

Κατευθυντήριες Οδηγίες του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Αναζωογόνησης για την Αναζωογόνηση 2005

Κεφάλαιο 3. Ηλεκτρικές Θεραπείες: Αυτόματοι Εξωτερικοί Απινιδωτές, Απινίδωση, Καρδιοανάταξη και Βηματοδότηση

CHARLES D. DEAKIN, JERRY P. NOLAN

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι κατευθυντήριες οδηγίες που αφορούν την απινίδωση, τόσο με τη χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών (AEDs), όσο και των χειροκίνητων απινιδωτών. Όλοι όσοι ασχολούνται με την παροχή υπηρεσιών υγείας και οι παρευρισκόμενοι πολίτες σε μια καρδιακή ανακοπή, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους αυτόματους εξωτερικούς απινιδωτές ως αναπόσπαστο στοιχείο της βασικής καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης. Η χειροκίνητη απινίδωση αποτελεί τμήμα της εξειδικευμένης υποστήριξης της ζωής (ALS). Στις λειτουργίες πολλών απινιδωτών που χρησιμοποιούνται στην εξειδικευμένη καρδιοπνευμονική αναζωογόνηση, περιλαμβάνονται επίσης η συγχρονισμένη καρδιοανάταξη και η βηματοδότηση που αναφέρονται στο παρόν κεφάλαιο.

Η απινίδωση συνιστά τη δίοδο ικανοποιητικής έντασης ηλεκτρικού ρεύματος κατά μήκος του μυοκαρδίου, ώστε να προκαλέσει την εκπόλωση κρίσιμης μάζας του μυοκαρδίου και να αποκαταστήσει με τον τρόπο αυτό την συνοδό ηλεκτρική δραστηριότητα. Ως απινίδωση ορίζεται ο τετρατισμός του ινιδισμού του μυοκαρδίου και πιο συγκεκριμένα η ανάταξη της κοιλιακής μαρμαρυγής/κοιλιακής ταχυκαρδίας (VF/VT) εντός 5 δευτερολέπτων μετά

την χορήγηση ρεύματος. Ο απώτερος στόχος της απινίδωσης είναι η αποκατάσταση της συστηματικής αυτόματης κυκλοφορίας.

Η τεχνολογία των απινιδωτών εξελίσσεται ραγδαία. Ήδη υπάρχουν σήμερα αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές οι οποίοι συνεργάζονται με τον διασώστη μέσω φωνητικών εντολών, ενώ η τεχνολογία του μέλλοντος πιθανόν να παρέχει την δυνατότητα εκτέλεσης πιο συγκεκριμένων ενεργειών μέσω φωνητικών εντολών. Η δυνατότητα αξιολόγησης του καρδιακού ρυθμού κατά τη διεξαγωγή της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης (ΚΑΡΠΑ) με την χρήση των σύγχρονων απινιδωτών, θεωρείται απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθούν αδικαιολόγητες καθυστερήσεις στην εφαρμογή του αλγορίθμου της ΚΑΡΠΑ. Η ανάλυση των κυματομορφών παρέχει στον απινιδωτή την δυνατότητα υπολογισμού του βέλτιστου χρόνου χορήγησης της απινίδωσης.

Ένας ζωτικός κρίκος στην αλυσίδα επιβίωσης

Η απινίδωση αποτελεί κρίκο ζωτικής σημασίας στην Αλυσίδα Επιβίωσης και είναι μια από τις λίγες παρεμβάσεις που φαίνεται ότι συμβάλλουν στην βελτίωση της έκβασης σε καρδιακή ανακοπή εξαιτίας κοιλιακής μαρμαρυγής/ταχυκαρδίας. Οι προ-

ηγούμενες κατευθυντήριες οδηγίες, που εκδόθηκαν το 2000, προσδιόρισαν με ακρίβεια την σημασία της πρώιμης απινίδωσης με την ελάχιστη δυνατή χρονική καθυστέρηση¹.

Η πιθανότητα επιτυχούς απινίδωσης και η επακόλουθη επιβίωση κατά τον χρόνο εξόδου από το νοσοκομείο μειώνεται εκθετικά με την πάροδο του χρόνου εφαρμογής της^{2,3}. Η δυνατότητα χορήγησης έγκαιρης απινίδωσης είναι ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες για την επιβίωση μετά από καρδιακή ανακοπή. Για κάθε λεπτό που περνά από την κατάρρευση μέχρι την απινίδωση η θνητότητα αυξάνεται 7 - 10%. Τα συστήματα επείγουσας ιατρικής (EMS) σε γενικές γραμμές, χρησιμοποιώντας παραδοσιακά του διασώστες, δεν έχουν την δυνατότητα να εφαρμόσουν απινίδωση μέσα στα πρώτα λεπτά από την κλήση και η εναλλακτική αξιοποίηση εκπαιδευμένων πολιτών, οι οποίοι ανταποκρίνονται πρώτοι, για την εφαρμογή απινίδωσης είναι ευρέως αποδεκτή. Τα συστήματα EMS που κατάφεραν να μειώσουν τον χρόνο μέχρι την απινίδωση μετά την καρδιακή ανακοπή, με την χρήση εκπαιδευμένων πολιτών διασωστών, αναφέρουν σημαντικό ρυθμό βελτίωσης μέχρι την έξοδο από το νοσοκομείο⁵⁻⁷ φθάνοντας σε 75% όταν η απινίδωση εφαρμόστηκε μέσα σε 3min από την κατάρρευση⁸. Η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει επεκταθεί και στις καρδιακές ανακοπές εντός του νοσοκομείου, όπου ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό (εκτός του ιατρικού), μπορεί να εφαρμόσει απινίδωση με την βοήθεια των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών πριν την άφιξη της ομάδας αναζωογόνησης. Όταν εφαρμόζεται ΚΑΡΠΑ από παρευρισκόμενους η μείωση του ρυθμού επιβίωσης είναι πιο σταδιακή και κυμαίνεται 3-4% για κάθε λεπτό από την κατάρρευση μέχρι την απινίδωση²⁻⁴. Η ΚΑΡΠΑ από παρευρισκόμενους μπορεί να διπλασιάσει^{2,3,9} ή να τριπλασιάσει¹⁰ την επιβίωση μετά από καρδιακή ανακοπή εκτός νοσοκομείου.

Όλοι όσοι ασχολούνται με την παροχή υπηρεσιών υγείας με την υποχρέωση παροχής ΚΑΡΠΑ θα πρέπει να εκπαιδεύονται, να εξοπλίζονται και να ενθαρρύνονται στην εφαρμογή της απινίδωσης και της ΚΑΡΠΑ. Η δυνατότητα πρώιμης απινίδωσης θα πρέπει να παρέχεται σε όλα τα νοσοκομεία, στα εξωτερικά ιατρεία, καθώς και σε δημόσιους

χώρους όπου υπάρχει μεγάλη συνάθροιση ατόμων (βλέπε κεφάλαιο 2). Όσοι είναι εκπαιδευμένοι στη χρήση του αυτόματου εξωτερικού απινιδωτή θα πρέπει επίσης να είναι εκπαιδευμένοι και στην εφαρμογή τουλάχιστον των εξωτερικών θωρακικών συμπίεσεων κατά το χρόνο αναμονής μέχρι την άφιξη της ομάδας που θα παρέχει την εξειδικευμένη υποστήριξη της ζωής (ALS providers), με στόχο την βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της πρώιμης απινίδωσης.

Αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές

Οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές είναι λειτουργικά έξυπνες (βασίζονται στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών) και αξιόπιστες συσκευές, οι οποίες παρέχουν φωνητικές και οπτικές εντολές με σκοπό να κατευθύνουν τους πολίτες διασώστες και τους επαγγελματίες υγείας στην ασφαλή εφαρμογή απινίδωσης σε θύματα καρδιακής ανακοπής. Οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές έχουν περιγραφεί ως "...μοναδική εξέλιξη στην αντιμετώπιση της καρδιακής ανακοπής εξαιτίας κοιλιακής μαρμαρυγής από την εμφάνιση της ΚΑΡΠΑ"¹¹. Η τεχνολογική πρόοδος, ειδικά στο ζήτημα της αυτονομίας της μπαταρίας και του λογισμικού ανάλυσης της αρρυθμίας, έδωσαν την δυνατότητα της μαζικής παραγωγής σχετικά χαμηλού κόστους, αξιόπιστων και εύχρηστων φορητών απινιδωτών¹²⁻¹⁵. Η χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών, τόσο από πολίτες διασώστες, όσο και από μη παρέχοντες ιατρικές υπηρεσίες, σχολιάζεται στο Κεφάλαιο 2.

Αυτόματη ανάλυση του καρδιακού ρυθμού

Οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές διαθέτουν μικροεπεξεργαστές οι οποίοι αναλύουν τις διάφορες συνιστώσες του ΗΚΓ, συμπεριλαμβανομένων του εύρους και της συχνότητας. Μερικοί αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές είναι προγραμματισμένοι ώστε να ανιχνεύουν την αυτόματη κίνηση που προέρχεται από τον ασθενή ή τους παρευρισκόμενους. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σύντομα θα παρέχει τη δυνατότητα λήψης πληροφοριών σχετικά με τη συχνότητα και το βάθος των θωρακικών συμπίεσεων κατά την ΚΑΡΠΑ, η οποία θα βελτιώσει και την ε-

φαρμογή της βασικής υποστήριξης της ζωής (BLS) από την συντριπτική πλειοψηφία των διασωστών^{16,17}.

Η λειτουργία των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών στηρίζεται σε βάσεις δεδομένων από καταγραφέντες καρδιακούς ρυθμούς και έχουν δοκιμαστεί εκτενώς τόσο σε ενήλικες^{18,19} όσο και σε παιδιά^{20,21}. Όσον αφορά την ανάλυση του καρδιακού ρυθμού, θεωρούνται εξαιρετικά ακριβείς. Αν και οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές δεν έχουν σχεδιαστεί για την χορήγηση συγχρονισμένης απινίδωσης, όλοι οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές συνιστούν την χορήγηση απινίδωσης σε περιπτώσεις κοιλιακής ταχυκαρδίας, εφόσον ο ρυθμός και η μορφολογία των R επαρκούν εκπληρώνουν τις προκαθορισμένες ρυθμίσεις.

Ενδονοσοκομειακή χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών

Κατά το χρόνο διεξαγωγής της συνδιάσκεψης αποδοχής του 2005, δεν υπάρχουν δημοσιευμένες τυχοποιημένες μελέτες που να συγκρίνουν την ενδονοσοκομειακή χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών ως προς τους χειροκίνητους απινιδωτές. Δυο μελέτες χαμηλότερης ερευνητικής ισχύος σε καρδιακές ανακοπές από απινιδώσιμους ρυθμούς σε ενήλικες, έδειξαν ότι η επιβίωση κατά το χρόνο εξόδου από το νοσοκομείο ήταν υψηλότερη, όταν η απινίδωση εφαρμόστηκε μέσω του προγράμματος του αυτόματου εξωτερικού απινιδωτή παρά με τον χειροκίνητο απινιδωτή και μόνο^{22,23}. Μια μελέτη σε προσομοιωτές έδειξε ότι η χρήση του αυτόματου εξωτερικού απινιδωτή αύξησε σημαντικά την πιθανότητα χορήγησης τριών απινιδώσεων, αλλά ο χρόνος χορήγησής τους ήταν αυξημένος σε σύγκριση με τον χειροκίνητο απινιδωτή²⁴. Αντίθετα, σε εικονικές καρδιακές ανακοπές σε προσομοίωση σε ασθενείς φάνηκε ότι η χρήση monitoring και ο AED μείωσε το χρόνο της απινίδωσης σε σύγκριση με τις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε χειροκίνητος απινιδωτής²⁵.

Καθυστέρηση στην εφαρμογή της απινίδωσης μπορεί να συμβεί σε ασθενείς με καρδιακή ανακοπή σε νοσοκομειακά κρεβάτια που δεν παρέχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης με monitor και σε

εξωνοσοκομειακά τμήματα. Σε αυτές τις περιοχές μπορεί να παρέλθουν αρκετά λεπτά πριν την άφιξη της ομάδας αναζωογόνησης που θα φέρει τον απινιδωτή και θα χορηγήσει ρεύμα²⁶. Παρά τις περιορισμένες ενδείξεις, η ύπαρξη των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών κρίνεται ως απαραίτητη για όλα τα τμήματα του νοσοκομείου, ώστε να εφαρμοστεί η έγκαιρη απινίδωση (στόχος ο χρόνος < 3 λεπτά από την ανακοπή), ειδικά σε περιοχές όπου το προσωπικό δεν έχει την ικανότητα αναγνώρισης του τύπου του καρδιακού ρυθμού ή όταν χρησιμοποιούν σπάνια απινιδωτή. Ένα αποτελεσματικό σύστημα εκπαίδευσης και επανεκπαίδευσης θα πρέπει να εφαρμόζεται στα τμήματα του νοσοκομείου όπου υπάρχουν αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές. Επαρκής αριθμός του προσωπικού θα πρέπει να εκπαιδευτεί με στόχο την επίτευξη της χορήγησης της πρώτης απινίδωσης εντός 3 λεπτών από την ανακοπή σε οποιοδήποτε χώρο του νοσοκομείου. Επίσης θα πρέπει να καταγράφεται τόσο το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την ανακοπή μέχρι την πρώτη απινίδωση εντός του νοσοκομείου, όσο και την έκβαση της αναζωογόνησης.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΠΙΝΙΔΩΣΗΣ

Ασφαλής χορήγηση οξυγόνου κατά την απινίδωση

Σε ατμόσφαιρα εμπλουτισμένη σε οξυγόνο, η μη σωστή τοποθέτηση των κουταλών του απινιδωτή μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία σπινθήρα και πρόκληση ανάφλεξης²⁷⁻³². Υπάρχουν αρκετές αναφορές σχετικά με ανάφλεξη που προκλήθηκε με αυτόν τον μηχανισμό, οι οποίες προκάλεσαν σημαντικά εγκαύματα στους ασθενείς. Ο κίνδυνος ανάφλεξης κατά την προσπάθεια απινίδωσης μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την λήψη των παρακάτω μέσων προφύλαξης:

- Αφαιρέστε την προσωπίδα ή τα ρινογυάλια παροχής O₂ και τοποθετήστε τα σε απόσταση τουλάχιστον 1 μέτρου από το στήθος του ασθενή
- Αφήστε τον ασκό αερισμού του ασθενή (ambu) συνδεδεμένο με τον ενδοτραχειακό σωλήνα ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα διαχείρισης του αε-

ραγωγού. Εναλλακτικά, αποσυνδέστε τον ασκό αερισμού από τον ενδοτραχειακό σωλήνα ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα διαχείρισης του αεραγωγού (όπως λαρυγγική μάσκα, λαρυγγικό σωλήνα ή combitube) και απομακρύνετε τον τουλάχιστον 1 μέτρο από το στήθος του ασθενή κατά τη διενέργεια της απινίδωσης.

- Εάν ο ασθενής είναι συνδεδεμένος στον αναπνευστήρα (π.χ. στο χειρουργείο ή στη ΜΕΘ), αφήστε το κύκλωμα του αναπνευστήρα συνδεδεμένο με τον ενδοτραχειακό σωλήνα, εκτός κι αν οι θωρακικές συμπίεσεις παρεμποδίζουν στην παροχή ικανοποιητικού αναπνεόμενου όγκου από τον αναπνευστήρα. Στην περίπτωση αυτή, ο αερισμός μέσω του αναπνευστήρα αντικαθίσταται από σύστημα αερισμού με ασκό (ambu), η οποία είτε παραμένει συνδεδεμένη με τον ενδοτραχειακό σωλήνα, είτε αποσυνδέεται και απομακρύνεται σε απόσταση τουλάχιστον 1 μέτρο από το στήθος του ασθενή κατά τη διενέργεια της απινίδωσης. Εάν επιλέξετε να αποσυνδέσετε το κύκλωμα του αναπνευστήρα από τον ενδοτραχειακό σωλήνα, βεβαιωθείτε ότι βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 1 μέτρο από τον ασθενή ή ακόμη καλύτερα, κλείστε τον αναπνευστήρα, καθώς οι σύγχρονοι αναπνευστήρες χορηγούν μαζική ροή O₂ κατά την αποσύνδεσή τους. Κατά τη συνήθη χρήση, όταν το κύκλωμα του αναπνευστήρα παραμένει συνδεδεμένο με τον ενδοτραχειακό σωλήνα, το O₂ θα απομακρυνθεί από το εσωτερικό κύκλωμα του αναπνευστήρα (αυτό συμβαίνει συνήθως στους αναπνευστήρες των ΜΕΘ) μακριά από την περιοχή της απινίδωσης. Σε ασθενείς που νοσηλεύονται σε ΜΕΘ, για την εξασφάλιση ικανοποιητικής οξυγόνωσης του αίματος μπορεί να εφαρμόζεται θετική τελοεκπνευστική πίεση (PEEP). Κατά την ανάταξη, όπου η αυτόματη συστηματική κυκλοφορία είναι αναγκαίο να εξασφαλίζει παροχή ικανοποιητικά οξυγονωμένου αίματος, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να παραμείνει ο βαρέως πάσχων ασθενής συνδεδεμένος με τον αναπνευστήρα κατά την περίοδο χορήγησης της απινίδωσης.
- Ελαχιστοποιήστε τον κίνδυνο δημιουργίας σπινθήρων κατά την απινίδωση. Θεωρητικά, τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια απινίδωσης είναι λιγότε-

ρο πιθανόν να προκαλέσουν την δημιουργία σπινθήρων σε σύγκριση με τις χειροκίνητες κουτάλες.

Τεχνική σωστής επαφής των ηλεκτροδίων με τον θώρακα του ασθενή

Η βέλτιστη τεχνική απινίδωσης στοχεύει στην χορήγηση ρεύματος κατά μήκος του μυοκαρδίου που βρίσκεται σε μαρμαρυγή με την όσο δυνατόν ελάχιστη ηλεκτρική αντίσταση. Η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση επηρεάζεται σημαντικά από τη σωματική μάζα, γενικά στους ενήλικες υπολογίζεται περίπου στα 70-80Ω^{33,34}. Οι τεχνικές που περιγράφονται στη συνέχεια αποσκοπούν στην τοποθέτηση των εξωτερικών ηλεκτροδίων (κουτάλες ή αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια) στη βέλτιστη θέση, ελαχιστοποιώντας την διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση.

Ξύρισμα του στήθους του ασθενή

Στους ασθενείς με ιδιαίτερα τριχοφυές στήθος, ο αέρας παγιδεύεται κάτω από τα ηλεκτρόδια, προκαλώντας "φτωχή" ηλεκτρική επαφή μεταξύ ηλεκτροδίων-δέρματος. Αυτό προκαλεί υψηλή ηλεκτρική αντίσταση, μείωση της αποτελεσματικότητας της απινίδωσης, κίνδυνο δημιουργίας σπινθήρων μεταξύ ηλεκτροδίου-δέρματος ή ηλεκτροδίου-ηλεκτροδίου και αυξημένο κίνδυνο πρόκλησης εγκαυμάτων στο στήθος του ασθενή. Στις περιπτώσεις αυτές είναι αναγκαίο να ξυριστεί γρήγορα η περιοχή στην οποία πρόκειται να τοποθετηθούν τα ηλεκτρόδια, αλλά αυτό δεν θα πρέπει να γίνει σε βάρος του χρόνου διενέργειας της απινίδωσης. Το ξύρισμα από μόνο του μπορεί να ελαττώσει μερικώς την διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση και συστήνεται κυρίως για την προγραμματισμένη καρδιοανάταξη³⁵.

Δύναμη εφαρμογής των paddles

Εφόσον πρόκειται να χρησιμοποιηθούν κουτάλες, αυτές θα πρέπει να εφαρμόσουν στεγανά στο θωρακικό τοίχωμα. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση, τόσο μέσω της

βελτίωσης της ηλεκτρικής επαφής στην επιφάνεια ηλεκτροδίου-δέρματος, όσο και μέσω της μείωσης του θωρακικού όγκου³⁶. Ο χειριστής του απινιδωτή θα πρέπει να εφαρμόζει σθεναρά τις χειροκίνητες κουτάλες. Η μέγιστη δύναμη με την οποία πρέπει να εφαρμόζονται είναι 8kg στους ενήλικες³⁷ και 5kg στα παιδιά ηλικίας 1-8 ετών³⁸ (εφόσον χρησιμοποιούνται κουτάλες ενηλίκων). Η δύναμη των 8kg μπορεί να επιτευχθεί συνήθως μόνο από το δυνατότερο μέλος της ομάδας αναζωογόνησης και γι' αυτό συστήνεται η εφαρμογή των κουταλών κατά την απινίδωση να πραγματοποιείται από τα συγκεκριμένα άτομα. Σε αντίθεση με τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια, οι χειροκίνητες κουτάλες έχουν μια "γυμνή" μεταλλική επιφάνεια, η οποία καθιστά αναγκαία την ύπαρξη ενός υλικού μεταξύ του μετάλλου και του δέρματος του ασθενή με σκοπό να διευκολύνει την αγωγιμότητα του ρεύματος μέσω της βελτιστοποίησης της ηλεκτρικής επαφής. Η χρήση των "γυμνών" μεταλλικών κουταλών χωρίς το υλικό που θα διευκολύνει την αγωγιμότητα του ηλεκτρικού ρεύματος, θα αυξήσει την διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση, προκαλώντας συνεχή ηλεκτρικό σπινθήρα (μεταξύ δυο ακροδεκτών), με επακόλουθη επιδείνωση των δερματικών εγκαυμάτων από την χρήση των απινιδωτή.

Η θέση των ηλεκτροδίων

Δεν υπάρχουν κλινικές μελέτες που να αξιολογούν τη σημασία της θέσης των ηλεκτροδίων ως καθοριστικού παράγοντα για την αποκατάσταση της αυτόματης κυκλοφορίας (Restore Of Spontaneous Circulation - ROSC) ή την επιβίωση έπειτα από καρδιακή ανακοπή λόγω κοιλιακής μαρμαρυγής / ταχυκαρδίας. Το ρεύμα που διέρχεται από το μυοκάρδιο κατά την απινίδωση είναι δυνατόν να μεγιστοποιηθεί όταν τα ηλεκτρόδια τοποθετηθούν έτσι ώστε η περιοχή της καρδιάς που βρίσκεται σε ινιδισμό να βρίσκεται ακριβώς ανάμεσά τους [δηλ. οι κοιλίες σε κοιλιακή μαρμαρυγή /ταχυκαρδία ή ο κόλπος σε κολπική μαρμαρυγή]. Αυτό σημαίνει ότι η βέλτιστη θέση των ηλεκτροδίων μπορεί να μην είναι η ίδια στις κολπικές ή στις κοιλιακές αρρυθμίες.

Όλο και περισσότεροι ασθενείς υπάρχουν με

εμφυτεύσιμες συσκευές (π.χ. μόνιμος βηματοδότης, αυτόματος εσωτερικός απινιδωτής, Automatic Implantable Cardioverter Defibrillator - AICD). Για τους συγκεκριμένους ασθενείς προτείνεται να φορούν ειδικά βραχιόλια (MedicAlert bracelets) που να υποδεικνύουν ότι φέρουν αυτές τις συσκευές. Κατά την απινίδωση, όλες αυτές οι συσκευές ενδέχεται να υποστούν βλάβη, εάν τα ηλεκτρόδια τοποθετηθούν επάνω ακριβώς από τη θέση της συσκευής. Τοποθετήστε τα ηλεκτρόδια μακριά από τη συσκευή ή χρησιμοποιήστε μια από τις εναλλακτικές θέσεις των ηλεκτροδίων, που περιγράφονται παρακάτω. Στην περίπτωση που ανιχνεύεται ένα επεισόδιο VF/VT οι AICD απινιδώνουν μέχρι έξι φορές. Επιπλέον απινιδώσεις χορηγούνται μόνο όταν ανιχνευθεί νέο επεισόδιο VF/VT. Σε σπάνιες περιπτώσεις, όταν η συσκευή είναι ελαττωματική ή φέρει σπασμένο καλώδιο, μπορεί να προκληθούν επανελλημένες απινιδώσεις, στις περιπτώσεις αυτές ο ασθενής πιθανόν να είναι ξύπνιος και το ΗΚΓ να δείχνει ένα σχετικά φυσιολογικό ρυθμό. Υπό αυτές τις συνθήκες η τοποθέτηση ενός μαγνήτη πάνω από την περιοχή όπου βρίσκεται ο εσωτερικός απινιδωτής, θα απενεργοποιήσει τη λειτουργία του απινιδωτή. Η εκπόλωση AICD μπορεί να προκαλέσει σύσπαση των θωρακικών μυών, αλλά το ηλεκτρικό αυτό ρεύμα δεν μπορεί να επηρεάσει τα άτομα που βρίσκονται σε επαφή με τον ασθενή. Η λειτουργία AICD και του μόνιμου βηματοδότη θα πρέπει να επαναξιολογείται έπειτα από τη διενέργεια μιας εξωτερικής απινίδωσης, για να ελεγχθεί τόσο η λειτουργικότητα της συσκευής, όσο και ο συδός βηματοδότησης / απινίδωσης των ηλεκτροδίων της συσκευής.

Τα φάρμακα που χορηγούνται διαδερμικά μέσω αυτοκόλλητων επιθεμάτων (patches), ενδέχεται να παρεμποδίσουν την επαφή των ηλεκτροδίων, προκαλώντας συνεχή ανάφλεξη και δερματικά εγκαυματα, στην περίπτωση κατά την οποία το ηλεκτρόδιο τοποθετηθεί απευθείας επάνω στο αυτοκόλλητο επίθεμα κατά την απινίδωση^{39,40}. Αφαιρέστε τα αυτοκόλλητα επιθέματα και καθαρίστε την περιοχή πριν εφαρμόσετε τα ηλεκτρόδια.

Σε περίπτωση κοιλιακής αρρυθμίας, τοποθετήστε τα ηλεκτρόδια (pads ή paddles) στην καθιερωμένη θέση στέρνο-κορυφή της καρδιάς. Το δεξιό

(στερνικό) ηλεκτρόδιο τοποθετείται στα δεξιά του στέρνου, κάτω από την κλείδα. Το κορυφαίο ηλεκτρόδιο τοποθετείται στη μέση μασχαλιαία γραμμή, περίπου στη θέση που αντιστοιχεί στην απαγωγή V6 του ΗΚΓ, ή στο ύψος του μαστού στις γυναίκες. Στη θέση αυτή το ηλεκτρόδιο θα πρέπει να τοποθετείται μακριά από το μαζικό αδένα. Είναι σημαντικό το ηλεκτρόδιο να τοποθετηθεί όσο πιο πλάγια γίνεται. Άλλες αποδεκτές θέσεις των ηλεκτροδίων είναι:

- Κάθε ηλεκτρόδιο να τοποθετείται στο πλάγιο θωρακικό τοίχωμα το ένα δεξιά και το άλλο αριστερά (στη μασχαλιαία γραμμή)
- Το ένα ηλεκτρόδιο στην προκαθορισμένη θέση της κορυφής της καρδιάς και το άλλο στο δεξί ή στο αριστερό ανώτερο τμήμα της πλάτης
- Το ένα ηλεκτρόδιο πρόσθια πάνω από την αριστερή προκάρδια χώρα και το άλλο στο πίσω μέρος της καρδιάς ακριβώς κάτω από την αριστερή ωμοπλάτη

Δεν έχει σημασία ποιο ηλεκτρόδιο (στερνικό ή κορυφαίο) θα τοποθετηθεί σε κάθε θέση.

Η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση ελαχιστοποιείται όταν το κορυφαίο ηλεκτρόδιο τοποθετηθεί εκτός του γυναικείου μαζικού αδένου⁴¹. Τα κορυφαία ηλεκτρόδια ασύμμετρου σχήματος έχουν μικρότερη ηλεκτρική αντίσταση όταν τοποθετούνται κατά τον επιμήκη άξονα, παρά κατά τον εγκάρσιο⁴². Γι αυτό ο επιμήκης άξονας του κορυφαίου ηλεκτροδίου θα πρέπει να είναι προσανατολισμένος σε κρανιο-κοκκυγική κατεύθυνση.

Η κολπική μαρμαρυγή διατηρείται από λειτουργικά κυκλώματα επανεισόδου με απόληξη στον αριστερό κόλπο. Καθώς ο αριστερός κόλπος βρίσκεται στο πίσω μέρος του θώρακα, μια προσθιο-οπίσθια θέση των ηλεκτροδίων μπορεί να είναι αποτελεσματικότερη σε εξωτερική καρδιοανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής⁴³. Η πλειονότητα^{44,45} αλλά όχι και το σύνολο^{46,47} των μελετών έδειξαν ότι η προσθιο-οπίσθια τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι πιο αποτελεσματική σε σύγκριση με την παραδοσιακή προσθιο-κορυφαία θέση σε προγραμματισμένη καρδιοανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής. Η αποτελεσματικότητα της καρδιοανάταξης εξαρ-

τάται λιγότερο από τη θέση των ηλεκτροδίων όταν χρησιμοποιούνται διφασικές κυματομορφές προκειμένου να αντισταθμιστεί η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση⁴⁸. Οποιαδήποτε από τις δύο θέσεις θεωρείται ασφαλής και αποτελεσματική για την ανάταξη της κολπικής αρρυθμίας.

Φάση του αναπνευστικού κύκλου

Η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση διαφέρει στις διάφορες φάσεις του αναπνευστικού κύκλου και ελαχιστοποιείται στο τέλος της εκπνοής. Εφόσον είναι δυνατόν, η απινίδωση θα πρέπει να πραγματοποιείται στη συγκεκριμένη φάση του αναπνευστικού κύκλου. Η θετική τελοεκπνευστική πίεση (PEEP) αυξάνει τη διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση και θα πρέπει να ελαχιστοποιείται κατά τη διάρκεια της απινίδωσης. Το ενδογενές PEEP (παγίδευση αέρα) μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλό σε ασθματικούς ασθενείς και να δημιουργεί απαίτηση για υψηλότερα του συνηθισμένου ενεργειακά επίπεδα κατά τη διενέργεια της απινίδωσης⁴⁰.

Μέγεθος των ηλεκτροδίων

Η Ένωση για τη βέλτιστη χρήση του Ιατρικού Εξοπλισμού (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) προτείνει ένα ελάχιστο μέγεθος του κάθε ηλεκτροδίου ξεχωριστά, ενώ το συνολικό μέγεθος της επιφάνειας των ηλεκτροδίων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 150 cm²⁵⁰. Τα μεγαλύτερα ηλεκτρόδια έχουν χαμηλότερη ηλεκτρική αντίσταση, αλλά τα υπερβολικά μεγάλα ηλεκτρόδια μπορεί να προκαλέσουν μικρότερη διαμυοκαρδιακή ροή ρεύματος⁵¹. Η λειτουργικότητα των χειροκίνητων κουταλών καθώς και των αυτοκόλλητων ηλεκτροδίων διαμέτρου 8-12 cm όταν χρησιμοποιούνται για την απινίδωση των ενηλίκων, κρίνεται ως αρκετά ικανοποιητική. Η επιτυχία της απινίδωσης είναι μεγαλύτερη με ηλεκτρόδια διαμέτρου 12 cm σε σύγκριση με αυτά που έχουν διάμετρο 8 cm^{34,52}.

Οι κλασικοί αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές είναι κατάλληλοι και για τη χρήση σε παιδιά ηλικίας κάτω των 8 ετών. Σε παιδιά ηλικίας από 1-8 ετών,

είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται παιδιατρικά pads σε συνδυασμό με ένα μειωτή με σκοπό την ελάτωση της χορηγούμενης ενέργειας ή ένα παιδιατρικό πρόγραμμα εφόσον αυτό διατίθεται. Εάν όχι, χρησιμοποιήστε μια μη τροποποιημένη συσκευή, λαμβάνοντας μέριμνα ώστε να εξασφαλιστεί η μη αλληλοεπικάλυψη των αυτοκόλλητων ηλεκτροδίων των ενηλίκων. Η χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών δεν συστήνεται για παιδιά ηλικίας μικρότερης του 1 έτους.

Παράγοντες που αυξάνουν την αγωγιμότητα

Εφόσον χρησιμοποιούνται χειροκίνητες κουτάλες, θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια με γέλη είναι προτιμότερα από τις αλοιφές και τη γέλη των ηλεκτροδίων επειδή τα τελευταία μπορεί να διασπαρθούν μεταξύ των κουταλών, προκαλώντας ένα δυνητικό κίνδυνο δημιουργίας σπινθήρα. Μην χρησιμοποιείτε γυμνά ηλεκτρόδια χωρίς υλικό που αυξάνει την αγωγιμότητα, επειδή θα αυξηθεί η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση και η βαρύτητα του πιθανού δερματικού εγκαύματος. Θα πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται η χρήση ιατρικής γέλης ή αλοιφής με χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (π.χ. γέλη υπερήχων).

Τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια είναι προτιμότερα από την τοποθέτηση γέλης στα ηλεκτρόδια, καθώς αποφεύγεται η πιθανότητα διασποράς της γέλης μεταξύ των δύο κουταλών, με επακόλουθο τον κίνδυνο ανάφλεξης και αναποτελεσματικής απινίδωσης.

Pads έναντι paddles

Τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια απινίδωσης θεωρούνται ασφαλή και αποτελεσματικά και είναι προτιμότερα από τις καθιερωμένες κουτάλες απινίδωσης⁵². Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την χρήση των αυτοκόλλητων ηλεκτροδίων σε περιανακοπής καταστάσεις και σε κλινικές καταστάσεις όπου η πρόσβαση στον ασθενή είναι δυσχερής. Έχουν παρόμοια διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση⁵¹ (και επομένως και αποτελεσματικότητα)^{53,54} με τις χειροκίνητες κουτάλες και δίνουν τη δυνατότητα στο χειριστή να απινιδώσει τον ασθενή από ασφαλή απόσταση, παρά να σκύβει πάνω από αυτόν

(όπως συμβαίνει με τις κουτάλες). Όταν χρησιμοποιούνται για τον αρχικό έλεγχο του καρδιακού ρυθμού, τόσο τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια όσο και οι κουτάλες παρέχουν τη δυνατότητα ταχύτερης χορήγησης της πρώτης απινίδωσης σε σύγκριση με τα συμβατικά ηλεκτρόδια του ΗΚΓ, αλλά τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια θεωρούνται ταχύτερα από τις κουτάλες⁵⁵.

Όταν τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια με γέλη χρησιμοποιούνται συγχρόνως με τις κουτάλες, η ηλεκτρολυτική γέλη πολώνεται και έτσι μετατρέπεται σε χαμηλής αγωγιμότητας υλικό μετά την απινίδωση. Αυτό μπορεί να προκαλέσει πλαστική (ψευδή) ασυστολία, η οποία μπορεί να επιμένει για 3-4 λεπτά, όταν χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν τον καρδιακό ρυθμό, ένα φαινόμενο που δεν έχει αναφερθεί με τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια^{56,57}. Όταν χρησιμοποιείτε το συνδυασμό αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια γέλης/κουτάλες, επιβεβαιώστε τη διάγνωση της ασυστολίας με ανεξάρτητα ηλεκτρόδια ΗΚΓ παρά με τις κουτάλες.

Ανάλυση της κυματομορφής της μαρμαρυγής

Από την κυματομορφή της μαρμαρυγής είναι δυνατόν (με κυμαινόμενη αξιοπιστία) να προβλεφθεί η επιτυχία της απινίδωσης⁵⁸⁻⁷⁷. Όταν μπορέσει να καθοριστεί από προοπτικές μελέτες η βέλτιστη κυματομορφή απινίδωσης και ο βέλτιστος χρόνος χορήγησης της απινίδωσης, θα καταστεί εφικτό να αποφευχθεί η χορήγηση ανεπιτυχών απινιδώσεων υψηλής ενέργειας και η ελαχιστοποίηση της μυοκαρδιακής βλάβης. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται κάτω από συνεχή έρευνα και εξέλιξη.

ΚΑΡΠΑ έναντι απινίδωσης ως αρχική αντιμετώπιση

Παρά το γεγονός ότι οι προηγούμενες κατευθυντήριες οδηγίες, συστήνουν την άμεση απινίδωση για όλες τις αρρυθμίες που αντιμετωπίζονται με την χορήγηση απινίδωσης, οι πρόσφατες ενδείξεις προτείνουν ότι μια χρονική περίοδος εφαρμογής ΚΑΡΠΑ πριν την απινίδωση, ίσως είναι ευεργετικότερη σε περιπτώσεις παρατεταμένης καρδιακής ανακοπής. Όπως προκύπτει από κλινικές μελέτες, ό-

ταν ο χρόνος ανταπόκρισης ξεπερνάει τα 4-5 λεπτά περίοδος εφαρμογής ΚΑΡΠΑ 1,5-3 λεπτά από διασώστες ή ιατρούς των EMS πριν την απινίδωση βελτιώνει την ROSC, την επιβίωση μέχρι την έξοδο από το νοσοκομείο⁷⁸⁻⁷⁹ και την επιβίωση στο ένα έτος⁷⁹ σε σύγκριση με την άμεση απινίδωση. Αντίθετα με τα προηγούμενα δεδομένα μια μονοκεντρική τυχαίοποιημένη μελέτη σε ασθενείς με εξονοσοκομειακή κοιλιακή μαρμαρυγή ή κοιλιακή ταχυκαρδία, απέτυχε να δείξει κάποια συγκεκριμένη βελτίωση ως προς την αποκατάσταση της κυκλοφορίας μετά την ανακοπή ή την επιβίωση μετά από ΚΑΡΠΑ διάρκειας 1,5 λεπτών που εφαρμόστηκε από διασώστες. Από πειραματικές μελέτες σε κοιλιακή μαρμαρυγή διάρκειας τουλάχιστον 5 λεπτών, προκύπτει ότι η ΚΑΡΠΑ πριν την απινίδωση βελτιώνει την αιμοδυναμική εικόνα και την επιβίωση των ασθενών⁸¹⁻⁸³. Ίσως δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί κατά προσέγγιση η έκβαση των ασθενών από την ΚΑΡΠΑ που χορηγείται από το παραϊατρικό προσωπικό, η οποία περιλαμβάνει την διασωλήνωση και τη χορήγηση 100% οξυγόνου, σε σχέση με αυτή που παρέχεται από τους παρευρισκόμενους, οι οποίοι παρέχουν σχετικά χαμηλής ποιότητας ΚΑΡΠΑ με αερισμό στόμα με στόμα.

Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα προκύπτει ότι είναι λογικό το EMS προσωπικό να εφαρμόζει ΚΑΡΠΑ περίπου για 2 λεπτά (δηλ. περίπου 5 κύκλους με 30:2) πριν την απινίδωση σε ασθενείς με παρατεταμένη καρδιακή ανακοπή (>5 λεπτά). Συχνά η διάρκεια της ανακοπής είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια και ίσως είναι πιο απλό, εάν το EMS προσωπικό, έχει ως οδηγία παροχής ΚΑΡΠΑ για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πριν την προσπάθεια απινίδωσης σε κάθε καρδιακή ανακοπή στην οποία δεν ήταν παρόντες κατά την εκδήλωσή της. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι ενδείξεις που υπάρχουν είναι σχετικά περιορισμένες, τα άτομα που ηγούνται της ομάδας EMS σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά θα πρέπει να αποφασίσουν εάν θα συμπεριλάβουν στη στρατηγική τους την ΚΑΡΠΑ πριν την απινίδωση. Αναπόφευκτα υπάρχει η πιθανότητα τα πρωτόκολλα να διαφοροποιούνται ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.

Οι παρευρισκόμενοι πολίτες διασώστες και οι πρώτοι που θα ανταποκριθούν χρησιμοποιώντας

αυτόματους εξωτερικούς απινιδωτές θα πρέπει να χορηγήσουν απινίδωση το ταχύτερο δυνατόν. Δεν υπάρχουν ενδείξεις που να ενισχύουν ή να αντικρούουν την θέση σχετικά με την εφαρμογή της ΚΑΡΠΑ πριν την απινίδωση σε περίπτωση ενδονοσοκομειακής καρδιακής ανακοπής. Προτείνεται η χορήγηση απινίδωσης το ταχύτερο δυνατόν σε κάθε περίπτωση ενδονοσοκομειακής καρδιακής ανακοπής (βλέπε κεφάλαιο 4β και 4γ).

Η σημασία της εφαρμογής πρώιμων μη διακοπτόμενων θωρακικών συμπίεσεων τονίζεται από όλες τις μέχρι σήμερα κατευθυντήριες οδηγίες. Πρακτικά, συχνά είναι δύσκολο να εξακριβωθεί ο ακριβής χρόνος της καρδιακής ανακοπής και γιατί σε οποιαδήποτε περίπτωση η ΚΑΡΠΑ θα πρέπει να εφαρμόζεται το ταχύτερο δυνατόν. Ο διασώστης που παρέχει τις θωρακικές συμπίεσεις θα πρέπει να τις διακόπτει μόνο για την ανάλυση του καρδιακού ρυθμού και την χορήγηση της απινίδωσης και θα πρέπει να υπάρχει ετοιμότητα για την επανέναρξη των θωρακικών συμπίεσεων μόλις χορηγηθεί το shock. Όταν δυο διασώστες είναι παρόντες, εκείνος που χειρίζεται τον αυτόματο εξωτερικό απινιδωτή θα πρέπει να τοποθετήσει τα ηλεκτρόδια, ενώ η ΚΑΡΠΑ είναι υπό εξέλιξη. Η ΚΑΡΠΑ θα πρέπει να διακόπτεται μόνο εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο όπως για παράδειγμα για την εκτίμηση του καρδιακού ρυθμού και την χορήγηση απινίδωσης. Ο χειριστής του αυτόματου εξωτερικού απινιδωτή, θα πρέπει να είναι προετοιμασμένος να χορηγήσει shock άμεσα μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης του ρυθμού και εφόσον η χορήγηση της απινίδωσης συστήνεται, με την προϋπόθεση ότι κανένας από τους διασώστες δεν βρίσκεται σε επαφή με το θύμα. Στην περίπτωση που ο διασώστης είναι μόνος του, θα πρέπει να είναι εξασκημένος στην εφαρμογή της ΚΑΡΠΑ σε συνδυασμό με την αποτελεσματική διαχείριση του αυτόματου εξωτερικού απινιδωτή.

Μία απινίδωση έναντι ακολουθίας τριών απινιδώσεων

Δεν υπάρχουν μέχρι σήμερα δημοσιευμένες κλινικές ή πειραματικές μελέτες που να συγκρίνουν το πρωτόκολλο της μιας απινίδωσης, με το αντίστοιχο

της ακολουθίας των τριών απινιδώσεων για την αντιμετώπιση της καρδιακής ανακοπής εξαιτίας κοιλιακής μαρμαρυγής. Από πειραματικές μελέτες προκύπτει ότι οι σχετικά βραχείας διάρκειας διακοπές των εξωτερικών θωρακικών συμπίεσεων, προκειμένου να χορηγηθούν οι εμφυσιές^{84,85} ή η ανάλυση του καρδιακού ρυθμού⁸⁶, σχετίζονται με μυοκαρδιακή δυσλειτουργία μετά την αναζωογόνηση και μειωμένη επιβίωση των ασθενών. Οι διακοπές των θωρακικών συμπίεσεων επίσης μειώνουν την πιθανότητα μετατροπής της κοιλιακής μαρμαρυγής σε άλλο ρυθμό⁸⁷. Η ανάλυση της τρόπου διεξαγωγής της ΚΑΡΠΑ κατά την εξωνοσοκομειακή^{16,88} και ενδοκομμιακή καρδιακή ανακοπή, έδειξε ότι οι σημαντικές διακοπές των θωρακικών συμπίεσεων είναι συνήθεις και συνιστούν ποσοστό που κυμαίνεται από 51%¹⁶ έως 76%¹⁷ του συνολικού χρόνου της ΚΑΡΠΑ.

Στο γενικότερο πλαίσιο του πρωτοκόλλου των τριών απινιδώσεων που συστήνονται από τις κατευθυντήριες οδηγίες του 2000, οι διακοπές της ΚΑΡΠΑ, προκειμένου να δοθεί στον αυτόματο εξωτερικό απινιδωτή τη δυνατότητα της ανάλυσης του καρδιακού ρυθμού, θεωρούνται σημαντικές. Έχουν αναφερθεί καθυστερήσεις μέχρι και 37 sec μεταξύ της χορήγησης των απινιδώσεων και επανέναρξης των θωρακικών συμπίεσεων⁸⁹. Με την αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης διαφασικής κυματομορφής να φθάνει το 90%⁹⁰⁻⁹³, η αποτυχία της ανάταξης της κοιλιακής μαρμαρυγής, υποδεικνύει περισσότερο την ανάγκη εφαρμογής ΚΑΡΠΑ για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα παρά την χορήγηση μιας επιπλέον απινίδωσης. Έτσι, άμεσα μετά την χορήγηση μιας μόνο απινίδωσης και χωρίς την επαναξιολόγηση του ρυθμού ή της ψηλάφησης σφυγμού, θα πρέπει να εφαρμόζεται ΚΑΡΠΑ (30 θωρακικές συμπίεσεις: 2 αναπνοές) για 2 λεπτά πριν την χορήγηση μιας επιπλέον απινίδωσης (εφόσον αυτή ενδείκνυται) (βλέπε κεφάλαιο 4γ). Ακόμη και αν η προσπάθεια απινίδωσης είναι αποτελεσματική ως προς την αποκατάσταση ενός ρυθμού που εξασφαλίζει την συστηματική άρδευση, είναι πολύ σπάνιο ο σφυγμός να ανιχνεύεται άμεσα μετά την απινίδωση. Όταν δεν έχει αποκατασταθεί ρυθμός τέτοιος που να εξασφαλίζει κάποια στοιχειώδη συστηματική άρδευση, η καθυστέρηση στην προσπάθεια ανίχνευσης του σφυγμού θα επιβαρύνει το μυοκάρδιο ακόμη περισσότερο⁸⁹. Συγκεκριμένα, σε μια μελέτη σχετικά με την χρήση του αυτόματου εξωτερικού απινιδωτή σε περίπτωση εξωνοσοκομειακής καρδιακής ανακοπής λόγω κοιλιακής μαρμαρυγής, προέκυψε ότι σφυγμός ανιχνεύθηκε μόνο στο 2,5% (12/481) των ασθενών, όπου ο έλεγχος του σφυγμού εφαρμόστηκε άμεσα μετά τη χορήγηση της απινίδωσης, ενώ ο σφυγμός ήταν ανιχνεύσιμος κάποιο χρονικό διάστημα μετά την αρχική ακολουθία των απινιδώσεων (και πριν την δεύτερη ακολουθία) στο 24,5% (118/481) των ασθενών⁹³. Εφόσον έχει αποκατασταθεί ένας ρυθμός που να εξασφαλίζει συστηματική άρδευση, η εφαρμογή θωρακικών συμπίεσεων δεν αυξάνει την πιθανότητα επανεμφάνισης της κοιλιακής μαρμαρυγής⁹⁴. Επί παρουσίας ασυστολίας μετά την απινίδωση οι θωρακικές συμπίεσεις μπορεί να προκαλέσουν κοιλιακή μαρμαρυγή⁹⁴.

Η στρατηγική της μιας απινίδωσης είναι εφαρμόσιμη τόσο στους μονοφασικούς όσο και τους διφασικούς απινιδωτές.

Κυματομορφή και ενεργειακά επίπεδα

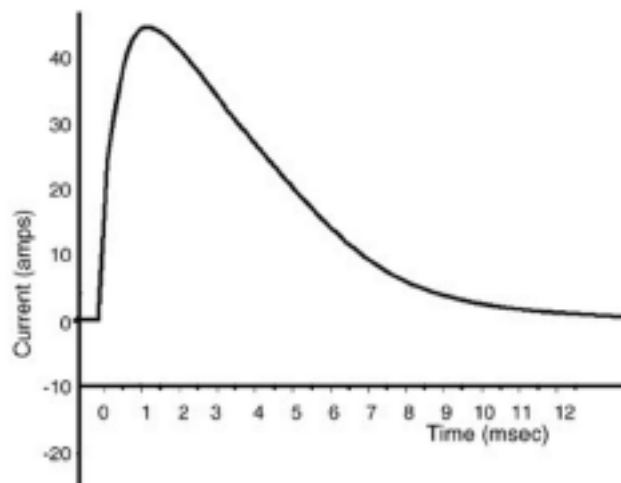
Η απινίδωση απαιτεί την χορήγηση ηλεκτρικού ρεύματος ικανοποιητικής έντασης προκειμένου να απινιδώσει μια "κρίσιμη" μάζα του μυοκαρδίου, να καταργήσει τα κύματα της κοιλιακής μαρμαρυγής και να καταστήσει εφικτή την αποκατάσταση της αυτόματης συγχρονισμένης ηλεκτρικής δραστηριότητας του μυοκαρδίου με τη μορφή οργανωμένου ρυθμού. Ως βέλτιστο ενεργειακό επίπεδο για την απινίδωση θεωρείται εκείνο με το οποίο επιτυγχάνεται απινίδωση, προκαλώντας την ελάχιστη μυοκαρδιακή βλάβη³³. Επιπλέον, η επιλογή του κατάλληλου ενεργειακού επιπέδου ελατώνει τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων απινιδώσεων, περιορίζοντας έτσι βλάβη του μυοκαρδίου⁹⁵.

Επειτα από την εισαγωγή τους στην πράξη πριν από μια δεκαετία με επιφύλαξη, οι απινιδωτές που χορηγούν απινίδωση διαφασικής κυματομορφής είναι πλέον οι προτιμότεροι. Απινιδωτές μονοφασικής κυματομορφής δεν παράγονται πλέον, αν και αρκετοί παραμένουν σε χρήση ακόμη και σήμερα. Οι μονοφασικοί απινιδωτές χορηγούν ρεύμα

το οποίο είναι μονοπολικό (δηλ. έχει μια κατεύθυνση ροής του ρεύματος). Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι μονοφασικής κυματομορφής. Η συνηθέστερη είναι μονοφασική αμβλυμένη ημιτονοειδής (MDS) κυματομορφή (Εικόνα 3.1). Η κωνοειδής εκθετική (MTE) κυματομορφή τερματίζεται ηλεκτρονικά πριν το ρεύμα φθάσει στο μηδέν (Εικόνα 3.2). Οι διφασικοί απινιδωτές αντίθετα, χορηγούν ρεύμα το οποίο ρέει προς μια θετική κατεύθυνση για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια πριν αναστραφεί και κινηθεί προς μια αρνητική κατεύθυνση για τα εναπομείναντα κλάσματα δευτερολέπτου, της ηλεκτρικής εκπόλωσης. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι διφασικής κυματομορφής: η διφασική κωνοειδής εκθετική (BTE) (Εικόνα 3.3) και η ευθύγραμμη διφασική (RLB) (Εικόνα 3.4). Οι διφασικοί απινιδωτές αντισταθμίζουν το μεγάλο εύρος της διαθωρακικής ηλεκτρικής αντίστασης με ηλεκτρονική ρύθμιση, προσαρμόζοντας το μέγεθος και τη διάρκεια της κυματομορφής. Η βέλτιστη αναλογία διάρκειας της πρώτης φάσης προς τη δεύτερη φάση και το συνολικό εύρος της κυματομορφής δεν έχουν ακόμη τεκμηριωθεί.

Όλοι οι χειροκίνητοι και οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές που επιτρέπουν την χειροκίνητη υπέρβαση των ενεργειακών επιπέδων θα πρέπει να φέρουν ενδείξεις, που να υποδεικνύουν την κυματομορφή τους (μονοφασική ή διφασική) και τα προτεινόμενα ενεργειακά επίπεδα για την επιχειρούμενη απινίδωση σε κοιλιακή μαρμαρυγή/ταχυκαρδία. Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης για παρατεταμένη κοιλιακή μαρμαρυγή/ταχυκαρδία είναι υψηλότερη με διφασικές παρά με μονοφασικές κυματομορφές⁹⁶⁻⁹⁸ και για αυτό η χρήση της διφασικής κυματομορφής προτείνεται οποτεδήποτε είναι αυτό δυνατόν. Τα βέλτιστα ενεργειακά επίπεδα τόσο για τις μονοφασικές όσο και τις διφασικές κυματομορφές είναι άγνωστα. Οι συστάσεις για τα ενεργειακά επίπεδα που πρόκειται να εφαρμοστούν βασίζονται κυρίως σε επιστημονική συναίνεση, η οποία έλαβε υπόψη τα δεδομένα που προέκυψαν μετά από τη σχολαστική ανασκόπηση της σύγχρονης βιβλιογραφίας.

Παρά το γεγονός ότι τα ενεργειακά επίπεδα είναι η παράμετρος που επιλέγεται κατά την απινίδωση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η επιτυ-

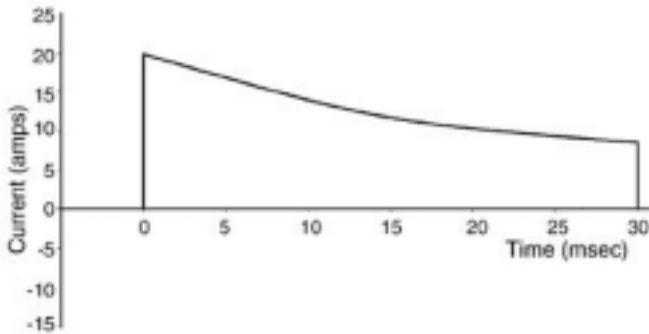


Εικόνα 3.1 Μονοφασική αμβλυμένη ημιτονοειδής κυματομορφή

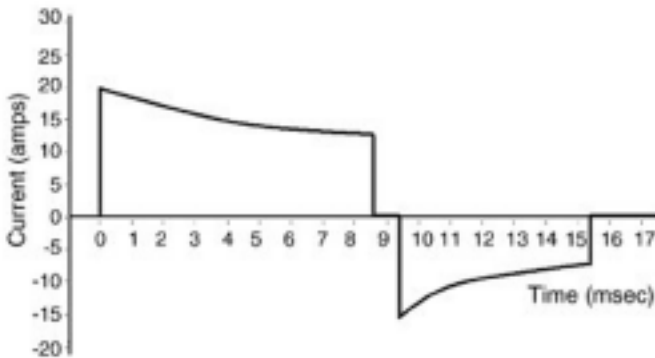
χής απινίδωση εξαρτάται από τη διαμυοκαρδιακή ροή του ρεύματος. Η συσχέτιση του ρεύματος με την επιτυχή απινίδωση και την καρδιακή ανάταξη, φαίνεται ότι είναι αρκετά ικανοποιητική⁹⁹. Το βέλτιστο ρεύμα για απινίδωση με τη χρήση μονοφασικής κυματομορφής κυμαίνεται στα όρια των 30-40 A. Έμμεσες ενδείξεις από μετρήσεις κατά την καρδιοανάταξη για κολπική μαρμαρυγή δείχνουν ότι το ρεύμα κατά την απινίδωση με τη χρήση διφασικής κυματομορφής κυμαίνεται μεταξύ 15-20 A¹⁰⁰. Η τεχνολογία του μέλλοντος πιθανόν να δώσει στους απινιδωτές την δυνατότητα εκκένωσης σύμφωνα με το διαθωρακική ροή ρεύματος. Η στρατηγική αυτή πιθανόν θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη σταθερότητα ως προς την πιθανότητα επιτυχίας της απινίδωσης. Το μέγιστο εύρος της κυματομορφής, το μέσο ρεύμα και η διάρκεια των φάσεων θα πρέπει στο σύνολό τους να μελετηθούν προκειμένου να καθοριστούν οι βέλτιστες τιμές τους. Παράλληλα οι κατασκευαστές ενθαρρύνονται για περαιτέρω διερεύνηση ως προς την κατεύθυνση μετατόπισης της βάσης της απινίδωσης από την ενέργεια προς τη ροή του ρεύματος.

Η πρώτη απινίδωση

Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης με την χρήση μονοφασικής κυματομορφής σε παρατεταμένη καρδιακή ανακοπή, κυμαίνεται μεταξύ



Εικόνα 3.2 Μονοφασική κωνοειδής εκθετική κυματομορφή

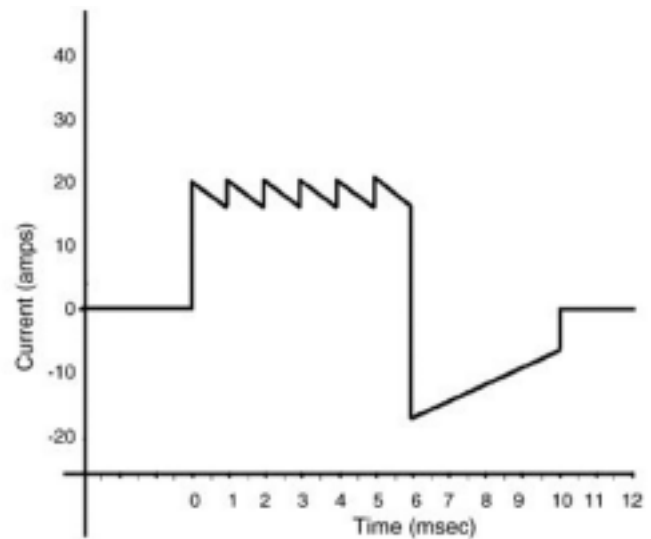


Εικόνα 3.3 Διφασική κωνοειδής εκθετική κυματομορφή

54%-63% όταν χορηγούνται 200J μονοφασικής MTE κυματομορφής^{97,101} και 77%-91% όταν χορηγούνται 200J μονοφασικής MDS κυματομορφής^{96-98,101}. Εξαιτίας της σχετικά περιορισμένης αποτελεσματικότητας της μονοφασικής κυματομορφής το προτεινόμενο αρχικό ενεργειακό επίπεδο είναι τα 360J. Αν και τα υψηλότερα ενεργειακά επίπεδα εγγυμονούν μεγαλύτερο βαθμό μυοκαρδιακής βλάβης, τα πλεονεκτήματα της πρώιμης ανάταξης σε καρδιακό ρυθμό που παρέχει συστηματική άρδευση είναι προεξάρχουσας σημασίας. Η εφαρμογή υψηλότερων μονοφασικών ενεργειακών επιπέδων, αρκετά συχνά οδηγεί στην εκδήλωση κολποκοιλιακού αποκλεισμού, ο οποίος όμως είναι παροδικός και δεν επηρεάζει την επιβίωση κατά την έξοδο από το νοσοκομείο¹⁰². Μόνο 1 από 27 πειραματικές μελέτες έδειξε βλάβη που προκαλείται από την απινίδωση με την χρήση shock υψηλού ενεργειακού

επιπέδου¹⁰³.

Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι μια διφασική κυματομορφή ή συσκευή είναι πιο αποτελεσματική από κάποια άλλη. Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης με BTE κυματομορφή με την χρήση 150-200J αναφέρεται ότι κυμαίνεται μεταξύ 86%-



Εικόνα 3.4 Ευθύγραμμη διφασική κυματομορφή

98%^{96,97,101,104,105}. Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης με την RLB κυματομορφής στα 120J κυμαίνεται πάνω από 85% (δεδομένα που δεν έχουν δημοσιευθεί αλλά παρέχονται από προσωπικές επικοινωνίες)⁹⁸. Η αρχική διφασική απινίδωση δεν θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από τα 120J για διφασική RLB κυματομορφή και 150J για την BTE κυματομορφή. Ιδιαίτερος το ενεργειακό επίπεδο της αρχικής διφασικής απινίδωσης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 150J για όλες τις κυματομορφές.

Οι κατασκευαστές θα πρέπει να πρέπει να φροντίζουν ώστε να εμφανίζεται το εύρος της αποτελεσματικής δόσης της κυματομορφής στην επιφάνεια της διφασικής συσκευής. Εάν ο χειριστής δεν γνωρίζει το εύρος της αποτελεσματικής δόσης της συσκευής, θα πρέπει στην πρώτη απινίδωση να χρησιμοποιεί ενέργεια 200J. Η "εξ' ορισμού" ενέργεια των 200J έχει επιλεγεί επειδή εμπεριέχεται στο αναφερόμενο εύρος των επιλεγόμενων δόσεων, οι οποίες κρίνονται ως αποτελεσματικές τόσο για την πρώτη, όσο και τις επακόλουθες διφασικές απινιδώσεις και μπορεί να παραχθεί από οποιοδήποτε

διφασικό χειροκίνητο απινιδωτή που διατίθεται σήμερα. Η "εξ' ορισμού" αυτή δόση προέκυψε από επιστημονική παραδοχή και όχι ως μια εξακριβωμένη προτεινόμενη ιδανική δόση. Όταν οι διφασικές συσκευές φέρουν σαφή χαρακτηρισμό και οι χειριστές τους είναι εξοικειωμένοι με την χρήση τους στην κλινική πράξη, δεν θα υπάρχει πλέον η ανάγκη για την "εξ' ορισμού" δόση των 200J. Η συνεχιζόμενη έρευνα θεωρείται αναγκαία προκειμένου να καθοριστούν στεγανά οι πιο κατάλληλες αρχικές ρυθμίσεις τόσο για τους μονοφασικούς όσο και για τους διφασικούς απινιδωτές.

Δεύτερο και επακόλουθα shock

Στους μονοφασικούς απινιδωτές, όταν η αρχική απινίδωση στα 360J είναι αναποτελεσματική, η δεύτερη και οι επακόλουθες απινιδώσεις που θα χορηγηθούν θα πρέπει να είναι στα 360J. Στους διφασικούς απινιδωτές δεν υπάρχουν ενδείξεις που να υποστηρίζουν είτε ένα σταθερό ή ένα κλιμακούμενο προς τα πάνω ενεργειακό πρωτόκολλο. Και οι δυο στρατηγικές θεωρούνται αποδεκτές. Στις περιπτώσεις όπου η πρώτη απινίδωση δεν είναι αποτελεσματική και οι απινιδωτές έχουν την ικανότητα να χορηγήσουν απινίδωση υψηλότερου ενεργειακού επιπέδου, είναι λογικό να αυξηθεί το ενεργειακό επίπεδο στις επακόλουθες απινιδώσεις. Εάν ο χειριστής δεν γνωρίζει το εύρος της αποτελεσματικής δόσης της διφασικής συσκευής και έχει χρησιμοποιήσει την "εξ' ορισμού" δόση των 200J για την πρώτη απινίδωση, είναι σκόπιμο να εφαρμόσει είτε ισοδύναμη, είτε υψηλότερη δόση για τη δεύτερη ή τις επακόλουθες απινιδώσεις, ανάλογα με τις δυνατότητες της συσκευής.

Εάν ένας ρυθμός που μπορεί να αναταχθεί με τη χορήγηση απινίδωσης (υποτροπιάζουσα κοιλιακή μαρμαρυγή) επανεμφανίζεται μετά από μια επιτυχή απινίδωση (με ή χωρίς αποκατάσταση της κυκλοφορίας μετά την ανακοπή), η επόμενη απινίδωση θα πρέπει να χορηγείται σε ενεργειακό επίπεδο ισοδύναμο με το προηγούμενο επιτυχές.

ΆΛΛΑ ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΙΝΙΔΩΣΗ

Απινίδωση παιδιών

Η καρδιακή ανακοπή είναι λιγότερο συχνή στα παιδιά. Η υποξία και το τραύμα συνιστούν τους συνηθέστερους αιτιολογικούς παράγοντες¹⁰⁶⁻¹⁰⁸, ενώ η καρδιακή ανακοπή εξαιτίας κοιλιακής μαρμαρυγής είναι σχετικά σπάνια (σε αντίθεση με τους ενήλικες) και αποτελεί το 7%-15% των καρδιακών ανακοπών σε παιδιά και εφήβους¹⁰⁸⁻¹¹². Το τραύμα, οι συγγενείς καρδιοπάθειες, το μακρύ QT διάστημα, η υπερδοσολογία φαρμάκων και η υποθερμία συνιστούν τα συνηθέστερα αίτια VF σε παιδιά. Η εφαρμογή ταχείας απινίδωσης στους ασθενείς αυτούς, μπορεί να βελτιώσει την έκβαση^{112,113}.

Οι βέλτιστες επιλογές όσον αφορά το ενεργειακό επίπεδο, την κυματομορφή και την αλληλουχία των απινιδώσεων, δεν είναι αποσαφηνισμένες, αλλά το διφασικό ρεύμα φαίνεται ότι είναι το ίδιο αποτελεσματικό και λιγότερο επιβλαβές σε σύγκριση με το μονοφασικό, όπως και στους ενήλικες¹¹⁴⁻¹¹⁶. Το ανώτερο επίπεδο ασφαλούς απινίδωσης είναι άγνωστο, αλλά δόσεις υψηλότερες (μέχρι και 9J/kg) από τις μέγιστη προτεινόμενη των 4J/kg, έχουν χρησιμοποιηθεί για την ασφαλή απινίδωση των παιδιών, χωρίς σημαντικές ανεπιθύμητες δράσεις^{20,117,118}. Το προτεινόμενο ενεργειακό επίπεδο για την χειροκίνητη μονοφασική απινίδωση είναι τα 4J/kg τόσο για το αρχικό όσο και τις επακόλουθες απινιδώσεις. Το ίδιο ισχύει και την χειροκίνητη διφασική απινίδωση¹¹⁹. Όπως και στους ενήλικες, εάν προκληθεί ένας ρυθμός που ανταποκρίνεται στη χορήγηση απινίδωσης, χρησιμοποιείστε το ενεργειακό επίπεδο απινίδωσης, το οποίο ήταν επιτυχές.

"Τυφλή" απινίδωση

Η εφαρμογή απινίδωσης χωρίς είτε την παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού από monitor, είτε ηλεκτροκαρδιογραφική διάγνωση αναφέρεται ως "τυφλή" απινίδωση. Η τυφλή απινίδωση είναι σκόπιμο να αποφεύγεται. Κουτάλες που να παρέχουν τη δυνατότητα ταχείας εκτίμησης του καρδιακού

ρυθμού, παρέχονται πλέον από τους περισσότερους χειροκίνητους απινιδωτές. Σχετικά με την αναγνώριση της κοιλιακής μαρμαρυγής, οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές χρησιμοποιούν αλγορίθμους αποφάσεων, αποδεδειγμένης αξιοπιστίας.

Ψευδής ασυστολία και κρυφή κοιλιακή μαρμαρυγή

Η αδρή κοιλιακή μαρμαρυγή που εμφανίζεται σπάνια με την εικόνα πολύ μικρών κυματομορφών, που είναι ορατές σε ορισμένες απαγωγές του ΗΚΓ και κυρίως στις ορθογώνιες, ονομάζεται κρυφή κοιλιακή μαρμαρυγή. Στις περιπτώσεις που εμφανίζεται μια επίπεδη γραμμή που μοιάζει με ασυστολία, ο καρδιακός ρυθμός θα πρέπει να ελέγχεται με δύο απαγωγές προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή διάγνωση. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι μια μελέτη, η οποία έδειξε ότι η "ψευδής" ασυστολία, δηλαδή μια ευθεία γραμμή που προκαλείται από τεχνικά σφάλματα [π.χ. απουσία δυναμικού, αποσύνδεση των ηλεκτροδίων, πολύ μικρό προκαθορισμένο gain, ακατάλληλη επιλογή των απαγωγών ή πόλωση της ηλεκτρολυτικής γέλης (βλέπε παραπάνω)], ήταν πολύ πιο συχνή σε σύγκριση με την κρυφή κοιλιακή μαρμαρυγή¹²⁰.

Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η προσπάθεια απινίδωσης μιας πραγματικής ασυστολίας έχει κάποιο συγκεκριμένο πλεονέκτημα. Μελέτες τόσο σε παιδιά¹²¹ όσο και σε ενήλικες¹²² απέτυχαν να δείξουν ότι η απινίδωση σε συνθήκες ασυστολίας εξασκεί κάποια ευεργετική δράση στους ασθενείς όπου εφαρμόστηκε. Από την άλλη πλευρά, είναι τεκμηριωμένο ότι οι επαναλαμβανόμενες απινιδώσεις προκαλούν μυοκαρδιακή βλάβη.

Προκάρδια πλήξη

Δεν υπάρχουν προοπτικές μελέτες οι οποίες να αξιολογούν την εφαρμογή της προκάρδιας πλήξης. Η λογική της εφαρμογής της προκάρδιας πλήξης είναι το γεγονός ότι η μηχανική ενέργεια από την πλήξη μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία ίσως να είναι ικανή να προκαλέσει καρδιακή ανάταξη¹²³. Ο ουδός ηλεκτρικής ενέργειας της επιτυχούς απινίδωσης αυξάνει ταχέως μετά την έναρξη

της αρρυθμίας, και το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που προκαλείται πέφτει κάτω από τον ουδό αυτό εντός δευτερολέπτων. Μια προκάρδια πλήξη είναι πιθανότερο να είναι επιτυχής ως προς τη μετατροπή της κοιλιακής ταχυκαρδίας σε φλεβοκομβικό ρυθμό. Επιτυχής αντιμετώπιση της κοιλιακής μαρμαρυγής με προκάρδια πλήξη είναι πολύ λιγότερο πιθανή; Σε όλες τις αναφερόμενες επιτυχείς περιπτώσεις η προκάρδια πλήξη εφαρμόστηκε εντός 10 δευτερολέπτων από την έναρξη της κοιλιακής μαρμαρυγής¹²³. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν τρεις σειρές περιστατικών¹²⁴⁻¹²⁶ που αναφέρουν ότι η κοιλιακή μαρμαρυγή ή η άσφυγη κοιλιακή ταχυκαρδία μετατράπηκε σε ρυθμό που εξασφάλισε συστηματική κυκλοφορία με προκάρδια πλήξη, υπάρχουν περιστασιακές αναφορές μιας πλήξης που προκάλεσε επιβάρυνση του καρδιακού ρυθμού, όπως αύξηση της συχνότητας της κοιλιακής μαρμαρυγής, μετατροπή της κοιλιακής ταχυκαρδίας σε μαρμαρυγή, πλήρης κολποκοιλιακός αποκλεισμός ή ασυστολία^{125,127-132}.

Σκεφτείτε να εφαρμόσετε μια και μόνο προκάρδια πλήξη, όταν η καρδιακή ανακοπή επιβεβαιώνεται άμεσα μετά την αφνίδια κατάρριψη παρουσία μαρτύρων και δεν υπάρχει άμεσα διαθέσιμος απινιδωτής. Αυτές οι συνθήκες είναι πιθανότερο να προκύψουν όταν ο ασθενής ελέγχεται με συσκευή παρακολούθησης του καρδιακού ρυθμού. Η προκάρδια πλήξη θα πρέπει να εφαρμόζεται άμεσα μετά την επιβεβαίωση της καρδιακής ανακοπής και μόνο από επαγγελματίες ιατρικών υπηρεσιών που είναι εκπαιδευμένοι στην τεχνική. Χρησιμοποιώντας το ωλένιο χέιλος μιας σφικτής γροθιάς χορηγείται ένα οξύ κτύπημα στο κατώτερο ήμισυ του στέρνου από ύψος περίπου 20 εκατοστών, ακολουθούμενη από άμεση απόσυρση της γροθιάς η οποία δημιουργεί ένα ερέθισμα τύπου ώσης.

Καρδιακή ανάταξη

Όταν η ηλεκτρική καρδιακή ανάταξη χρησιμοποιείται για την μετατροπή των κολπικών και κοιλιακών ταχυαρρυθμιών, η απινίδωση θα πρέπει να είναι συγχρονισμένη με την εμφάνιση του επάρματος R του ΗΚΓ παρά με το έπαρμα T. Υπάρχει πιθανότητα να προκληθεί κοιλιακή μαρμαρυγή εάν η

απινίδωση χορηγηθεί κατά την σχετικά ανερέθιστη περίοδο του καρδιακού κύκλου¹³³. Ο συγχρονισμός μπορεί να είναι δύσκολος σε περίπτωση κοιλιακής ταχυκαρδίας εξαιτίας των ευρέων συμπλεγμάτων και των ποικίλων κυματομορφών της συγκεκριμένης αρρυθμίας. Εάν η χορήγηση συγχρονισμένου ρεύματος αποτύχει, χορηγείται μη-συγχρονισμένη απινίδωση στον αιμοδυναμικά ασταθή ασθενή με κοιλιακή ταχυκαρδία, προκειμένου να αποφευχθεί η παρατεταμένη καθυστέρηση για την αποκατάσταση του φλεβοκομβικού ρυθμού. Η κοιλιακή μαρμαρυγή ή η άσφυγη κοιλιακή ταχυκαρδία απαιτούν τη χορήγηση μη συγχρονισμένου ρεύματος. Σε ασθενείς που βρίσκονται σε εγρήγορση θα πρέπει να χορηγηθεί καταστολή ή αναισθησία πριν την προσπάθεια συγχρονισμένης απινίδωσης.

Κολπική μαρμαρυγή

Οι διφασικές κυματομορφές συγκρινόμενες με τις μονοφασικές, θεωρούνται περισσότερο αποτελεσματικές για την ανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής^{100,134,135}. Χρησιμοποιήστε κατά προτίμηση ένα διφασικό αντί μονοφασικό απινιδωτή, εφόσον βέβαια αυτός είναι διαθέσιμος.

Μονοφασικές κυματομορφές

Μια μελέτη σχετικά με την ηλεκτρική ανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής, έδειξε ότι η απινίδωση στα 360J MDS ήταν πιο αποτελεσματική από την απινίδωση με 100J ή 200J. Αν και η πρώτη απινίδωση στα 360J μειώνει τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις για την καρδιακή ανάταξη, θα πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη ότι τα 360J είναι πιθανόν να προκαλέσουν μεγαλύτερη μυοκαρδιακή βλάβη σε σύγκριση με αυτή που προκαλείται με μικρότερα ενεργειακά επίπεδα μονοφασικού ρεύματος. Ισοδύναμη ανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής επιτυγχάνεται με την χρήση ως αρχικού ενεργειακού επιπέδου τα 200J και πιθανή επακόλουθη κλιμακούμενη προς τα πάνω αύξηση ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Διφασικές κυματομορφές

Απαιτούνται περισσότερα δεδομένα πριν να γί-

νουν συγκεκριμένες συστάσεις όσον αφορά τα βέλτιστα διφασικά ενεργειακά επίπεδα. Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης διφασικής κυματομορφής στα 70J έχει φανεί ότι είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα 100 J μονοφασικής κυματομορφής^{100,134,135}. Σε μια τυχαίοποιημένη μελέτη που συνέκρινε τα σταδιακά αυξανόμενα ενεργειακά επίπεδα μονοφασικού ρεύματος μέχρι τα 360J με τα ενεργειακά επίπεδα διφασικού ρεύματος μέχρι τα 200J δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική διαφορά ως προς αποτελεσματικότητα μεταξύ των δυο κυματομορφών¹³⁷. Η εφαρμογή μιας αρχικής απινίδωσης στα 120-150J με επακόλουθη σταδιακή αύξηση συνιστά μια λογική στρατηγική, βασιζόμενη στα σύγχρονα δεδομένα.

Κολπικός πτερυγισμός και παροξυσμική υπερκοιλιακή ταχυκαρδία

Ο κολπικός πτερυγισμός και η παροξυσμική υπερκοιλιακή ταχυκαρδία γενικά απαιτούν μικρότερα ενεργειακά επίπεδα σε σύγκριση με την κολπική μαρμαρυγή για την ανάταξή τους¹³⁸. Χορηγήστε αρχικά απινίδωση στα 100J μονοφασικού ή 70-100J διφασικού ρεύματος. Εφόσον απαιτηθούν επακόλουθες απινιδώσεις αυξήστε σταδιακά τα ενεργειακά επίπεδα⁹⁹.

Κοιλιακή ταχυκαρδία

Η ενέργεια που απαιτείται για την ανάταξη της κοιλιακής ταχυκαρδίας εξαρτάται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και την συχνότητα της αρρυθμίας¹³⁹. Η κοιλιακή ταχυκαρδία στην οποία διατηρείται ο σφυγμός ανταποκρίνεται ικανοποιητικά σε ανάταξη όπου χρησιμοποιείται αρχικό ενεργειακό επίπεδο μονοφασικού ρεύματος στα 200J. Χρησιμοποιήστε ενεργειακά επίπεδα διφασικού ρεύματος στα 120-150J για την αρχική απινίδωση. Αυξήστε σταδιακά το ενεργειακό επίπεδο εάν η πρώτη απινίδωση αποτύχει να επαναφέρει τον φλεβοκομβικό ρυθμό¹³⁹.

Βηματοδότηση

Σκεφτείτε τη βηματοδότηση σε ασθενείς με συ-

μπτωματική βραδυκαρδία που είναι ανθεκτική στα αντιχολινεργικά φάρμακα ή άλλη δεύτερης γραμμής θεραπεία (βλέπε κεφάλαιο 4στ). Ειδικότερα, η άμεση βηματοδότηση ενδείκνυται όταν το επίπεδο του αποκλεισμού εντοπίζεται στο ύψος ή κάτω από το δεμάτιο His-Purkinje. Εάν η διαθωρακική βηματοδότηση δεν είναι αποτελεσματική, σκεφτείτε την διαφλέβια βηματοδότηση. Σε περίπτωση αουστολί-

ας, ελέγξτε προσεκτικά το ΗΚΓ για την παρουσία επαρμάτων P, επειδή η μορφή αυτή ανταποκρίνεται στην βηματοδότηση. Μην επιχειρήσετε να βηματοδοτήσετε άλλη μορφή αουστολίας, καθώς δεν αυξάνει την βραχύχρονη ή μακρόχρονη επιβίωση εντός και εκτός του νοσοκομείου¹⁴⁰⁻¹⁴⁸.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Heart Association in collaboration with International Liaison Committee on Resuscitation. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care, Part 6: Advanced Cardiovascular Life Support: Section 2: Defibrillation. *Circulation* 2000;102(Suppl.):I90-4.
- Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med* 1993;22:1652-8.
- Valenzuela TD, Roe DJ, Cretin S, Spaite DW, Larsen MP. Estimating effectiveness of cardiac arrest interventions: a logistic regression survival model. *Circulation* 1997;96:3308-13.
- Waalwijk RA, de Vos R, Tijssen JGP, Koster RW. Survival models for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation from the perspectives of the bystander, the first responder, and the paramedic. *Resuscitation* 2001;51:113-22.
- Myerburg RJ, Fenster J, Velez M, et al. Impact of community-wide police car deployment of automated external defibrillators on survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002;106:1058-64.
- Capucci A, Aschieri D, Piepoli MF, Bardy GH, Iconomu E, Arvedi M. Tripling survival from sudden cardiac arrest via early defibrillation without traditional education in cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2002;106:1065-70.
- van Alem AP, Vrenken RH, de Vos R, Tijssen JG, Koster RW. Use of automated external defibrillator by first responders in out of hospital cardiac arrest: prospective controlled trial. *BMJ* 2003;327:1312.
- Valenzuela TD, Bjerke HS, Clark LL, et al. Rapid defibrillation by nontraditional responders: the Casino Project. *Acad Emerg Med* 1998;5:414-5.
- Swor RA, Jackson RE, Cynar M, et al. Bystander CPR, ventricular fibrillation, and survival in witnessed, unmonitored out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1995;25:780-4.
- Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Effect of bystander cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Resuscitation* 2000;47:59-70.
- Monsieurs KG, Handley AJ, Bossaert LL. European Resuscitation Council Guidelines 2000 for Automated External Defibrillation. A statement from the Basic Life Support and Automated External Defibrillation Working Group (1) and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 2001;48:207-9.
- Cummins RO, Eisenberg M, Bergner L, Murray JA. Sensitivity accuracy, and safety of an automatic external defibrillator. *Lancet* 1984;2:318-20.
- Davis EA, Mosesso Jr VN. Performance of police first responders in utilizing automated external defibrillation on victims of sudden cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care* 1998;2:101-7.
- White RD, Vukov LF, Bugliosi TF. Early defibrillation by police: initial experience with measurement of critical time intervals and patient outcome. *Ann Emerg Med* 1994;23:1009-13.
- White RD, Hankins DG, Bugliosi TF. Seven years' experience with early defibrillation by police and paramedics in an emergency medical services system. *Resuscitation* 1998;39:145-51.
- Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out of hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299-304.
- Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:305-10.
- Kerber RE, Becker LB, Bourland JD, et al. Automatic external defibrillators for public access defibrillation: recommendations for specifying and reporting arrhythmia analysis algorithm performance, incorporating new waveforms, and enhancing safety. A statement for health professionals from the American Heart Association Task Force on Automatic External Defibrillation, Subcommittee on AED Safety and Efficacy. *Circulation* 1997;95:1677-82.
- Dickey W, Dalzell GW, Anderson JM, Adgey AA. The accuracy of decision-making of a semi-automatic

- defibrillator during cardiac arrest. *Eur Heart J* 1992;13:608-15.
20. Atkinson E, Mikysa B, Conway JA, et al. Specificity and sensitivity of automated external defibrillator rhythm analysis in infants and children. *Ann Emerg Med* 2003;42:185-96.
 21. Cecchin F, Jorgenson DB, Berul CI, et al. Is arrhythmia detection by automatic external defibrillator accurate for children? Sensitivity and specificity of an automatic external defibrillator algorithm in 696 pediatric arrhythmias. *Circulation* 2001;103:2483-8.
 22. Zafari AM, Zarter SK, Heggen V, et al. A program encouraging early defibrillation results in improved in-hospital resuscitation efficacy. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:846-52.
 23. Destro A, Marzaloni M, Sermasi S, Rossi F. Automatic external defibrillators in the hospital as well? *Resuscitation* 1996;31:39-43.
 24. Domanovits H, Meron G, Sterz F, et al. Successful automatic external defibrillator operation by people trained only in basic life support in a simulated cardiac arrest situation. *Resuscitation* 1998;39:47-50.
 25. Cusnir H, Tongia R, Sheka KP, et al. In hospital cardiac arrest: a role for automatic defibrillation. *Resuscitation* 2004;63:183-8.
 26. Kaye W, Mancini ME, Richards N. Organizing and implementing a hospital-wide first-responder automated external defibrillation program: strengthening the in-hospital chain of survival. *Resuscitation* 1995;30:151-6.
 27. Miller PH. Potential fire hazard in defibrillation. *JAMA* 1972;221:192.
 28. Hummel IIIrd RS, Ornato JP, Weinberg SM, Clarke AM. Sparkgenerating properties of electrode gels used during defibrillation. A potential fire hazard. *JAMA* 1988;260:3021-4.
 29. Fires from defibrillation during oxygen administration. *Health Devices* 1994;23:307-9.
 30. Lefever J, Smith A. Risk of fire when using defibrillation in an oxygen enriched atmosphere. *Medical Devices Agency Safety Notices* 1995;3:1-3.
 31. Ward ME. Risk of fires when using defibrillators in an oxygen enriched atmosphere. *Resuscitation* 1996;31:173.
 32. Theodorou AA, Gutierrez JA, Berg RA. Fire attributable to a defibrillation attempt in a neonate. *Pediatrics* 2003;112:677-9.
 33. Kerber RE, Kouba C, Martins J, et al. Advance prediction of transthoracic impedance in human defibrillation and cardioversion: importance of impedance in determining the success of low-energy shocks. *Circulation* 1984;70:303-8.
 34. Kerber RE, Grayzel J, Hoyt R, Marcus M, Kennedy J. Transthoracic resistance in human defibrillation. Influence of body weight, chest size, serial shocks, paddle size and paddle contact pressure. *Circulation* 1981;63:676-82.
 35. Sado DM, Deakin CD, Petley GW, Clewlow F. Comparison of the effects of removal of chest hair with not doing so before external defibrillation on transthoracic impedance. *Am J Cardiol* 2004;93:98-100.
 36. Deakin CD, Sado DM, Petley GW, Clewlow F. Differential contribution of skin impedance and thoracic volume to transthoracic impedance during external defibrillation. *Resuscitation* 2004;60:171-4.
 37. Deakin C, Sado D, Petley G, Clewlow F. Determining the optimal paddle force for external defibrillation. *Am J Cardiol* 2002;90:812-3.
 38. Deakin C, Bennetts S, Petley G, Clewlow F. What is the optimal paddle force for paediatric defibrillation? *Resuscitation* 2002;55:59.
 39. Panacek EA, Munger MA, Rutherford WF, Gardner SF. Report of nitropatch explosions complicating defibrillation. *Am J Emerg Med* 1992;10:128-9.
 40. Wrenn K. The hazards of defibrillation through nitroglycerin patches. *Ann Emerg Med* 1990;19:1327-8.
 41. Pagan-Carlo LA, Spencer KT, Robertson CE, Dengler A, Birkett C, Kerber RE. Transthoracic defibrillation: importance of avoiding electrode placement directly on the female breast. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:449-52.
 42. Deakin CD, Sado DM, Petley GW, Clewlow F. Is the orientation of the apical defibrillation paddle of importance during manual external defibrillation? *Resuscitation* 2003;56:15-8.
 43. Kirchhof P, Borggreffe M, Breithardt G. Effect of electrode position on the outcome of cardioversion. *Card Electrophysiol Rev* 2003;7:292-6.
 44. Kirchhof P, Eckardt L, Loh P, et al. Anterior-posterior versus anterior-lateral electrode positions for external cardioversion of atrial fibrillation: a randomised trial. *Lancet* 2002;360:1275-9.
 45. Botto GL, Politi A, Bonini W, Broffoni T, Bonatti R. External cardioversion of atrial fibrillation: role of paddle position on technical efficacy and energy requirements. *Heart* 1999;82:726-30.
 46. Alp NJ, Rahman S, Bell JA, Shahi M. Randomised comparison of antero-lateral versus antero-posterior paddle positions for DC cardioversion of persistent atrial fibrillation. *Int J Cardiol* 2000;75:211-6.
 47. Mathew TP, Moore A, McIntyre M, et al. Randomised comparison of electrode positions for cardioversion of atrial fibrillation. *Heart* 1999;81:576-9.
 48. Walsh SJ, McCarty D, McClelland AJ, et al. Impedance compensated biphasic waveforms for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: a multi-centre comparison of antero-apical and antero-posterior pad positions. *Eur Heart J* 2005.
 49. Deakin CD, McLaren RM, Petley GW, Clewlow F, Dalrymple-Hay MJ. Effects of positive end-expiratory pressure on transthoracic impedance--implications for

- defibrillation. *Resuscitation* 1998;37:9-12.
50. American National Standard: Automatic External Defibrillators and Remote Controlled Defibrillators (DF39). Arlington, Virginia: Association for the Advancement of Medical Instrumentation; 1993.
 51. Deakin CD, McLaren RM, Petley GW, Clewlow F, Dalrymple Hay MJ. A comparison of transthoracic impedance using standard defibrillation paddles and self-adhesive defibrillation pads. *Resuscitation* 1998;39:43-6.
 52. Stults KR, Brown DD, Cooley F, Kerber RE. Self-adhesive monitor/defibrillation pads improve prehospital defibrillation success. *Ann Emerg Med* 1987;16:872-7.
 53. Kerber RE, Martins JB, Kelly KJ, et al. Self-adhesive preapplied electrode pads for defibrillation and cardioversion. *J Am Coll Cardiol* 1984;3:815-20.
 54. Kerber RE, Martins JB, Ferguson DW, et al. Experimental evaluation and initial clinical application of new self-adhesive defibrillation electrodes. *Int J Cardiol* 1985;8:57-66.
 55. Perkins GD, Roberts C, Gao F. Delays in defibrillation: influence of different monitoring techniques. *Br J Anaesth* 2002;89:405-8.
 56. Bradbury N, Hyde D, Nolan J. Reliability of ECG monitoring with a gel pad/paddle combination after defibrillation. *Resuscitation* 2000;44:203-6.
 57. Chamberlain D. Gel pads should not be used for monitoring ECG after defibrillation. *Resuscitation* 2000;43:159-60.
 58. Callaway CW, Sherman LD, Mosesso Jr VN, Dietrich TJ, Holt E, Clarkson MC. Scaling exponent predicts defibrillation success for out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 2001;103:1656-61.
 59. Eftestol T, Sunde K, Aase SO, Husoy JH, Steen PA. Predicting outcome of defibrillation by spectral characterization and nonparametric classification of ventricular fibrillation in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2000;102:1523-9.
 60. Eftestol T, Wik L, Sunde K, Steen PA. Effects of cardiopulmonary resuscitation on predictors of ventricular fibrillation defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2004;110:10-5.
 61. Weaver WD, Cobb LA, Dennis D, Ray R, Hallstrom AP, Copass MK. Amplitude of ventricular fibrillation waveform and outcome after cardiac arrest. *Ann Intern Med* 1985;102:53-5.
 62. Brown CG, Dzwonczyk R. Signal analysis of the human electrocardiogram during ventricular fibrillation: frequency and amplitude parameters as predictors of successful countershock. *Ann Emerg Med* 1996;27:184-8.
 63. Callahan M, Braun O, Valentine W, Clark DM, Zegans C. Prehospital cardiac arrest treated by urban first-responders: profile of patient response and prediction of outcome by ventricular fibrillation waveform. *Ann Emerg Med* 1993;22:1664-77.
 64. Strohmeier HU, Lindner KH, Brown CG. Analysis of the ventricular fibrillation ECG signal amplitude and frequency parameters as predictors of countershock success in humans. *Chest* 1997;111:584-9.
 65. Strohmeier HU, Eftestol T, Sunde K, et al. The predictive value of ventricular fibrillation electrocardiogram signal frequency and amplitude variables in patients with out of hospital cardiac arrest. *Anesth Analg* 2001;93:1428-33.
 66. Podbregar M, Kovacic M, Podbregar-Mars A, Brezocnik M. Predicting defibrillation success by 'genetic' programming in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;57:153-9.
 67. Menegazzi JJ, Callaway CW, Sherman LD, et al. Ventricular fibrillation scaling exponent can guide timing of defibrillation and other therapies. *Circulation* 2004;109:926-31.
 68. Povoas HP, Weil MH, Tang W, Bisera J, Klouche K, Barbatsis A. Predicting the success of defibrillation by electrocardiographic analysis. *Resuscitation* 2002;53:77-82.
 69. Noc M, Weil MH, Tang W, Sun S, Pernat A, Bisera J. Electrocardiographic prediction of the success of cardiac resuscitation. *Crit Care Med* 1999;27:708-14.
 70. Strohmeier HU, Lindner KH, Keller A, Lindner IM, Pfenninger EG. Spectral analysis of ventricular fibrillation and closed-chest cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1996;33:155-61.
 71. Noc M, Weil MH, Gazmuri RJ, Sun S, Biscera J, Tang W. Ventricular fibrillation voltage as a monitor of the effectiveness of cardiopulmonary resuscitation. *J Lab Clin Med* 1994;124:421-6.
 72. Lightfoot CB, Nremt P, Callaway CW, et al. Dynamic nature of electrocardiographic waveform predicts rescue shock outcome in porcine ventricular fibrillation. *Ann Emerg Med* 2003;42:230-41.
 73. Marn-Pernat A, Weil MH, Tang W, Pernat A, Bisera J. Optimizing timing of ventricular defibrillation. *Crit Care Med* 2001;29:2360-5.
 74. Hamprecht FA, Achleitner U, Krismer AC, et al. Fibrillation power, an alternative method of ECG spectral analysis for prediction of countershock success in a porcine model of ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2001;50:287-96.
 75. Amann A, Achleitner U, Antretter H, et al. Analysing ventricular fibrillation ECG-signals and predicting defibrillation success during cardiopulmonary resuscitation employing N(alpha)-histograms. *Resuscitation* 2001;50:77-85.
 76. Brown CG, Griffith RF, Van Ligten P, et al. Median frequency--a new parameter for predicting defibrillation success rate. *Ann Emerg Med* 1991;20:787-9.
 77. Amann A, Rheinberger K, Achleitner U, et al. The

- prediction of defibrillation outcome using a new combination of mean frequency and amplitude in porcine models of cardiac arrest. *Anesth Analg* 2002;95:716-22.
78. Cobb LA, Fahrenbruch CE, Walsh TR, et al. Influence of cardiopulmonary resuscitation prior to defibrillation in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *JAMA* 1999;281:1182-8.
79. Wik L, Hansen TB, Fylling F, et al. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *JAMA* 2003;289:1389-95.
80. Jacobs IG, Finn JC, Ozer HF, Jelinek GA. CPR before defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *Emerg Med Australas* 2005;17:39-45.
81. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Ewy GA. Precountershock cardiopulmonary resuscitation improves ventricular fibrillation median frequency and myocardial readiness for successful defibrillation from prolonged ventricular fibrillation: a randomized, controlled swine study. *Ann Emerg Med* 2002;40:563-70.
82. Berg RA, Hilwig RW, Ewy GA, Kern KB. Precountershock cardiopulmonary resuscitation improves initial response to defibrillation from prolonged ventricular fibrillation: a randomized, controlled swine study. *Crit Care Med* 2004;32:1352-7.
83. Kolarova J, Ayoub IM, Yi Z, Gazmuri RJ. Optimal timing for electrical defibrillation after prolonged untreated ventricular fibrillation. *Crit Care Med* 2003;31:2022-8.
84. Berg RA, Sanders AB, Kern KB, et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 2001;104:2465-70.
85. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002;105:645-9.
86. Yu T, Weil MH, Tang W, et al. Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation. *Circulation* 2002;106:368-72.
87. Eftestol T, Sunde K, Steen PA. Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002;105:2270-3.
88. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, et al. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation* 2005;112:1259-65.
89. van Alem AP, Sanou BT, Koster RW. Interruption of cardiopulmonary resuscitation with the use of the automated external defibrillator in out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 2003;42:449-57.
90. Bain AC, Swerdlow CD, Love CJ, et al. Multicenter study of principles-based waveforms for external defibrillation. *Ann Emerg Med* 2001;37:5-12.
91. Poole JE, White RD, Kanz KG, et al. Low-energy impedance-compensating biphasic waveforms terminate ventricular fibrillation at high rates in victims of out-of-hospital cardiac arrest. LIFE Investigators. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1997;8:1373-85.
92. Schneider T, Martens PR, Paschen H, et al. Multicenter, randomized, controlled trial of 150-J biphasic shocks compared with 200- to 360-J monophasic shocks in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest victims. Optimized Response to Cardiac Arrest (ORCA) Investigators. *Circulation* 2000;102:1780-7.
93. Rea TD, Shah S, Kudenchuk PJ, Copass MK, Cobb LA. Automated external defibrillators: to what extent does the algorithm delay CPR? *Ann Emerg Med* 2005;46:132-41.
94. Hess EP, White RD. Ventricular fibrillation is not provoked by chest compression during post-shock organized rhythms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2005;66:7-11.
95. Joglar JA, Kessler DJ, Welch PJ, et al. Effects of repeated electrical defibrillations on cardiac troponin I levels. *Am J Cardiol* 1999;83:270-2. A6.
96. van Alem AP, Chapman FW, Lank P, Hart AA, Koster RW. A prospective, randomized and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;58:17-24.
97. Carpenter J, Rea TD, Murray JA, Kudenchuk PJ, Eisenberg MS. Defibrillation waveform and post-shock rhythm in out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;59:189-96.
98. Morrison LJ, Dorian P, Long J, et al. Out-of-hospital cardiac arrest rectilinear biphasic to monophasic damped sine defibrillation waveforms with advanced life support intervention trial (ORBIT). *Resuscitation* 2005;66:149-57.
99. Kerber RE, Martins JB, Kienzle MG, et al. Energy, current, and success in defibrillation and cardioversion: clinical studies using an automated impedance-based method of energy adjustment. *Circulation* 1988;77:1038-46.
100. Koster RW, Dorian P, Chapman FW, Schmitt PW, O'Grady SG, Walker RG. A randomized trial comparing monophasic and biphasic waveform shocks for external cardioversion of atrial fibrillation. *Am Heart J* 2004;147:e20.
101. Martens PR, Russell JK, Wolcke B, et al. Optimal Response to Cardiac Arrest study: defibrillation waveform effects. *Resuscitation* 2001;49:233-43.
102. Weaver WD, Cobb LA, Copass MK, Hallstrom AP. Ventricular defibrillation: a comparative trial using 175-J and 320-J shocks. *N Engl J Med* 1982;307:1101-6.
103. Tang W, Weil MH, Sun S, et al. The effects of biphasic

- and conventional monophasic defibrillation on postresuscitation myocardial function. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:815-22.
104. Gliner BE, Jorgenson DB, Poole JE, et al. Treatment of out of hospital cardiac arrest with a low-energy impedance compensating biphasic waveform automatic external defibrillator. The LIFE Investigators. *Biomed Instrum Technol* 1998;32:631-44.
105. White RD, Blackwell TH, Russell JK, Snyder DE, Jorgenson DB. Transthoracic impedance does not affect defibrillation, resuscitation or survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest treated with a non-escalating biphasic waveform defibrillator. *Resuscitation* 2005;64:63-9.
106. Kuisma M, Suominen P, Korpela R. Paediatric out-of-hospital cardiac arrests: epidemiology and outcome. *Resuscitation* 1995;30:141-50.
107. Sirbaugh PE, Pepe PE, Shook JE, et al. A prospective, population-based study of the demographics, epidemiology, management, and outcome of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest. *Ann Emerg Med* 1999;33:174-84.
108. Hickey RW, Cohen DM, Strausbaugh S, Dietrich AM. Pediatric patients requiring CPR in the prehospital setting. *Ann Emerg Med* 1995;25:495-501.
109. Appleton GO, Cummins RO, Larson MP, Graves JR. CPR and the single rescuer: at what age should you "call first" rather than "call fast"? *Ann Emerg Med* 1995;25:492-4.
110. Ronco R, King W, Donley DK, Tilden SJ. Outcome and cost at a children's hospital following resuscitation for out-of hospital cardiopulmonary arrest. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995;149:210-4.
111. Losek JD, Hennes H, Glaeser P, Hendley G, Nelson DB. Prehospital care of the pulseless, nonbreathing pediatric patient. *Am J Emerg Med* 1987;5:370-4.
112. Mogayzel C, Quan L, Graves JR, Tiedeman D, Fahrenbruch C, Herndon P. Out-of-hospital ventricular fibrillation in children and adolescents: causes and outcomes. *Ann Emerg Med* 1995;25:484-91.
113. Safranek DJ, Eisenberg MS, Larsen MP. The epidemiology of cardiac arrest in young adults. *Ann Emerg Med* 1992;21:1102-6.
114. Berg RA, Chapman FW, Berg MD, et al. Attenuated adult biphasic shocks compared with weight-based monophasic shocks in a swine model of prolonged pediatric ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2004;61:189-97.
115. Tang W, Weil MH, Jorgenson D, et al. Fixed-energy biphasic waveform defibrillation in a pediatric model of cardiac arrest and resuscitation. *Crit Care Med* 2002;30:2736-41.
116. Clark CB, Zhang Y, Davies LR, Karlsson G, Kerber RE. Pediatric transthoracic defibrillation: biphasic versus monophasic waveforms in an experimental model. *Resuscitation* 2001;51:159-63.
117. Gurnett CA, Atkins DL. Successful use of a biphasic waveform automated external defibrillator in a high-risk child. *Am J Cardiol* 2000;86:1051-3.
118. Atkins DL, Jorgenson DB. Attenuated pediatric electrode pads for automated external defibrillator use in children. *Resuscitation* 2005;66:31-7.
119. Gutgesell HP, Tacker WA, Geddes LA, Davis S, Lie JT, McNamara DG. Energy dose for ventricular defibrillation of children. *Pediatrics* 1976;58:898-901.
120. Cummins RO, Austin Jr D. The frequency of 'occult' ventricular fibrillation masquerading as a flat line in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1988;17:813-7.
121. Losek JD, Hennes H, Glaeser PW, Smith DS, Hendley G. Prehospital countershock treatment of pediatric asystole. *Am J Emerg Med* 1989;7:571-5.
122. Martin DR, Gavin T, Bianco J, et al. Initial countershock in the treatment of asystole. *Resuscitation* 1993;26:63-8.
123. Kohl P, King AM, Boulin C. Antiarrhythmic effects of acute mechanical stimulation. In: Kohl P, Sachs F, Franz MR, editors. *Cardiac mechano-electric feedback and arrhythmias: from pipette to patient*. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005. p. 304-14.
124. Befeler B. Mechanical stimulation of the heart; its therapeutic value in tachyarrhythmias. *Chest* 1978;73:832-8.
125. Volkman HKA, Klühner H, Paliege R, Dannberg G, Siegert K. Terminierung von Kammertachykardien durch mechanische Herzstimulation mit Präkordialschlägen. ("Termination of Ventricular Tachycardias by Mechanical Cardiac Pacing by Means of Precordial Thumps"). *Zeitschrift für Kardiologie* 1990;79:717-24.
126. Caldwell G, Millar G, Quinn E. Simple mechanical methods for cardioversion: Defence of the precordial thump and cough version. *Br Med J* 1985;291:627-30.
127. Morgera T, Baldi N, Chersevani D, Medugno G, Camerini F. Chest thump and ventricular tachycardia. *Pacing Clin Electrophysiol* 1979;2:69-75.
128. Rahn E, Zeh E. Die Regularisierung von Kammertachykardien durch präkordialen Faustschlag. ("The Regularization of Ventricular Tachycardias by Precordial Thumping"). *Medizinische Welt* 1978;29:1659-63.
129. Gertsch M, Hottinger S, Hess T. Serial chest thumps for the treatment of ventricular tachycardia in patients with coronary artery disease. *Clin Cardiol* 1992;15:181-8.
130. Krijne R. Rate acceleration of ventricular tachycardia after a precordial chest thump. *Am J Cardiol* 1984;53:964-5.
131. Sclarovsky S, Kracoff OH, Agmon J. Acceleration of

- ventricular tachycardia induced by a chest thump. *Chest* 1981;80:596-9.
132. Yakaitis RW, Redding JS. Precordial thumping during cardiac resuscitation. *Crit Care Med* 1973;1:22-6.
133. Lown B. Electrical reversion of cardiac arrhythmias. *Br Heart J* 1967;29:469-89.
134. Mittal S, Ayati S, Stein KM, et al. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. *Circulation* 2000;101:1282-7.
135. Page RL, Kerber RE, Russell JK, et al. Biphasic versus monophasic shock waveform for conversion of atrial fibrillation: the results of an international randomized, doubleblind multicenter trial. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1956-63.
136. Joglar JA, Hamdan MH, Ramaswamy K, et al. Initial energy for elective external cardioversion of persistent atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 2000;86:348-50.
137. Alatawi F, Gurevitz O, White R. Prospective, randomized comparison of two biphasic waveforms for the efficacy and safety of transthoracic biphasic cardioversion of atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2005;2:382-7.
138. Pinski SL, Sgarbossa EB, Ching E, Trohman RG. A comparison of 50-J versus 100-J shocks for direct-current cardioversion of atrial flutter. *Am Heart J* 1999;137:439-42.
139. Kerber RE, Kienzle MG, Olshansky B, et al. Ventricular tachycardia rate and morphology determine energy and current requirements for transthoracic cardioversion. *Circulation* 1992;85:158-63.
140. Hedges JR, Syverud SA, Dalsey WC, Feero S, Easter R, Shultz B. Prehospital trial of emergency transcutaneous cardiac pacing. *Circulation* 1987;76:1337-43.
141. Barthell E, Troiano P, Olson D, Stueven HA, Hendley G. Prehospital external cardiac pacing: a prospective, controlled clinical trial. *Ann Emerg Med* 1988;17:1221-6.
142. Cummins RO, Graves JR, Larsen MP, et al. Out-of-hospital transcutaneous pacing by emergency medical technicians in patients with asystolic cardiac arrest. *N Engl J Med* 1993;328:1377-82.
143. Ornato JP, Peberdy MA. The mystery of bradyasystole during cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1996;27:576-87.
144. Niemann JT, Adomian GE, Garner D, Rosborough JP. Endocardial and transcutaneous cardiac pacing, calcium chloride, and epinephrine in postcountershock asystole and bradycardias. *Crit Care Med* 1985;13:699-704.
145. Quan L, Graves JR, Kinder DR, Horan S, Cummins RO. Transcutaneous cardiac pacing in the treatment of out of hospital pediatric cardiac arrests. *Ann Emerg Med* 1992;21:905-9.
146. Dalsey WC, Syverud SA, Hedges JR. Emergency department use of transcutaneous pacing for cardiac arrests. *Crit Care Med* 1985;13:399-401.
147. Knowlton AA, Falk RH. External cardiac pacing during in-hospital cardiac arrest. *Am J Cardiol* 1986;57:1295-8.
148. Ornato JP, Carveth WL, Windle JR. Pacemaker insertion for prehospital bradyasystolic cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1984;13:101-3.