποογκαιμία λόγω αιμορραγίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα θνητότητας, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της τραυματικής καρδιακής ανακοπής.^{22,27}

Ανάλογα με το υποκείμενο αίτιο, ο παρακλίνιος υπέρηχος μπορεί να αναδείξει την παρουσία ελεύθερου υγρού στην περιτοναϊκή ή στις υπεζωκοτικές κοιλότητες, υποδηλώνοντας πιθανή εσωτερική αιμορραγία. Επιπρόσθετα, η υπερηχογραφική εκτίμηση της κοιλιακής αορτής είναι σημαντική, καθώς η ρήξη ανευρύσματος της αορτής μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφική αιμορραγία και σοβαρή υποογκαιμία, προκαλώντας καρδιακή ανακοπή. Η συνεκτίμηση των υπερηχογραφικών ευρημάτων με τα κλινικά δεδομένα μπορεί να συμβάλει στον ταχύτερο εντοπισμό της αιτίας της υποογκαιμίας και να καθοδηγήσει την εφαρμογή στοχευμένων θεραπευτικών παρεμβάσεων κατά την αντιμετώπιση της καρδιακής ανακοπής.^{22,27}

Καθοδήγηση παρεμβάσεων

Ο υπέρηχος διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην καθοδήγηση παρεμβάσεων κατά τη διάρκεια της καρδιακής ανακοπής, επιτρέποντας στοχευμένες θεραπευτικές ενέργειες, όπως η περικαρδιοκέντηση σε περίπτωση καρδιακού επιπωματισμού και η αποσυμπίεση με βελόνα σε περίπτωση πνευμοθώρακα υπό τάση. Η επείγουσα περικαρδιοκέντηση αποτελεί μια σωτήρια παρέμβαση, η οποία, όταν πραγματοποιείται υπό υπερηχογραφική καθοδήγηση, έχει συσχετισθεί με σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά επιπλοκών συγκριτικά με την τυφλή ή την ηλεκτροκαρδιογραφικά καθοδηγούμενη τεχνική (0,5–3,7% έναντι 15–20%). Επιπλέον, ο υπέρηχος επιτρέπει στον κλινικό ιατρό να επιλέγει με ακρίβεια το βέλτιστο σημείο παρακέντησης, αυξάνοντας την πιθανότητα επιτυχούς έκβασης.²⁸ Σε πιλοτική μελέτη διαπιστώθηκε ότι, παρότι η επιλογή του σημείου παρακέντησης με βελόνα με υπερηχογραφική καθοδήγηση απαιτούσε περισσότερο χρόνο σε σύγκριση με την τεχνική που βασίζεται αποκλειστικά σε ανατομικά σημεία αναφοράς, η μέθοδος παρείχε ασφαλέστερη και

ακριβέστερη τοποθέτηση της βελόνας σε προσομοιωμένα σενάρια, με λιγότερες δυνητικές ιατρογενείς επιπλοκές.²⁹

Το POCUS μπορεί να διευκολύνει τον καθημερινό αγγείων, ιδίως σε περιπτώσεις όπου η περιφερική αγγειακή πρόσβαση είναι δύσκολη, λόγω σύμπτωσης των περιφερικών φλεβών ή παχυσαρκίας. Η καθοδηγούμενη από υπέρηχο φλεβοκέντηση βελτιώνει τα ποσοστά επιτυχίας, μειώνει τον αριθμό των προσπαθειών και ελαχιστοποιεί τις καθυστερήσεις στην παροχή ιατρικής φροντίδας.³⁰

Τέλος, ο υπέρηχος αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο και την επιβεβαίωση της ορθής τοποθέτησης του ενδοτραχειακού σωλήνα. Τα διαθέσιμα δεδομένα δείχνουν ότι το ποσοστό επιτυχούς ενδοτραχειακής διασωλήνωσης με την πρώτη προσπάθεια ανέρχεται στο 84% στο ΤΕΠ και στο 78% στο προνοσοκομειακό περιβάλλον. Η ακρόαση του αναπνευστικού ψιθυρίσματος παρουσιάζει περιορισμένη διαγνωστική ακρίβεια για την επιβε-

βαίωση της σωστής θέσης του ενδοτραχειακού σωλήνα.³¹ Παρότι η καπνογραφία θεωρείται η μέθοδος αναφοράς (gold standard) για την επιβεβαίωση της διασωλήνωσης, η αξιοπιστία της μειώνεται κατά την καρδιακή ανακοπή και μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η χαμηλή καρδιακή παροχή, η μειωμένη πνευμονική αιμάτωση και η χορήγηση επινεφρίνης.³² Αντίθετα, το POCUS εμφανίζει υψηλή διαγνωστική ακρίβεια στην αναγνώριση της θέσης του ενδοτραχειακού σωλήνα σε επείγουσες καταστάσεις, με ευαισθησία 98% και ειδικότητα 94%.³³

Ο υπέρηχος ως προγνωστικό εργαλείο

Το POCUS αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο ως προγνωστικό εργαλείο για την έκβαση της αναζωογόνησης σε ασθενείς με καρδιακή ανακοπή (**Πίνακας 1**). Η απεικονιστική αυτή μέθοδος επιτρέπει τη συνεχή υπερηχογραφική παρακολούθηση της καρδιακής δρα-

Πίνακας 1.

Μελέτες που διερεύνησαν τον ρόλο του παρακλίνιου υπερήχου στην καρδιακή ανακοπή

Μελέτη	Έτος	Ασθενείς (n)	Ομάδα σύγκρισης	Αποτελέσματα
Cohen et al.	2020	23 ασθενείς με μη τραυματική ΚΑ	Ψηλάφηση σφυγμού	Υψηλότερη ευαισθησία Υψηλότερη ειδικότητα Υψηλότερη διαγνωστική ακρίβεια
Schwartz et al.	2021	52 ασθενείς με ΚΑ	Ψηλάφηση σφυγμού	Συντομότερος χρόνος για έλεγχο σφυγμού
Betz et al.	2025	1 προσομοιωτής ασθενούς	Ψηλάφηση σφυγμού	Συντομότερος χρόνος για έλεγχο σφυγμού
Aswin et al.	2023	255 ασθενείς με θωρακικό τραύμα	Ακτινογραφία θώρακος	Υψηλότερη ευαισθησία στην ανίχνευση πνευμοθώρακα/αιμοθώρακα Συγκρίσιμη ειδικότητα στην ανίχνευση πνευμοθώρακα/αιμοθώρακα
Dewar et al.	2022	1 προσομοιωτής ασθενούς	Τεχνική βασισμένη σε ανατομικά σημεία αναφοράς	Λιγότερες ιατρογενείς επιπλοκές Υψηλότερο ποσοστό επιλογής σωστής θέσης παρακέντησης Μεγαλύτερος μέσος χρόνος έως την επιλογή θέσης παρακέντησης
Bolvardi et al.	2016	159 ασθενείς με ΚΑ	Απουσία καρδιακής δραστηριότητας στο POCUS	Αυξημένη πιθανότητα ανάκτησης ROSC
Atkinson et al.	2019	223 ασθενείς με ΚΑ	Απουσία καρδιακής δραστηριότητας στο POCUS ή μη διενέργεια POCUS	Αυξημένη πιθανότητα ανάκτησης ROSC Μεγαλύτεροι χρόνοι αναζωογόνησης Υψηλότερα ποσοστά παρέμβασης (ενδοτραχειακή διασωλήνωση/επινεφρίνη)
Gaspari et al.	2016	793 ασθενείς με ΚΑ	NA	Αυξημένη επιβίωση έως την εισαγωγή στο νοσοκομείο Αυξημένη επιβίωση έως το εξιτήριο
Lalande et al.	2019	1.485 ασθενείς με ΚΑ	Απουσία καρδιακής δραστηριότητας στο POCUS ή μη διενέργεια POCUS	Αυξημένη πιθανότητα ανάκτησης ROSC Αυξημένη επιβίωση έως την εισαγωγή στο νοσοκομείο Αυξημένη επιβίωση έως το εξιτήριο

ΚΑ: καρδιακή ανακοπή, **NA:** non-available, μη διαθέσιμο, **POCUS:** point-of-care ultrasound, παρακλίνιο υπερηχογράφημα, **ROSC:** return of spontaneous circulation, ανάκτηση αυτόματης κυκλοφορίας.

στηριότητας κατά τη διάρκεια των προσπαθειών αναζωογόνησης.^{34,35} Μελέτη σε 223 ασθενείς με καρδιακή ανακοπή έδειξε ότι οι ασθενείς με καρδιακή δραστηριότητα στον υπέρηχο είχαν καλύτερη πρόγνωση και ήταν πιθανότερο να ανακτήσουν αυτόματη κυκλοφορία σε σύγκριση με ασθενείς χωρίς καρδιακή δραστηριότητα στο POCUS.³⁶ Ομοίως, μια μετα-ανάλυση της μελέτης SHoC έδειξε ότι η καρδιακή δραστηριότητα που ανιχνεύεται με τον παρακλίνιο υπέρηχο έχει ευαισθησία 60,3% και ειδικότητα 91,5% για την πρόβλεψη της ανάκτησης ROSC.³⁷

Επομένως, ο παρακλίνιος υπέρηχος αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων σχετικά με τη διακοπή της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης, συμβάλλοντας στην αποφυγή άσκοπων παρεμβάσεων και επιτρέποντας μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στη φροντίδα του ασθενούς. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως το μοναδικό κριτήριο για τη διακοπή των προσπαθειών αναζωογόνησης. Η απόφαση τερματισμού της αναζωογόνησης παραμένει πολυπαραγοντική και βασίζεται στην κλινική κρίση, στη συνολική πρόγνωση του ασθενούς, στη διάρκεια της καρδιακής ανακοπής, καθώς και στην παρουσία δυνητικά αναστρέψιμων αιτιών. Ο υπέρηχος λειτουργεί ως επικουρικό εργαλείο υποστήριξης των κλινικών αποφάσεων· ωστόσο, η τελική απόφαση θα πρέπει να λαμβάνεται στο πλαίσιο μιας ολιστικής και ασθενοκεντρικής προσέγγισης, σύμφωνα με τις ισχύουσες κατευθυντήριες οδηγίες, με στόχο τη βέλτιστη διαχείριση του ασθενούς με καρδιακή ανακοπή.

Περιορισμοί

Παρότι το POCUS προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στην καθοδήγηση της αναζωογόνησης, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που επηρεάζουν την ευρύτερη εφαρμογή του στην κλινική πρακτική. Πρώτον, η ακριβής απόκτηση και ερμηνεία των υπερηχογραφικών εικόνων απαιτεί εξειδικευμένες τεχνικές δεξιότητες και επαρκή κλινική εμπειρία.³⁸ Δεύτερον, η διαθεσιμότητα κατάλληλου εξοπλισμού και εκπαιδευμένου προσωπικού ενδέχεται να είναι περιορισμένη σε ορισμένα περιβάλλοντα παροχής φροντίδας. Επιπλέον, η χρήση

του υπερήχου κατά τη διάρκεια της αναζωογόνησης μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις ή διακοπές στις θωρακικές συμπίεσεις. Δεδομένου ότι η υψηλής ποιότητας καρδιοπνευμονική αναζωογόνηση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιβίωση του ασθενούς, οι παύσεις στις συμπίεσεις θα πρέπει ιδανικά να περιορίζονται σε λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα.^{39,40} Τέλος, το POCUS ενέχει τον κίνδυνο ψευδώς θετικών ή παραπλανητικών διαγνώσεων, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε artifacts της απεικόνισης ή σε σφάλματα ερμηνείας από τον χειριστή.⁴¹ Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων, κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή δομημένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων, η τήρηση τυποποιημένων πρωτοκόλλων απεικόνισης και η αξιολόγηση των υπερηχογραφικών ευρημάτων στο ευρύτερο κλινικό πλαίσιο, σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα κλινικά δεδομένα.

Συμπεράσματα

Ο παρακλίνιος υπέρηχος έχει αναδειχθεί ως πολύτιμο επικουρικό εργαλείο κατά τη διαχείριση της καρδιακής ανακοπής, παρέχοντας ταχεία και δυναμική πληροφόρηση σχετικά με την καρδιακή δραστηριότητα, την παρουσία δυνητικά αναστρέψιμων αιτιών και την πρόγνωση του ασθενούς. Παράλληλα, συμβάλλει στη λήψη κλινικών αποφάσεων σχετικά με τη συνέχιση ή τη διακοπή των προσπαθειών αναζωογόνησης, υποστηρίζοντας μια πιο ολοκληρωμένη και εξατομικευμένη προσέγγιση στη φροντίδα του ασθενούς. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και όχι ως υποκατάστατο των καθιερωμένων διαγνωστικών μέσων, των κατευθυντήριων οδηγιών και της κλινικής κρίσης του ιατρού. Παρά τα ενθαρρυντικά δεδομένα που υποστηρίζουν τη χρήση του, απαιτείται περαιτέρω έρευνα, ιδίως μέσω καλά σχεδιασμένων τυχαioποιημένων κλινικών μελετών, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση των αλγορίθμων καθοδηγούμενων από το υπερηχογράφημα στην επιβίωση και στην νευρολογική έκβαση των ασθενών με καρδιακή ανακοπή.

Βιβλιογραφία

1. Tsao CW, Aday AW, Almarzooq ZI, Alonso A, Beaton AZ, Bittencourt MS, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2022 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2022;145(8):e153-e639.
2. Empana JP, Lerner I, Valentin E, Folke F, Bottiger B, Gislason G, et al. Incidence of Sudden Cardiac Death in the European Union. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(18):1818-27.
3. Grasner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM, Whent J, Masterson S, Lilja G, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*. 2021;161:61-79.
4. Soar J, Bottiger BW, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djarv T, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2021;161:115-51.
5. Nicola R, Dogra V. Ultrasound: the triage tool in the emergency department: using ultrasound first. *Br J Radiol*. 2016;89(1061):20150790.
6. Greif R, Lauridsen KG, Djarv T, Ek JE, Monnelly V, Monsieurs KG, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2025 Executive Summary. *Resuscitation*. 2025;215 Suppl 1:110770.
7. Eberle B, Dick WF, Schneider T, Wisser G, Doetsch S, Tzanova I. Checking the carotid pulse check: diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation*. 1996;33(2):107-16.
8. Simard RD, Unger AG, Betz M, Wu A, Chenkin J. The POCUS Pulse Check: A Case Series on a Novel Method for Determining the Presence of a Pulse Using Point-of-Care Ultrasound. *J Emerg Med*. 2019;56(6):674-9.
9. Cohen AL, T.; Becker, L.; Rolston, D.; Nelson, M.; Owens, C.; Gordon M. Time for a Change: Use of Doppler Ultrasound for Pulse Checks in Cardiac Arrest Patients. *Circulation*. 2020;142.
10. Schwartz BE, Gandhi P, Najafali D, Gregory MM, Jacob N, Helberg T, et al. Manual Palpation vs. Femoral Arterial Doppler Ultrasound for Comparison of Pulse Check Time During Cardiopulmonary Resuscitation in the Emergency Department: A Pilot Study. *J Emerg Med*. 2021;61(6):720-30.
11. Betz SB, H.; Rettich, F.; Kreutz, J.; Ploeger, B.; Jaenig, C.; Grosch, S.; Meggiolaro, K.; Jerrentrup, A.; Schmidbauer, W.; Schieffer, B.; Grueb, T. Point-of-Care Ultrasound Pulse Checks During Cardiopulmonary Resuscitation on a Patient Simulator (PUPRAS). *Diagnostics*. 2025;15(7).
12. Hussein L, Rehman MA, Sajid R, Annajjar F, Al-Janabi T. Bedside ultrasound in cardiac standstill: a clinical review. *Ultrasound J*. 2019;11(1):35.
13. Rabjohns J, Quan T, Boniface K, Pourmand A. Pseudo-pulseless electrical activity in the emergency department, an evidence based approach. *Am J Emerg Med*. 2020;38(2):371-5.
14. Devia Jaramillo G, Navarrete Aldana N, Rojas Ortiz Z. Rhythms and prognosis of patients with cardiac arrest, emphasis on pseudo-pulseless electrical activity: another reason to use ultrasound in emergency rooms in Colombia. *Int J Emerg Med*. 2020;13(1):62.
15. Amaya SC, Langsam A. Ultrasound detection of ventricular fibrillation disguised as asystole. *Ann Emerg Med*. 1999;33(3):344-6.
16. Wong A, Vignon P, Robba C. How I use ultrasound in cardiac arrest. *Intensive Care Med*. 2023;49(12):1531-4.
17. Lichtenstein D, Malbrain ML. Critical care ultrasound in cardiac arrest. Technological requirements for performing the SESAME-protocol—a holistic approach. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2015;47(5):471-81.
18. Hernandez C, Shuler K, Hannan H, Sonyika C, Likourezos A, Marshall J. C.A.U.S.E.: Cardiac arrest ultra-sound exam—a better approach to managing patients in primary non-arrhythmogenic cardiac arrest. *Resuscitation*. 2008;76(2):198-206.
19. Gardner KF, Clattenburg EJ, Wroe P, Singh A, Mantuani D, Nagdev A. The Cardiac Arrest Sonographic Assessment (CASA) exam - A standardized approach to the use of ultrasound in PEA. *Am J Emerg Med*. 2018;36(4):729-31.
20. Testa A, Cibinel GA, Portale G, Forte P, Giannuzzi R, Pignataro G, et al. The proposal of an integrated ultrasonographic approach into the ALS algorithm for cardiac arrest: the PEA protocol. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2010;14(2):77-88.
21. Bughrara N, Herrick SL, Leimer E, Sirigaddi K, Roberts K, Pustavoitau A. Focused Cardiac Ultrasound and the Periresuscitative Period: A Case Series of Resident-Performed Echocardiographic Assessment Using Subcostal-Only View in Advanced Life Support. *A A Pract*. 2020;14(10):e01278.
22. Mauriello A, Marrazzo G, Del Vecchio GE, Ascrizzi A, Roma AS, Correr A, et al. Echocardiography in Cardiac Arrest: Incremental Diagnostic and Prognostic Role during Resuscitation Care. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(18).
23. K A, S B, Govindarajalou R, Saya GK, Tp E, Rajendran G. Comparing Sensitivity and Specificity of Ultrasonography With Chest Radiography in Detecting Pneumothorax and Hemothorax in Chest Trauma Patients: A Cross-Sectional Diagnostic Study. *Cureus*. 2023;15(8):e44456.
24. Bhoil R, Ahluwalia A, Chopra R, Surya M, Bhoil S. Signs and lines in lung ultrasound. *J Ultrason*.

- 2021;21(86):e225-e33.
25. Kurkciyan I, Meron G, Sterz F, Janata K, Domanovits H, Holzer M, et al. Pulmonary embolism as a cause of cardiac arrest: presentation and outcome. *Arch Intern Med.* 2000;160(10):1529-35.
26. Avila-Reyes D, Acevedo-Cardona AO, Gomez-Gonzalez JF, Echeverry-Piedrahita DR, Aguirre-Florez M, Giraldo-Diaconeasa A. Point-of-care ultrasound in cardiorespiratory arrest (POCUS-CA): narrative review article. *Ultrasound J.* 2021;13(1):46.
27. Gottlieb M, Alerhand S. Managing Cardiac Arrest Using Ultrasound. *Ann Emerg Med.* 2023;81(5):532-42.
28. Stolz L, Situ-LaCasse E, Acuna J, Thompson M, Hawbaker N, Valenzuela J, et al. What is the ideal approach for emergent pericardiocentesis using point-of-care ultrasound guidance? *World J Emerg Med.* 2021;12(3):169-73.
29. Dewar ZE, Ko S, Rogers C, Oropallo A, Augustine A, Pamula A, et al. Prehospital portable ultrasound for safe and accurate prehospital needle thoracostomy: a pilot educational study. *Ultrasound J.* 2022;14(1):23.
30. Gerlando F, Scaccaglia D, Artioli G, Sarli L, Romano R. Intraosseous access vs ecoguided peripheral venous access in emergency and urgency: a systematic review. *Acta Biomed.* 2021;92(S2):e2021334.
31. Gottlieb M, O'Brien JR, Ferrigno N, Sundaram T. Point-of-care ultrasound for airway management in the emergency and critical care setting. *Clin Exp Emerg Med.* 2024;11(1):22-32.
32. Bhende MS, Thompson AE. Evaluation of an end-tidal CO₂ detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics.* 1995;95(3):395-9.
33. Anderson EB, C. Bedside Transtracheal Ultrasound Accurately Confirms Endotracheal Tube Placement. *NEJM Journal Watch.* 2015.
34. Bolvardi E, Pouryaghobi SM, Farzane R, Chokan NM, Ahmadi K, Reihani H. The Prognostic Value of Using Ultrasonography in Cardiac Resuscitation of Patients with Cardiac Arrest. *Int J Biomed Sci.* 2016;12(3):110-4.
35. Eckstein M, Hatch L, Malleck J, McClung C, Henderson SO. End-tidal CO₂ as a predictor of survival in out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Disaster Med.* 2011;26(3):148-50.
36. Atkinson PR, Beckett N, French J, Banerjee A, Fraser J, Lewis D. Does Point-of-care Ultrasound Use Impact Resuscitation Length, Rates of Intervention, and Clinical Outcomes During Cardiac Arrest? A Study from the Sonography in Hypotension and Cardiac Arrest in the Emergency Department (SHoC-ED) Investigators. *Cureus.* 2019;11(4):e4456.
37. Lalande E, Burwash-Brennan T, Burns K, Atkinson P, Lambert M, Jarman B, et al. Is point-of-care ultrasound a reliable predictor of outcome during atraumatic, non-shockable cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis from the SHoC investigators. *Resuscitation.* 2019;139:159-66.
38. Long B, Alerhand S, Maliel K, Koyfman A. Echocardiography in cardiac arrest: An emergency medicine review. *Am J Emerg Med.* 2018;36(3):488-93.
39. Huis In 't Veld MA, Allison MG, Bostick DS, Fisher KR, Goloubeva OG, Witting MD, et al. Ultrasound use during cardiopulmonary resuscitation is associated with delays in chest compressions. *Resuscitation.* 2017;119:95-8.
40. Clattenburg EJ, Wroe P, Brown S, Gardner K, Losonczy L, Singh A, et al. Point-of-care ultrasound use in patients with cardiac arrest is associated prolonged cardiopulmonary resuscitation pauses: A prospective cohort study. *Resuscitation.* 2018;122:65-8.
41. Reynolds JC, Nicholson T, O'Neil B, Drennan IR, Issa M, Welsford M, et al. Diagnostic test accuracy of point-of-care ultrasound during cardiopulmonary resuscitation to indicate the etiology of cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation.* 2022;172:54-63.

The Role of Point-of-care Ultrasound in Cardiac Arrest; A Narrative Review

Dimitrios Anagnostou¹, Maria Velliou², Elias Sanidas³, George Latsios⁴, Pavlos Bounas⁵, Maria Nikolaou¹, Costas Thomopoulos³

1. Department of Cardiology, Amalia Fleming General Hospital, Athens

2. Department of Emergency Medicine, Attikon University Hospital, Athens

3. Department of Cardiology, Laiko General Hospital, Athens, Greece

4. 1st University Department of Cardiology, Hippokration General Hospital, Athens

5. Department of Cardiology, "Thrasio" General Hospital, Elefsina

Keywords: POCUS, ultrasonography, cardiac arrest

Abstract

Cardiac arrest is a life-threatening condition with a high mortality rate, necessitating prompt recognition and treatment of reversible causes to enhance patient survival. Point-of-care ultrasound (POCUS) has emerged as a useful tool that contributes to optimizing resuscitative efforts. This imaging modality offers real-time visualization that assists in detecting reversible causes such as cardiac tamponade, pulmonary embolism, tension pneumothorax and hypovolemia. This review aims to explore the expanding role of ultrasound in the assessment and management of cardiac arrest, emphasizing its utility in identifying cardiac arrest, differentiating between true pulseless electrical activity (PEA) and pseudo-PEA, detecting the reversible causes, guiding clinical decision-making and potentially predicting outcomes.