

## Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Αναζωογόνησης Κατευθυντήριες Οδηγίες για την Αναζωογόνηση 2010

### Κεφάλαιο 3. Ηλεκτρικές θεραπείες: Αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές, απινίδωση, καρδιοανάταξη και βηματοδότηση

Charles D. Deakin, Jerry P. Nolan, Kjetil Sunde, Rudolph W. Koster

#### Συνοπτική αναφορά των αλλαγών σε σχέση με τις κατευθυντήριες οδηγίες του 2005

Οι πιο σημαντικές μεταβολές των κατευθυντήριων οδηγιών του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Αναζωογόνησης (ERC) του 2010, σχετικά με τις ηλεκτρικές θεραπείες περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Η σημασία των πρώιμων, μη διακοπτόμενων θωρακικών συμπίεσεων επισημαίνεται σε όλη την έκταση των συγκεκριμένων κατευθυντήριων οδηγιών.
- Δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην ελαχιστοποίηση της διάρκειας των παύσεων πριν και μετά την απινίδωση. Συστήνεται η συνέχιση των συμπίεσεων κατά τη διάρκεια της φόρτισης του απινιδωτή.
- Επίσης δίνεται έμφαση στην άμεση επανάληψη των θωρακικών συμπίεσεων μετά την απινίδωση. Σε συνδυασμό με τη συνέχιση των συμπίεσεων κατά τη φόρτιση του απινιδωτή, ο χρόνος διακοπής των συμπίεσεων για τη διενέργεια της απινίδωσης δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 5 δευτερόλεπτα.
- Επισημαίνεται η προεξάρχουσα σημασία της ασφάλειας του διασώστη. Οι συγκεκριμένες κατευθυντήριες οδηγίες αναγνωρίζουν ότι ο κίνδυνος να υποστεί ο διασώστης κάποια βλάβη από τον απινιδωτή είναι ελάχιστος, ειδικά όταν ο διασώστης φορά γάντια. Επιπλέον, η προσοχή εστιάζεται στη διενέργεια ενός γρήγορου, αλλά ασφαλούς ελέγχου, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η παύση πριν από την απινίδωση.
- Κατά την αντιμετώπιση καρδιακής ανακοπής εκτός νοσοκομείου, το προσωπικό του συστήματος επείγουσας προνοσοκομειακής φροντίδας, (Emergency Medical Services – EMS), θα πρέπει να παρέχει καρδιοπνευμονι-

κή αναζωογόνηση (ΚΑΡΠΑ) υψηλής ποιότητας, στις περιπτώσεις όπου υπάρχει άμεσα διαθέσιμος απινιδωτής θα πρέπει να ενεργοποιείται ενώ δεν συστήνεται πλέον η εφαρμογή ΚΑΡΠΑ για μια προκαθορισμένη περίοδο (π.χ. 2-3 λεπτά) πριν την ανάλυση του καρδιακού ρυθμού και την χορήγηση απινίδωσης. Σε μερικά συστήματα EMS, στα εφαρμοζόμενα πρωτόκολλα αντιμετώπισης, εφαρμόζεται η εφαρμογή θωρακικών συμπίεσεων για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο πριν την απινίδωση. Ίσως είναι σκόπιμο τα συγκεκριμένα συστήματα, να διατηρήσουν την προαναφερθείσα πρακτική καθώς δεν υπάρχουν ισχυρά δεδομένα που να ενισχύουν ή να καταρρίπτουν την συγκεκριμένη στρατηγική.

- Η εφαρμογή αλληλουχίας τριών απινιδώσεων θα πρέπει να διενεργείται σε περιπτώσεις κοιλιακής μαρμαρυγής /άσφυγμης κοιλιακής ταχυκαρδίας (Ventricular Fibrillation/ Ventricular Tachycardia - VF/VT) που συμβαίνει κατά τη διάρκεια καρδιακού καθετηριασμού, ή στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο μετά από καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις. Επίσης, η αλληλουχία των τριών απινιδώσεων μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις καρδιακής ανακοπής με αρχικό ρυθμό VF/VT, όταν ο ασθενής είναι ήδη συνδεδεμένος σε χειροκίνητο απινιδωτή.
- Ειδικά επιθέματα κρέμας η γέλης μπορεί να διαχυθούν μεταξύ των ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων δημιουργώντας την πιθανότητα ενός σπινθήρος και γι αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται.

#### Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι κατευθυντήριες

οδηγίες που αφορούν την απινίδωση, τόσο με τη χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών (Automated External Defibrillators - AEDs), όσο και των χειροκίνητων απινιδωτών. Υπάρχουν μόνο λίγες διαφορές σε σχέση με τις κατευθυντήριες οδηγίες 2005 του ERC. Οι επαγγελματίες υγείας και οι παρευρισκόμενοι πολίτες, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους AEDs ως αναπόσπαστο στοιχείο της βασικής καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης. Η χειροκίνητη απινίδωση αποτελεί μέρος της εξειδικευμένης καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης (Advanced Life Support - ALS). Στις δυνατότητες 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 με τον τρόπο αυτό, να αποκαταστήσει την φυσιολογική ηλεκτρική δραστηριότητα. Ως απινίδωση ορίζεται ο τερματισμός του ινιδισμού του μυοκαρδίου και πιο συγκεκριμένα η διακοπή της VF/VT εντός 5 δευτερολέπτων μετά την εξωτερική χορήγηση ρεύματος, ο απώτερος στόχος της απινίδωσης είναι η αποκατάσταση ενός οργανωμένου καρδιακού ρυθμού και της αυτόματης κυκλοφορίας.

Η τεχνολογία των απινιδωτών εξελίσσεται ραγδαία. Ήδη υπάρχουν σήμερα AEDs, οι οποίοι συνεργάζονται με το 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 από τον απινιδωτή, ενώ γίνεται ΚΑΡΠΑ, βρίσκεται σε εξέλιξη και αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα γιατί θα δίνει την δυνατότητα στους διασώστες να αξιολογούν τον ρυθμό χωρίς να διακόπτουν τις θωρακικές συμπίεσεις. Στο μέλλον μπορεί η ανάλυση των κυματομορφών παρέχει στον απινιδωτή τη δυνατότητα υπολογισμού του βέλτιστου χρόνου χορήγησης της απινίδωσης.

### Ένας ζωτικός κρίκος στην αλυσίδα της επιβίωσης

Η απινίδωση συνιστά κρίκο ζωτικής σημασίας στην Αλυσίδα της Επιβίωσης και είναι μια από τις λίγες παρεμβάσεις που φαίνεται ότι συμβάλλουν στη βελτίωση της έκβασης της καρδιακής ανακοπής από VF/VT. Οι προηγούμενες κατευθυντήριες οδηγίες, που εκδόθηκαν το 2005, προσδιόρισαν με ακρίβεια την σημασία της πρώιμης απινίδωσης με την ελάχιστη δυνατή χρονική καθυστέρηση.<sup>1,2</sup>

Η πιθανότητα επιτυχούς απινίδωσης, η επακόλουθη επιβίωση και η έξοδος από το νοσοκομείο, μειώνεται ραγδαία με την παρέλευση του χρόνου<sup>3,4</sup> και η δυνατότητα χορήγησης έγκαιρης απινίδωσης είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν την επιβίωση μετά από καρδιακή ανακοπή. Για κάθε λεπτό καθυστέρησης στην χορήγηση απινίδωσης σε VF, σε περιπτώσεις απουσίας ΚΑΡΠΑ από παρευρισκόμενο, η επιβίωση μειώνεται κατά

10%-12%.<sup>4,5</sup> Τα συστήματα EMS σε γενικές γραμμές, δεν παρέχουν τη δυνατότητα εφαρμογής απινίδωσης από διασώστες μέσα στα πρώτα λεπτά από την κλήση και γι αυτό, η εναλλακτική εφαρμογή έγκαιρης απινίδωσης με τη χρήση AEDs από εκπαιδευμένους πολίτες κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος. Τα συστήματα EMS, που χρησιμοποιούν εκπαιδευμένους πολίτες, κατάφεραν να μειώσουν σημαντικά τον χρόνο εφαρμογής της απινίδωσης μετά από καρδιακή ανακοπή, με αποτέλεσμα τη σημαντική βελτίωση του ποσοστού επιβίωσης κατά την έξοδο από το νοσοκομείο,<sup>6-9</sup> φθάνοντας το 75% όταν η απινίδωση εφαρμόστηκε μέσα στα πρώτα 3 λεπτά από την κατάρρευση.<sup>10</sup> Η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει επεκταθεί και στις καρδιακές ανακοπές εντός του νοσοκομείου όπου το προσωπικό (εκτός των γιατρών), έχει εκπαιδευτεί να εφαρμόσει απινίδωση με την χρήση των AEDs πριν την άφιξη της ομάδας αναζωογόνησης.<sup>11</sup>

Η εφαρμογή ΚΑΡΠΑ από παρευρισκόμενους συμβάλλει στην πιο σταδιακή μείωση της επιβίωσης, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 3%-4% για κάθε λεπτό καθυστέρησης από την κατάρρευση μέχρι την απινίδωση.<sup>3,4,12</sup> Η εφαρμογή ΚΑΡΠΑ από παρευρισκόμενους μπορεί να διπλασιάσει<sup>3,4,12</sup> ή και να τριπλασιάσει<sup>14</sup> την επιβίωση σε καρδιακή ανακοπή εκτός νοσοκομείου. Η παροχή οδηγιών αναζωογόνησης από το συντονιστικό κέντρο των ασθενοφόρων, πριν την άφιξη εξειδικευμένης βοήθειας στον τόπο του συμβάντος, αυξάνει τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά την ΚΑΡΠΑ, που εφαρμόζεται από τους παρευρισκόμενους<sup>15,16</sup>, ενώ η χρήση βίντεο-οδηγιών μέσω τηλεφώνου, μπορούν να βελτιώσουν επιπλέον την παρεχόμενη ΚΑΡΠΑ.<sup>17,18</sup>

Όλοι οι επαγγελματίες υγείας με την υποχρέωση παροχής ΚΑΡΠΑ θα πρέπει να εκπαιδεύονται, να εξοπλίζονται και να ενθαρρύνονται στην χορήγηση απινίδωσης και εφαρμογή ΚΑΡΠΑ. Η δυνατότητα πρώιμης απινίδωσης θα πρέπει να παρέχεται σε όλα τα νοσοκομεία, σε όλες τις ιατρικές παρεμβάσεις που πραγματοποιούνται σε εξωτερικούς ασθενείς, καθώς και σε δημόσιους χώρους όπου υπάρχει μεγάλη συνάθροιση ατόμων (βλέπε κεφάλαιο 2).<sup>19</sup> Όσοι είναι εκπαιδευμένοι στη χρήση του AED θα πρέπει επίσης να είναι εκπαιδευμένοι και στην εφαρμογή υψηλής ποιότητας ΚΑΡΠΑ μέχρι την άφιξη της ομάδας που θα παρέχει την εξειδικευμένη ΚΑΡΠΑ (ALS providers), με στόχο την βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της πρώιμης απινίδωσης.

### Αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές

Οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές είναι λειτουργικά έξυπνες (βασίζονται σε τεχνολογία μικροϋπολογιστών) και αξιόπιστες συσκευές, οι οποίες παρέχουν φωνητικές και οπτικές εντολές με σκοπό να κατευθύνουν τόσο τους πολίτες διασώστες, όσο και τους επαγγελματίες υγείας, στην ασφαλή χορήγηση απινίδωσης σε θύματα καρδιακής ανακοπής. Ορισμένοι AEDs συνδυάζουν την παροχή οδηγιών για τη διενέργεια της απινίδωσης, με οδηγίες για τη βελτι-

στοποίηση των εφαρμοζόμενων θωρακικών συμπίεσεων. Η χρήση των AEDs από πολίτες ή μη επαγγελματίες διασώστες αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 2.<sup>19</sup>

Σε αρκετές περιπτώσεις, ο AED που χρησιμοποιείται για τη διενέργεια της αρχικής απινιδώσης, κατά την άφιξη του EMS προσωπικού αντικαθίσταται από χειροκίνητο απινιδωτή. Εάν η αντικατάσταση αυτή γίνει χωρίς να ληφθεί υπόψη σε ποιά φάση βρίσκεται η αλληλουχία του AED, ενδέχεται να καθυστερήσει η χορήγηση της επόμενης απινιδώσης, γεγονός που μπορεί να επιβαρύνει την έκβαση του ασθενή.<sup>20</sup> Για το λόγο αυτό, το EMS προσωπικό θα πρέπει να αφήνει συνδεδεμένο τον AED με τον ασθενή, κατά τη διαδικασία εξασφάλισης του αεραγωγού και της φλεβικής πρόσβασης. Ο AED θα πρέπει να παραμένει συνδεδεμένος προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάλυση του επόμενου καρδιακού ρυθμού και να χορηγηθεί απινιδώση, εφόσον αυτό ενδείκνυται, πριν την αντικατάσταση του AED από χειροκίνητο απινιδωτή.

Οι κατασκευαστές των σύγχρονων απινιδωτών διαθέτουν ηλεκτροδία που είναι ειδικά για συγκεκριμένο τύπο απινιδωτή, γεγονός που καθιστά αναγκαία την απομάκρυνση των μη συμβατών ηλεκτροδίων και την αντικατάστασή τους από ένα ζεύγος ηλεκτροδίων συμβατών με τον καινούριο απινιδωτή που πρόκειται να εφαρμοστεί. Οι κατασκευαστές δέχονται συστάσεις προκειμένου να συνεργαστούν προς την κατεύθυνση δημιουργίας κοινών συνδετικών, τα οποία θα καταστήσουν συμβατά όλα τα ηλεκτροδία απινιδώσης με όλους τους τύπους απινιδωτών. Αυτό θα λειτουργήσει προς όφελος του ασθενή και θα ελαχιστοποιήσει την μη αναγκαία καθυστέρηση.

### Ενδονοσοκομειακή χρήση των αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών

Κατά το χρόνο διεξαγωγής της συνδιάσκεψης ομοφωνίας του 2010 σχετικά με την ΚΑΡΠΑ, δεν υπάρχουν δημοσιευμένες τυχαιοποιημένες μελέτες που να συγκρίνουν την ενδονοσοκομειακή χρήση των AEDs ως προς τους χειροκίνητους απινιδωτές. Δυο μελέτες χαμηλότερης ερευνητικής ισχύος σε καρδιακές ανακοπές από απινιδώσιμους ρυθμούς σε ενήλικες, έδειξαν ότι η επιβίωση μέχρι την έξοδο από το νοσοκομείο ήταν υψηλότερη, όταν η απινιδώση εφαρμόστηκε μέσω του προγράμματος του αυτόματου AED, παρά με τον χειροκίνητο απινιδωτή και μόνο.<sup>21,22</sup> Μια αναδρομική μελέτη<sup>23</sup> έδειξε ότι δεν υπήρχε βελτίωση ως προς την επιβίωση κατά το χρόνο εξόδου από το νοσοκομείο μεταξύ των ασθενών που εκδήλωσαν ενδονοσοκομειακή καρδιακή ανακοπή και υποβλήθηκαν σε απινιδώση είτε με AED ή με χειροκίνητο απινιδωτή. Στην μελέτη αυτή, οι ασθενείς της ομάδας του AED με αρχική ασυστολία ή άσφυγμη ηλεκτρική δραστηριότητα (pulseless electrical activity, PEA) παρουσίασαν μικρότερη επιβίωση σε σύγκριση με τους ασθενείς της ομάδας του χειροκίνητου απινιδωτή, κατά την έξοδο από το νοσοκομείο (15% έναντι 23%,  $p=0.04$ ). Μια μελέτη σε προσομοιωτές έδειξε ότι η χρήση του AED αύξησε σημαντικά την πιθανότητα χορή-

γησης τριών απινιδώσεων, αλλά ο χρόνος χορήγησης τους ήταν αυξημένος σε σύγκριση με τον χειροκίνητο απινιδωτή.<sup>24</sup> Αντίθετα, σε εικονικές καρδιακές ανακοπές σε προσομοίωση σε ασθενείς φάνηκε ότι η χρήση monitoring, σε συνδυασμό με τον AED, μείωσε το χρόνο που μεσολαβεί μέχρι την απινιδώση, σε σύγκριση με τις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε χειροκίνητος απινιδωτής.<sup>25</sup>

Καθυστερήση κατά την εφαρμογή της απινιδώσης μπορεί να συμβεί σε ασθενείς με επίμονη καρδιακή ανακοπή σε νοσοκομειακά κρεβάτια που δεν παρέχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης με monitor, καθώς και σε εξωνοσοκομειακά τμήματα.<sup>26</sup> Σε αυτές τις περιοχές μπορεί να παρέλθουν αρκετά λεπτά πριν την άφιξη της ομάδας αναζωογόνησης που θα εφαρμόσει τον απινιδωτή και θα χορηγήσει το shock. Παρά τις περιορισμένες ενδείξεις, η ύπαρξη των AEDs κρίνεται ως απαραίτητη για όλα τα τμήματα του νοσοκομείου, ώστε να εφαρμοστεί η έγκαιρη απινιδώση (στόχος ο χρόνος < 3 λεπτά από την ανακοπή), ειδικά σε περιοχές όπου το προσωπικό δε διαθέτει την ικανότητα αναγνώρισης του τύπου του καρδιακού ρυθμού ή όταν σπάνια χρησιμοποιεί απινιδωτή. Ένα αποτελεσματικό σύστημα εκπαίδευσης και επανεκπαίδευσης θα πρέπει να εφαρμόζεται στα τμήματα του νοσοκομείου όπου υπάρχουν οι AEDs.<sup>11</sup> Επαρκής αριθμός του προσωπικού θα πρέπει να εκπαιδευτεί, με στόχο την επίτευξη της χορήγησης της πρώτης απινιδώσης 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 απινιδώση εντός του νοσοκομείου, όσο και η έκβαση της αναζωογόνησης.

### Απινιδώση με χειροκίνητο απινιδωτή έναντι ημιαυτόματου

Παρά το γεγονός ότι αρκετοί AEDs διαθέτουν τόσο χειροκίνητο, όσο και ημιαυτόματο τύπο λειτουργίας, λίγες μελέτες έχουν συγκρίνει τις δύο αυτές επιλογές. Ο ημιαυτόματος τύπος λειτουργίας φαίνεται ότι μειώνει το χρόνο μέχρι την πρώτη απινιδώση, όταν εφαρμόζεται τόσο σε ενδονοσοκομειακό<sup>27</sup> όσο και σε προνοσοκομειακό<sup>28</sup> περιβάλλον, ενώ σχετίζεται με υψηλότερα ποσοστά ανάταξης της VF και την χορήγηση λιγότερων ακατάλληλων απινιδώσεων.<sup>29</sup> Συνεπώς, οι ημιαυτόματοι τύποι λειτουργίας συντελούν στη διάθεση λιγότερου χρόνου για τη διενέργεια των θωρακικών συμπίεσεων<sup>29,30</sup>, κυρίως εξαιτίας του ότι η διάρκεια της παύσης πριν την απινιδώση είναι πιο παρατεταμένη στην αυτόματη ανάλυση του καρδιακού ρυθμού. Παρά τις διαφορές αυτές, καμία μελέτη δεν κατέδειξε κάποια συνολική διαφορά ως προς την επάνοδο της αυτόματης κυκλοφορίας (Return Of Spontaneous Circulation - ROSC), την επιβίωση ή το ποσοστό εξόδου από το νοσοκομείο.<sup>23,27,28</sup> Ο τύπος της απινιδώσης που θα συντελέσει στη βέλτιστη έκβαση, εξαρτάται από το σύστημα, τις ικανότητες, την εκπαίδευση και την ικανότητα αναγνώρισης των μεταβολών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ) από τους διασώστες. Μια συντομότερη διακοπή πριν την απινί-



δωση και μια αναλογικά μικρότερη απομάκρυνση των χειριών, κατά την συνολική προσπάθεια αναζωογόνησης, αυξάνει την άρδευση των ζωτικών οργάνων και την πιθανότητα ROSC.<sup>31-33</sup> Με τους χειροκίνητους απινιδωτές και ορισμένους AEDs, είναι δυνατή η διενέργεια θωρακικών συμπίεσεων κατά τη διάρκεια της φόρτισης, συντελώντας έτσι στην μείωση της διακοπής σε λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα. Εκπαιδευμένα άτομα μπορούν να εφαρμόζουν την χειροκίνητη απινίδωση, με την προϋπόθεση ότι η ομάδα έχει συχνή επανεκπαίδευση και διαθέτει επαρκή ικανότητα αναγνώρισης του ΗΚΓ.

### Αυτόματη ανάλυση του καρδιακού ρυθμού

Οι AEDs διαθέτουν μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι αναλύουν τις διάφορες συνιστώσες του ΗΚΓ, συμπεριλαμβανομένων του εύρους και της συχνότητας. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σύντομα θα παρέχει τη δυνατότητα λήψης πληροφοριών σχετικά με τη συχνότητα και το βάθος των θωρακικών συμπίεσεων κατά την ΚΑΡΠΑ, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την εφαρμογή της βασικής υποστήριξης της ζωής (Basic Life Support - BLS) από την συντριπτική πλειοψηφία των διασωστών.<sup>34,35</sup>

Οι αυτόματοι εξωτερικοί απινιδωτές έχουν ελεγχθεί εκτεταμένα σε καταγραφές καρδιακών ρυθμών και έχουν δοκιμαστεί σε πολλές κλινικές μελέτες σε ενήλικες<sup>36,37</sup> και παιδιά.<sup>38,39</sup> Είναι εξαιρετικά ακριβείς όσον αφορά την ανάλυση του καρδιακού ρυθμού. Παρά το γεγονός ότι οι AEDs δεν έχουν σχεδιαστεί για την χορήγηση συγχρονισμένης απινίδωσης, στο σύνολό τους συνιστούν την χορήγηση απινίδωσης σε περιπτώσεις κοιλιακής ταχυκαρδίας, εφόσον ο ρυθμός και η μορφολογία των R επαυμάτων εκπληρώνουν τις προκαθορισμένες ρυθμίσεις. Οι περισσότεροι AEDs χρειάζονται μια νεκρή περίοδο "hands-off" κατά το χρονικό διάστημα όπου η συσκευή πραγματοποιεί την ανάλυση του ρυθμού. Η "hands-off" περίοδος, συντελεί στη διακοπή των θωρακικών συμπίεσεων για κυμαινόμενα, αλλά σημαντικά χρονικά διαστήματα.<sup>40</sup> Ο παράγοντας αυτός έχει σημαντική αρνητική επίδραση στην έκβαση μετά από καρδιακή ανακοπή.<sup>41</sup> Οι κατασκευαστές των συσκευών αυτών θα πρέπει να καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια να αναπτύξουν ένα λογισμικό, το οποίο θα ελαχιστοποιεί το χρόνο διεξαγωγής της ανάλυσης, ώστε να εξασφαλίσουν έτσι την ελαχιστοποίηση των διακοπών που προκαλούνται κατά την εφαρμογή των εξωτερικών θωρακικών συμπίεσεων.

### Στρατηγικές πριν την εφαρμογή της απινίδωσης

#### Ελαχιστοποίηση της διακοπής πριν την απινίδωση

Η καθυστέρηση μεταξύ της διακοπής των θωρακικών συμπίεσεων και της χορήγησης του απινιδωτή, θα πρέπει να διατηρείται στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Καθυστέρηση ακόμη και για 5-10 δευτερόλεπτα μειώνει την πιθανότητα επιτυχίας της απινίδωσης.<sup>31,32,42</sup> Η διάρκεια της παύσης πριν την απινίδωση μπορεί εύκολα να μειωθεί σε χρόνο

κάτω από 5 δευτερόλεπτα, με την συνεχιζόμενη εφαρμογή συμπίεσεων ακόμα και κατά τον χρόνο φόρτισης του απινιδωτή από μια αποτελεσματική ομάδα που συντονίζεται από ένα αρχηγό, ο οποίος επικοινωνεί ευχερώς με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Ο έλεγχος ασφάλειας που επιβεβαιώνει ότι κανένας δεν είναι σε επαφή με τον ασθενή κατά τη χορήγηση της απινίδωσης, θα πρέπει να γίνεται γρήγορα αλλά αποτελεσματικά. Ο αμελητέος πρακτικά κίνδυνος ένας διασωστής να δεχθεί ρεύμα ατυχηματικά, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί ακόμη περισσότερο εάν όλοι οι διασωστές φορούν γάντια.<sup>43</sup> Η διακοπή μετά την απινίδωση ελαχιστοποιείται με την επανέναρξη των θωρακικών συμπίεσεων άμεσα με την χορήγηση της (βλέπε παρακάτω). Η συνολική διαδικασία της απινίδωσης θα πρέπει να επιτυγχάνεται χωρίς διακοπή των θωρακικών συμπίεσεων για διάστημα μεγαλύτερο των 5 δευτερολέπτων.

### Ασφαλής χορήγηση οξυγόνου κατά την απινίδωση

Σε ατμόσφαιρα εμπλουτισμένη σε οξυγόνο, η μη σωστή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων (paddles) του απινιδωτή μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία σπινθήρα και πρόκληση ανάφλεξης.<sup>44-49</sup> Υπάρχουν αρκετές αναφορές σχετικά με ανάφλεξη που προκλήθηκε με αυτόν τον μηχανισμό, οι οποίες προκάλεσαν σημαντικά εγκαύματα στους ασθενείς. Δεν υπάρχουν αναφορές περιστατικών φωτιάς που προκλήθηκε από ανάφλεξη, σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιήθηκαν για την απινίδωση αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια. Από δύο μελέτες σε προσομοιωτές προέκυψε ότι η συγκέντρωση του οξυγόνου στην ζώνη της απινίδωσης δεν αυξήθηκε όταν οι συσκευές αερισμού (ασκός με βαλβίδα, αυτοεκπνυσόμενος ασκός, σύγχρονος αναπνευστήρας Μονάδας Εντατικής Θεραπείας) παρέμειναν συνδεδεμένες με τον ενδοτραχειακό σωλήνα ή όταν παροχή οξυγόνου βρισκόταν τουλάχιστον 1 μέτρο πίσω από το στόμα του ασθενή.<sup>50,51</sup> Μια μελέτη περιέγραψε υψηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου και πιο παρατεταμένη περίοδο απομάκρυνσής του από τη ζώνη απινίδωσης, όταν η χορήγηση του οξυγόνου γίνεται σε χώρους περιορισμένους χωρίς επαρκή αερισμό.<sup>52</sup>

Ο κίνδυνος ανάφλεξης κατά την προσπάθεια απινίδωσης μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την λήψη των παρακάτω μέσων προφύλαξης:

- Αφαιρέστε την προσωπίδα ή τα ρινογυάλια παροχής O<sub>2</sub> και τοποθετήστε τα σε απόσταση τουλάχιστον 1 μέτρο από το στήθος του ασθενή
- Αφήστε τον ασκό αερισμού του ασθενή (ambu) συνδεδεμένο με τον ενδοτραχειακό σωλήνα ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα διαχείρισης του αεραγωγού. Εναλλακτικά, αποσυνδέστε τον ασκό αερισμού από τον ενδοτραχειακό σωλήνα ή υπεργλωττιδική συσκευή 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 αναπνευστικό κύκλωμα 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, το οποίο είτε παραμένει συνδεδεμένο με τον ενδοτραχειακό σωλήνα, είτε αποσυνδέεται και απομακρύνεται σε απόσταση τουλάχιστον 1 μέτρου. Εάν επιλέξετε να αποσυνδέσετε το αναπνευστικό κύκλωμα από τον ενδοτραχειακό σωλήνα, βεβαιωθείτε ότι βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 1 μέτρου από τον ασθενή ή ακόμη καλύτερα, κλείστε τον αναπνευστήρα, καθώς οι σύγχρονοι αναπνευστήρες χορηγούν μαζική ροή O<sub>2</sub> κατά την αποσύνδεσή τους. Κατά τη συνήθη χρήση, όταν το κύκλωμα του αναπνευστήρα παραμένει συνδεδεμένο με τον ενδοτραχειακό σωλήνα, το O<sub>2</sub> 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 λιγότερο πιθανό να προκαλέσουν την δημιουργία σπινθήρων σε σύγκριση με τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων.

Ορισμένα παλιά μοντέλα της συσκευής εξωτερικών θωρακικών συμπίεσεων LUCAS, λειτουργούν εκφορτίζοντας την περίσσεια αερίου πάνω στο στήθος του ασθενή, χρησιμοποιώντας υψηλές ροές οξυγόνου. Έχει τεκμηριωθεί η ύπαρξη υψηλών επιπέδων οξυγόνου στο περιβάλλον πάνω από το στήθος του ασθενή με την χρήση της συγκεκριμένης συσκευής, ειδικά σε περιορισμένους χώρους, όπως το πίσω μέρος ενός ασθενοφόρου, και γι αυτό απαιτείται προσοχή κατά την χορήγηση απινίδωσης σε ασθενείς στους οποίους εφαρμόζεται το μοντέλο που λειτουργεί με οξυγόνο.<sup>52</sup>

### **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).<sup>53,54</sup> Οι τεχνικές που περιγράφονται στη συνέχεια αποσκοπούν στην τοποθέτηση των εξωτερικών ηλεκτροδίων (ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων ή αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια) στη βέλ-

τιστη θέση, ελαχιστοποιώντας την διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση.

### *Ξύρισμα του στήθους του ασθενή*

Στους ασθενείς με ιδιαίτερα τριχωτό 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 δε 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 ανάταξη με μονοφασικούς απινιδωτές,<sup>55</sup> αν και η αποτελεσματικότητα των διφασικών κυματομορφών εξισορρόπησης των αντιστάσεων, ενδεχομένως να μην είναι τόσο ευάλωτη στην υψηλή διαθωρακική αντίσταση.<sup>56</sup>

### *Δύναμη εφαρμογής των ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων*

Εφόσον πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων, θα πρέπει να εφαρμόσθουν 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 όγκου.<sup>57</sup> Ο χειριστής του απινιδωτή θα πρέπει πάντα να πιέζει στεγανά τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων. Η μέγιστη δύναμη με την οποία πρέπει να εφαρμόζονται είναι 8kg στους ενήλικες και 5kg στα παιδιά ηλικίας 1-8 ετών (εφόσον χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων ενηλίκων).<sup>58</sup> Η δύναμη των 8kg μπορεί να επιτευχθεί συνήθως μόνο από το δυνατότερο μέλος της ομάδας και γιαυτό συστήνεται η εφαρμογή των ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων κατά την απινίδωση να πραγματοποιείται από τα συγκεκριμένα άτομα. Σε αντίθεση με τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια, τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων έχουν μια «γυμνή» μεταλλική επιφάνεια η οποία καθιστά αναγκαία την ύπαρξη ενός υλικού μεταξύ του μετάλλου και του δέρματος του ασθενή που θα διευκολύνει την αγωγιμότητα του ρεύματος μέσω της βελτιστοποίησης της ηλεκτρικής επαφής. Η χρήση των «γυμνών» μεταλλικών ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων 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 τον απινιδωτή.

### Η θέση των ηλεκτροδίων

Δεν υπάρχουν κλινικές μελέτες που να αξιολογούν τη σημασία της θέσης των ηλεκτροδίων ως καθοριστικού παράγοντα για την ROSC ή την επιβίωση έπειτα από καρδιακή ανακοπή λόγω VF/VT. 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 VF/VT 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 φέρουν πλέον εμφυτεύσιμες συσκευές [π.χ. μόνιμος βηματοδότης, εμφυτεύσιμος απινιδωτής (Implantable Cardioverter Defibrillator - ICD)]. Για τους συγκεκριμένους ασθενείς προτείνεται να φορούν ειδικά βραχιόλια (Medic Alert bracelets) που να υποδεικνύουν ότι φέρουν τις συγκεκριμένες συσκευές. Κατά την απινίδωση, όλες αυτές οι συσκευές ενδέχεται να υποστούν βλάβη, εάν τα ηλεκτρόδια τοποθετηθούν επάνω ακριβώς από τη θέση της συσκευής.<sup>59,60</sup> Τοποθετήστε τα ηλεκτρόδια μακριά από τη συσκευή (τουλάχιστον 8 εκατοστά)<sup>59</sup> ή χρησιμοποιήστε μια από τις εναλλακτικές θέσεις των ηλεκτροδίων (πρόσθια –πλάγια, πρόσθια-οπίσθια), που περιγράφονται παρακάτω.

Η εφαρμογή αυτοκόλλητων επιθεμάτων για τη χορήγηση διαδερμικών φαρμάκων ενδέχεται να παρεμποδίσει την καλή επαφή των ηλεκτροδίων, προκαλώντας συνεχή ανάφλεξη και δερματικά εγκαύματα, στην περίπτωση κατά την οποία κατά την απινίδωση το ηλεκτρόδιο εφαρμοστεί απευθείας πάνω από το επίθεμα.<sup>61,62</sup> Αφαιρέστε τα αυτοκόλλητα επιθέματα φαρμάκων και σκουπίστε την περιοχή πριν την εφαρμογή του ηλεκτροδίου.

### Τοποθέτηση για κοιλιακές αρρυθμίες και καρδιακή ανακοπή

Σε περίπτωση κοιλιακής αρρυθμίας, τοποθετήστε τα ηλεκτρόδια (pads ή paddles) στην καθιερωμένη θέση στέρνο-κορυφή της καρδιάς. Το 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 μαστικό αδένα. Είναι σημαντικό το ηλεκτρόδιο να τοποθετηθεί όσο πιο πλάγια γίνεται. Άλλες αποδεκτές θέσεις των ηλεκτροδίων είναι:

- Κάθε ηλεκτρόδιο 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 δεξιό ή στο αριστερό ανώτερο τμήμα της πλάτης
- Το ένα ηλεκτρόδιο πρόσθια πάνω από την αριστερή προκάρδια χώρα και το άλλο στο πίσω μέρος της καρ-

διάς ακριβώς κάτω από την αριστερή ωμοπλάτη

Δεν έχει σημασία σε ποια θέση θα τοποθετηθούν τα ηλεκτρόδια (στερνικό ή κορυφαίο).

Η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση ελαχιστοποιείται όταν το κορυφαίο ηλεκτρόδιο τοποθετηθεί εκτός του γυναικείου μαστικού αδένα.<sup>63</sup> Τα κορυφαία ηλεκτρόδια ασύμμετρου σχήματος έχουν μικρότερη ηλεκτρική αντίσταση όταν τοποθετούνται κατά τον επιμήκη, παρά κατά τον εγκάρσιο άξονα.<sup>64</sup>

### Τοποθέτηση για κολπικές αρρυθμίες

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 θεωρητικά να είναι πιο αποτελεσματικότερη σε εξωτερική ανάταξη της κολπικής αρρυθμίας. Αν και ορισμένες μελέτες έδειξαν ότι σε προγραμματισμένη ανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής, η προσθιο-οπίσθια τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι πιο αποτελεσματική σε σύγκριση με την παραδοσιακή προσθιο-κορυφαία θέση,<sup>65,66</sup> η πλειονότητα απέτυχε να δείξει κάποιο ξεκάθαρο πλεονέκτημα από κάποια ειδική θέση των ηλεκτροδίων.<sup>67,68</sup> Η αποτελεσματικότητα της καρδιοανάταξης εξαρτάται λιγότερο από τη θέση των ηλεκτροδίων όταν χρησιμοποιούνται διφασικές κυματομορφές που να αντισταθμίζουν τη διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση.<sup>56</sup> Οποιαδήποτε από τις παρακάτω θέσεις τοποθέτησης των ηλεκτροδίων θεωρείται ασφαλής και αποτελεσματική για την ανάταξη των κολπικών αρρυθμιών:

- Η καθιερωμένη προσθιοστερνική θέση
- Η προσθιο-οπίσθια θέση (ένα ηλεκτρόδιο μπροστά, πάνω από την αριστερή προκάρδια χώρα και το άλλο ηλεκτρόδιο πίσω από την καρδιά, ακριβώς κάτω από την ωμοπλάτη).

### 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 εφαρμογή 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 απινίδωσης.<sup>69</sup>

### 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 cm<sup>2</sup>.<sup>70</sup> Τα μεγαλύτερα ηλεκτρόδια έχουν χαμηλότερη ηλεκτρική αντίσταση, αλλά τα υπερβολικά μεγάλα ηλεκτρόδια μπορεί να προκαλέσουν μικρότερη διαμυοκαρδιακή ροή ρεύματος.<sup>71</sup>

Για την απινίδωση ενηλίκων, χρησιμοποιούνται με ικανοποιητική αποτελεσματικότητα τόσο ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων, όσο και τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια διαμέτρου 8-12 cm. Η επιτυχία της απινίδωσης είναι μεγαλύτερη με ηλεκτρόδια διαμέτρου 12 cm σε σύγκριση με αυτά που έχουν διάμετρο 8 cm.<sup>54,72</sup>

Οι κλασικοί AEDs 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 ηλεκτρόδια σε συνδυασμό με ένα μειωτή με σκοπό την ελάττωση της χορηγούμενης ενέργειας ή ένα παιδιατρικό μοντέλο 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 AEDs δεν συστήνεται για παιδιά ηλικίας μικρότερης του 1 έτους.

#### *Παράγοντες που αυξάνουν την αγωγιμότητα*

Εφόσον χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων, 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 διασπαρούν μεταξύ των ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων, προκαλώντας ένα δυνητικό κίνδυνο δημιουργίας σπινθήρα. Μην χρησιμοποιείτε γυμνά ηλεκτρόδια χωρίς υλικό που αυξάνει την αγωγιμότητα, επειδή με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση, επηρεάζεται αρνητικά η αποτελεσματικότητα της απινίδωσης, αυξάνεται η βαρύτητα ενός πιθανού δερματικού εγκαύματος και προκαλείται η δημιουργία γέφυρας η οποία μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη ή έκρηξη.

#### *Αυτοκόλλητα Ηλεκτρόδια (pads) έναντι ηλεκτροδίων απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων (paddles)*

Όσον αφορά την καθιερωμένη παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού και την απινίδωση, τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια απινίδωσης έχουν πρακτικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων.<sup>73-77</sup> Θεωρούνται ασφαλή και αποτελεσματικά, και η χρήση τους είναι προτιμότερη σε σχέση με τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων.<sup>72</sup> Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την χρήση των αυτοκόλλητων ηλεκτροδίων σε περι την ανακοπή καταστάσεις και σε κλινικές καταστάσεις όπου η πρόσβαση στον ασθενή είναι δυσχερής. Έχουν παρόμοια διαθωρακική ηλεκτρική αντίσταση<sup>71</sup> (και επομένως και αποτελεσματικότητα)<sup>78,79</sup> με τα συμβατικά ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων και δίνουν τη δυνατότητα στο χειριστή να απινιδώσει τον ασθενή από ασφαλή απόσταση, παρά να σκύβει πάνω από αυτόν (όπως συμβαίνει με τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσε-

ων). Όταν χρησιμοποιούνται για τον αρχικό έλεγχο του καρδιακού ρυθμού, τόσο τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια όσο και τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων παρέχουν τη δυνατότητα ταχύτερης χορήγησης της πρώτης απινίδωσης σε σύγκριση με τα συμβατικά ηλεκτρόδια του ΗΚΓ, αλλά τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια θεωρούνται ταχύτερα από τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων.<sup>80</sup>

Όταν τα αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια με γέλη χρησιμοποιούνται συγχρόνως με τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων, η ηλεκτρολυτική γέλη πολώνεται και έτσι μετατρέπεται σε υλικό χαμηλής αγωγιμότητας μετά την απινίδωση. Αυτό μπορεί να προκαλέσει 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.<sup>74,81</sup> Όταν χρησιμοποιείτε το συνδυασμό αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια γέλης/ ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων, επιβεβαιώστε τη διάγνωση της ασυστολίας με ανεξάρτητα ηλεκτρόδια ΗΚΓ παρά με τα ηλεκτρόδια απινίδωσης πολλαπλών χρήσεων.

#### **Ανάλυση της κυματομορφής της μαρμαρυγής**

Από την κυματομορφή της μαρμαρυγής είναι δυνατόν (με κυμαινόμενη αξιοπιστία) να προβλεφθεί η επιτυχία της απινίδωσης.<sup>82-101</sup> 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, αλλά η ευαισθησία και ειδικότητα που προκύπτει από τα μέχρι σήμερα δεδομένα είναι ανεπαρκής για να καταστήσει ισχυροποιήσει την εισαγωγή της ανάλυσης της κυματομορφής της VF στην κλινική πράξη.

#### **ΚΑΡΡΙΑ έναντι απινίδωσης ως αρχική αντιμετώπιση**

Ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχει εξετάσει εάν η εφαρμογή μιας περιόδου ΚΑΡΡΙΑ πριν την απινίδωση είναι ευεργετική, ειδικά σε ασθενείς με καρδιακή ανακοπή απουσία μαρτύρων ή παρατεταμένη κυκλοφορική κατάρρευση χωρίς την εφαρμογή απινίδωσης. Από την ανασκόπηση των κατευθυντήριων οδηγιών του 2005, συστήνεται ως λογική επιλογή η εφαρμογή ΚΑΡΡΙΑ από το EMS προσωπικό για περίπου 2 λεπτά πριν την απινίδωση (δηλ. περίπου 5 κύκλοι 30:2) σε περιπτώσεις παρατεταμένης καρδιακής ανακοπής (>5 λεπτά).<sup>1</sup> Αυτή η σύσταση βασίζεται σε κλινικές μελέτες με χρόνο ανταπόκρισης στο συμβάν 4-5 λεπτά, όπου η εφαρμογή ΚΑΡΡΙΑ από παραϊατρικό ή EMS προσωπικό για διάστημα 1,5-3 λεπτά πριν τη χορήγηση απινίδωσης, σε ενήλικες με εξωνοσοκομειακή εκδήλωση VF/VT, βελτίωσε την ROSC, την επιβίωση κατά το χρόνο εξόδου από το νοσοκομείο<sup>102,103</sup> και την επιβίωση ενός έτους<sup>103</sup> σε σύγκριση με την άμεση απινίδωση. Από μερικές πειραματικές μελέτες με κοιλιακή μαρμαρυγή

διάρκειας τουλάχιστον 5 λεπτών, προέκυψε ότι η εφαρμογή ΚΑΡΠΑ πριν την απινίδωση βελτίωσε τις αιμοδυναμικές παραμέτρους και την επιβίωση των ασθενών.<sup>103-106</sup> Ένα πρόσφατο πειραματικό μοντέλο καρδιακής ανακοπής σε χοίρους, όμως έδειξε μειωμένη επιβίωση μετά την εφαρμογή ΚΑΡΠΑ πριν την απινίδωση.<sup>107</sup>

Αντίθετα με τα προηγούμενα δεδομένα, δύο τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες σε ασθενείς με εξωνοσοκομειακή εκδήλωση VF/VT, στους οποίους εφαρμόστηκε ΚΑΡΠΑ διάρκειας 1,5 λεπτού από EMS προσωπικό πριν τη χορήγηση απινίδωσης, απέτυχε να δείξει κάποια συγκεκριμένη βελτίωση ως προς τη επιβίωση μετά την ROSC ή την επιβίωση κατά την έξοδο από το νοσοκομείο και ήταν ανεξάρτητη από το χρόνο ανταπόκρισης του EMS προσωπικού.<sup>108,109</sup> Τέσσερις ακόμη μελέτες στις οποίες εφαρμόστηκε μια αρχική περίοδος ΚΑΡΠΑ, απέτυχαν να δείξουν κάποια σημαντική βελτίωση ως προς την συνολική ROSC ή την επιβίωση κατά την έξοδο από το νοσοκομείο<sup>102,103,110,111</sup>, αν και στη μία από αυτές φάνηκε βελτίωση της νευρολογικής έκβασης των ασθενών στις 30 ημέρες και σε ένα έτος μετά την καρδιακή ανακοπή.<sup>110</sup>

Συχνά, η διάρκεια της ανακοπής είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι η διενέργεια θωρακικών συμπίεσεων κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και της φόρτισης του απινιδωτή, πιθανόν να βελτιώνει την επιβίωση.<sup>112</sup> Γι αυτούς του λόγους, ενώ σε οποιαδήποτε περίπτωση καρδιακής ανακοπής χωρίς την παρουσία μαρτύρων, το EMS προσωπικό θα πρέπει να παρέχει καλής ποιότητας ΚΑΡΠΑ κατά το χρόνο προετοιμασίας, εφαρμογής και φόρτισης του απινιδωτή, δεν συστήνεται ως ρουτίνα η εφαρμογή ΚΑΡΠΑ για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (π.χ. 2 έως 3 λεπτά), πριν την ανάλυση του καρδιακού ρυθμού και την χορήγηση απινίδωσης. Ορισμένα EMS συστήματα έχουν ήδη ενσωματώσει μια προκαθορισμένη περίοδο θωρακικών συμπίεσεων πριν την απινίδωση. Δεδομένης της έλλειψης πειστικών στοιχείων που να υποστηρίζουν ή να απορρίπτουν την συγκεκριμένη στρατηγική, κρίνεται λογική η συνέχιση της εφαρμογής της πρακτικής αυτής από τα συγκεκριμένα συστήματα.

Επεισόδια κατάρρευσης που συμβαίνουν ενδονοσοκομειακά, όπου υπάρχει άμεση διάθεση AEDs και ατόμων που μπορούν να εφαρμόσουν άμεσα ΚΑΡΠΑ ή επεισόδια που γίνονται παρουσία του EMS προσωπικού, η απινίδωση θα πρέπει να διενεργείται όσο το δυνατόν ταχύτερα μέχρι να είναι διαθέσιμος ο απινιδωτής. Οι θωρακικές συμπίεσεις θα πρέπει να διενεργούνται συνεχώς μέχρι την προσπάθεια απινίδωσης (βλέπε κεφάλαιο 4, εξειδικευμένη ΚΑΡΠΑ).

Η σημασία των άμεσων και χωρίς διακοπές θωρακικών συμπίεσεων επισημαίνεται σε όλη την έκταση των συγκεκριμένων κατευθυντήριων οδηγιών. Στην πράξη είναι συχνά δύσκολο να εξακριβωθεί ο ακριβής χρόνος της κατάρρευσης και σε οποιαδήποτε περίπτωση η έναρξη της ΚΑΡΠΑ θα πρέπει να διενεργείται το ταχύτερο δυνατό. Ο διασώστης που παρέχει τις θωρακικές συμπίεσεις θα πρέ-

πει 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 απινίδωση. Όταν δυο διασώστες είναι παρόντες, εκείνος που χειρίζεται τον AED 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 AED θα πρέπει να είναι προετοιμασμένος να χορηγήσει άμεσα απινίδωση μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης του ρυθμού και εφόσον η χορήγηση της απινίδωσης συστήνεται, με την προϋπόθεση ότι κανένας από τους διασώστες δε βρίσκεται σε επαφή με το θύμα.

## Χορήγηση απινίδωσης

### Μία έναντι ακολουθίας τριών απινιδώσεων

Η μεγαλύτερη αλλαγή στις κατευθυντήριες οδηγίες του 2005 ήταν η σύσταση της χορήγησης μίας απινίδωσης έναντι της ακολουθίας τριών. Αυτό έγινε επειδή από πειραματικές μελέτες φάνηκε ότι οι σχετικά βραχείας διάρκειας διακοπές των εξωτερικών θωρακικών συμπίεσεων, προκειμένου να χορηγηθούν οι εμφυσήσεις<sup>114,115</sup> ή να εφαρμοστεί η ανάλυση του καρδιακού ρυθμού,<sup>33</sup> σχετίζονται με μυοκαρδιακή δυσλειτουργία μετά την αναζωογόνηση<sup>11</sup> και μείωση της επιβίωσης των ασθενών. Οι διακοπές των θωρακικών συμπίεσεων επίσης μειώνουν την πιθανότητα μετατροπής της VF σε άλλο ρυθμό.<sup>32</sup> Η ανάλυση της τρόπου διεξαγωγής της ΚΑΡΠΑ κατά την εξωνοσοκομειακή<sup>34,116</sup> και ενδονοσοκομειακή καρδιακή ανακοπή,<sup>35</sup> έδειξε ότι σημαντικές διακοπές ήταν συνήθεις, ενώ ο χρόνος που αναλογούσε στις θωρακικές συμπίεσεις κυμαινόταν από 51%-76% του συνολικού χρόνου διάρκειας της ΚΑΡΠΑ.

Με την αποτελεσματικότητα της πρώτης διαφορικής απινίδωσης να φθάνει το 90%<sup>117-120</sup>, η αποτυχία της ανάταξης της VF, υποδεικνύει περισσότερο την ανάγκη εφαρμογής ΚΑΡΠΑ για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα παρά την χορήγηση μιας επιπλέον απινίδωσης. Ακόμη κι αν η προσπάθεια απινίδωσης είναι αποτελεσματική ως προς την αποκατάσταση ενός ρυθμού που να 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 ανιχνεύσης του σφυγμού θα επιβαρύνει ακόμη περισσότερο το μυοκάρδιο.<sup>40</sup>

Επακόλουθες μελέτες έχουν δείξει ένα σημαντικά χαμηλότερο λόγο απομάκρυνσης των χεριών από το θύμα (hands-off-ratio) με την εφαρμογή του πρωτοκόλλου της χορήγησης μίας απινίδωσης<sup>121</sup> και ορισμένες<sup>41,122,123</sup>, αλλά όχι όλες<sup>121,124</sup>, επισημαίνουν σημαντικά μεγαλύτερο



όφελος από την στρατηγική της μιας απινίδωσης. Παρόλα αυτά όλες οι μελέτες με μια μόνο εξαίρεση,<sup>124</sup> ήταν μελέτες πριν και μετά (before and after) και όλες περιλάμβαναν πολλαπλές αλλαγές του πρωτοκόλλου, καθιστώντας δυσχερή τον προσδιορισμό πιθανού πλεονεκτήματος ως προς την επιβίωση εξαιτίας των μεταβολών.

Όταν απαιτείται η χορήγηση απινίδωσης, δώστε μια απινίδωση και ξεκινήστε τις θωρακικές συμπίεσεις αμέσως μετά. Μην καθυστερήσετε για την επαναξιολόγηση του καρδιακού ρυθμού ή τον έλεγχο του σφυγμού μετά τη χορήγηση της απινίδωσης. Συνεχίστε την ΚΑΡΠΑ (30 θωρακικές συμπίεσεις; 2 αναπνοές) για 2 λεπτά μέχρι τη διενέργεια μιας νέας ανάλυσης του καρδιακού ρυθμού και την χορήγηση μιας επιπλέον απινίδωσης (εφόσον αυτή ενδείκνυται) (βλέπε κεφάλαιο 4, εξειδικευμένη ΚΑΡΠΑ).<sup>113</sup> Αυτή η στρατηγική χορήγησης μιας απινίδωσης είναι εφαρμόσιμη τόσο στους μανοφασικούς, όσο και στους διφασικούς απινιδωτές.

Εφόσον εκδηλωθεί VF/VT κατά τη διάρκεια καθετηριασμού της καρδιάς ή στην άμεση μετεγχειρητική περίοδο έπειτα από καρδιοχειρουργική επέμβαση (όπου οι θωρακικές συμπίεσεις ενδέχεται να προκαλέσουν ρήξη των αγγειακών αναστομών), σκεφτείτε την χορήγηση τριών απινιδώσεων πριν την έναρξη των θωρακικών συμπίεσεων (βλέπε κεφάλαιο 8, ειδικές καταστάσεις).<sup>125</sup> Η στρατηγική των τριών απινιδώσεων μπορεί να εφαρμοστεί και σε καρδιακή ανακοπή με αρχικό ρυθμό VF/VT, εφόσον ο ασθενής είναι ήδη συνδεδεμένος σε χειροκίνητο απινιδωτή. Αν και δεν υπάρχουν δεδομένα που να υποστηρίζουν την στρατηγική των τριών απινιδώσεων σε οποιαδήποτε από αυτές τις περιπτώσεις, είναι απίθανο οι θωρακικές συμπίεσεις να βελτιώσουν την ήδη πολύ υψηλή πιθανότητα επανόδου σε αυτόματη κυκλοφορία, όταν η απινίδωση εφαρμόζεται πρώιμα στην ηλεκτρική φάση, άμεσα μετά την έναρξη της VF.

### Κυματομορφές

Ιστορικά, οι απινιδωτές που χορηγούν μονοφασικό ρεύμα αποτελούσαν την καθιερωμένη πρακτική μέχρι τη δεκαετία του 1990. Οι μονοφασικοί απινιδωτές χορηγούν ρεύμα το οποίο είναι μονοπολικό (δηλ. έχει μια κατεύθυνση ροής του ρεύματος). (εικόνα 3.1) Οι μονοφασικοί απινιδωτές είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην τροποποίηση της κυματομορφής ανάλογα με την διαθωρακική αντίσταση. Οι μικρόσωμοι ασθενείς που έχουν ελάχιστη διαθωρακική αντίσταση, δέχονται περισσότερο ρεύμα διαμυοκαρδιακά σε σύγκριση με τους πιο μεγαλόσωμους ασθενείς, οι οποίοι όχι μόνο δέχονται λιγότερο ρεύμα, αλλά παρουσιάζουν παράταση της κυματομορφής με αποτέλεσμα την ελάττωση της αποτελεσματικότητας.

Απινιδωτές μονοφασικής κυματομορφής δεν παράγονται πλέον, αν και αρκετοί παραμένουν σε χρήση ακόμη και σήμερα, καθώς έχουν υπερκεραστεί από τους απινιδωτές που χορηγούν απινίδωση διφασικής κυματομορφής. Οι διφασικοί απινιδωτές, 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 3.2) και η ευθύγραμμη διφασική (RLB) (εικόνα 3.3). Οι διφασικοί απινιδωτές αντισταθμίζουν το μεγάλο εύρος της διαθωρακικής ηλεκτρικής αντίστασης με ηλεκτρονική ρύθμιση, προσαρμόζοντας το μέγεθος και τη διάρκεια της κυματομορφής, ώστε να εξασφαλιστεί η βέλτιστη παροχή ρεύματος στο μυοκάρδιο, ανεξάρτητα από το σωματότυπο του ασθενή.

Πρόσφατα, έχει περιγραφεί μια παλλόμενη (pulsed) διφασική κυματομορφή, κατά την οποία το ρεύμα παρουσιάζει μια ταχεία ταλάντωση μεταξύ της βασικής και μιας θετικής τιμής, πριν να μετατραπεί σε αρνητική κυματομορφή. Η συγκεκριμένη κυματομορφή εφαρμόζεται επίσης στην κλινική πράξη. Πιθανότατα έχει παρόμοια αποτελεσματικότητα με τις άλλες διφασικές κυματομορφές, αλλά η μοναδική κλινική μελέτη στην οποία χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη κυματομορφή, δε διενεργήθηκε με συσκευή εξισορρόπησης της αντίστασης.<sup>126,127</sup> Υπάρχουν αρκετές άλλες διφασικές κυματομορφές, αλλά δεν υπάρχουν κλινικές ενδείξεις της υπεροχής οποιουδήποτε τύπου κυματομορφής, έναντι κάποιου άλλου.

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 VF/VT.

Αν και οι διφασικές κυματομορφές θεωρούνται πιο αποτελεσματικές για τον τερατισμό των κοιλιακών αρρυθμιών σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα και για την ανάταξη της παρατεταμένης VF/VT,<sup>128-130</sup> με την εφαρμογή του πρώτου shock σε σύγκριση με τις μονοφασικές κυματομορφές, καμία τυχαίοποιημένη μελέτη δεν έδειξε ότι έχουν κάποια υπεροχή ως προς την άθικτη νευρολογική εικόνα των ασθενών κατά την έξοδο από το νοσοκομείο. Μερικές,<sup>119,128-133</sup> αλλά όχι όλες,<sup>134</sup> οι υπάρχουσες μελέτες υποστηρίζουν το γεγονός ότι η απινίδωση με διφασικές κυματομορφές σε σύγκριση με τις μονοφασικές κυματομορφές, βελτιώνει τη βραχυπρόθεσμη έκβαση από τον τερατισμό της VF.

Οι διφασικές κυματομορφές παρουσιάζουν υπεροχή έναντι των μονοφασικών κυματομορφών για την προγραμματισμένη καρδιοανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής, με υψηλότερα συνολικά ποσοστά επιτυχίας, χρησιμοποιώντας λιγότερη αθροιστική ενέργεια και μειώνοντας τη σοβαρότητα των δερματικών εγκαυμάτων,<sup>135-138</sup> και συνιστούν τις κυματομορφές επιλογής για τη συγκεκριμένη παρέμβαση.

### Πολυφασική έναντι διφασική απινίδωση

Σε πειραματικές μελέτες έχει δοκιμαστεί επίσης ένας σημαντικός αριθμός πολυφασικών κυματομορφών (π.χ.

τριφασικές, τετραφασικές, πολυφασικές). Από μελέτες σε πειραματόζωα προκύπτει ότι οι πολυφασικές κυματομορφές μπορούν να απινιδώσουν σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα και να προκαλέσουν πιο περιορισμένη δυσλειτουργία του μυοκαρδίου μετά την χορήγηση της απινίδωσης.<sup>139-141</sup> Τα δεδομένα αυτά όμως περιορίζονται σε VF μικρής διάρκειας (περίπου 30 δευτερολέπτων), ενώ δεν υπάρχουν κλινικά ευρήματα που να τα επιβεβαιώνουν. Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν συγκριτικές κλινικές μελέτες μεταξύ των πολυφασικών και διφασικών κυματομορφών για τη διενέργεια της απινίδωσης, ενώ δε διατίθεται ακόμη απινιδωτής, ο οποίος να χρησιμοποιεί πολυφασικές κυματομορφές.

### 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 βλάβη.<sup>142</sup> Επιπλέον, η επιλογή του κατάλληλου ενεργειακού επιπέδου ελατώνει τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων απινιδώσεων, περιορίζοντας έτσι τη βλάβη του μυοκαρδίου.<sup>143</sup>

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. Αν και η παράμετρος που επιλέγεται κατά την απινίδωση είναι τα ενεργειακά επίπεδα, η επιτυχής απινίδωση εξαρτάται από τη διαμυοκαρδιακή ροή του ρεύματος. Η συσχέτιση του ρεύματος με την επιτυχή απινίδωση και την καρδιακή ανάταξη, φαίνεται ότι είναι αρκετά ικανοποιητική.<sup>144</sup> 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 A.<sup>137</sup> Η τεχνολογία του μέλλοντος πιθανόν να δώσει στους απινιδωτές τη δυνατότητα εκκένωσης σύμφωνα με το διαθωρακική ροή ρεύματος. Η στρατηγική αυτή ενδέχεται να 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.

### Το πρώτο shock

#### Μονοφασικοί απινιδωτές

Μετά τη δημοσίευση των κατευθυντήριων οδηγιών του 2005, δεν υπάρχουν άλλες δημοσιευμένες μελέτες σχετικά με τα βέλτιστα ενεργειακά επίπεδα. Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης με την χρήση μονοφασικής κυματομορφής σε παρατεταμένη καρδιακή ανακοπή, κυμαίνεται μεταξύ 54%-63% όταν χορηγούνται 200J μονοφασικής κόλουρης εκθετικής (MTE) κυματομορφής<sup>129,145</sup> και 77%-91% όταν χορηγούνται 200J μονοφασικής αμβλυμένης ημιτονοειδούς (MDS) κυματομορφής<sup>128-130,145</sup>. Εξαιτίας της σχετικά περιορισμένης αποτελεσματικότητας της μονοφασικής κυματομορφής το προτεινόμενο αρχικό ενεργειακό επίπεδο είναι τα 360J. Αν και τα υψηλότερα ενεργειακά επίπεδα εγκυμονούν 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 νοσοκομείο<sup>146</sup>. Μόνο 1 από 27 πειραματικές μελέτες έδειξε βλάβη που προκαλείται από την απινίδωση με την χρήση shock υψηλού ενεργειακού επιπέδου.<sup>147</sup>

#### Διφασικοί απινιδωτές

Σχετικά λίγες μελέτες έχουν δημοσιευτεί τα τελευταία 5 χρόνια, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναθεώρηση των κατευθυντήριων οδηγιών του 2005. 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%-98%<sup>128,129,145,148,149</sup>. Η αποτελεσματικότητα της πρώτης απινίδωσης με την νέα ευθύγραμμη διφασικής (RLB) κυματομορφής στα 130J κυμαίνεται πάνω από 85% (δεδομένα που δεν έχουν δημοσιευθεί αλλά παρέχονται από προσωπικές επικοινωνίες)<sup>126</sup>. Δύο μελέτες έχουν δείξει ότι η διφασική απινίδωση με χαμηλότερα ή υψηλότερα αρχικά ενεργειακά επίπεδα, είναι ισοδύναμη.<sup>150,151</sup>

Αν και από κλινικές μελέτες δεν έχει φανερωθεί να προκαλείται μυοκαρδιακή βλάβη (αύξηση βιοχημικών δεικτών, ΗΚΓ μεταβολές, κλάσμα εξώθησης) από τις διφασικές κυματομορφές μέχρι τα 360 J,<sup>150,152</sup> αρκετές πειραματικές μελέτες έδειξαν ότι υπάρχει δυνητικός κίνδυνος μυοκαρδιακής βλάβης από την εφαρμογή υψηλότερων ενεργειακών επιπέδων.<sup>153-156</sup>

Η αρχική διφασική απινίδωση δεν θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από τα 120J για την RLB κυματομορφή και 150J για την BTE κυματομορφή. Ιδιαίτερος το ενεργειακό επίπεδο του αρχικού διφασικού shock θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 150J για όλες τις κυματομορφές.

Οι κατασκευαστές θα πρέπει να πρέπει να φροντίζουν

ώστε να αναγράφεται το εύρος της αποτελεσματικής δόσης της κυματομορφής στην επιφάνεια της διφασικής συσκευής. Στους παλαιότερους μονοφασικούς απινιδωτές θα πρέπει επίσης να είναι ευδιάκριτο το συνιστώμενο εύρος της χορηγούμενης δόσης. Εάν ο χειριστής δεν γνωρίζει το εύρος της αποτελεσματικής δόσης της συσκευής, θα πρέπει να χρησιμοποιεί τις υψηλότερες ρυθμίσεις για όλες τις απινιδώσεις

#### Δεύτερο και επακόλουθα shock

Οι κατευθυντήριες οδηγίες του 2005, συστήνουν ως στρατηγική απινίδωσης τα σταθερά ή τα κλιμακούμενα προς τα επάνω ενεργειακά πρωτόκολλα. Επακόλουθα στις συστάσεις αυτές, διάφορες μελέτες έδειξαν ότι αν και η κλιμακούμενη στρατηγική μειώνει τον αριθμό των απινιδώσεων που απαιτούνται για την αποκατάσταση οργανωμένου ρυθμού, σε σύγκριση με διφασική απινίδωση προκαθορισμένης δόσης και ενδεχομένως να απαιτείται για την επιτυχή απινίδωση,<sup>157,158</sup> τα ποσοστά της ROSC ή της επιβίωσης κατά τον χρόνο εξόδου από το νοσοκομείο δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των στρατηγιών.<sup>150,151</sup> Αντίθετα, το πρωτόκολλο διφασικής απινίδωσης με χορήγηση τριών σταθερών δόσεων, έχει δείξει υψηλά ποσοστά καρδιοανάταξης (>90%), αλλά ο μικρός αριθμός περιστατικών δεν μπορεί να αποκλείσει την σημαντικά μικρότερη ROSC σε καταστάσεις επαναλαμβανόμενης VF.<sup>159</sup> Σε διάφορες ενδονοσοκομειακές μελέτες, όπου χρησιμοποιήθηκε η στρατηγική της κλιμακούμενης ενέργειας, διαπιστώθηκε βελτίωση του ποσοστού επιτυχούς καρδιοανάταξης σε εκτός ανακοπής ρυθμούς, όταν επιλέχθηκε το ίδιο ενεργειακό επίπεδο, τόσο σε διφασικές όσο και μονοφασικές κυματομορφές.<sup>135,137,160-165</sup>

#### Μονοφασικοί απινιδωτές

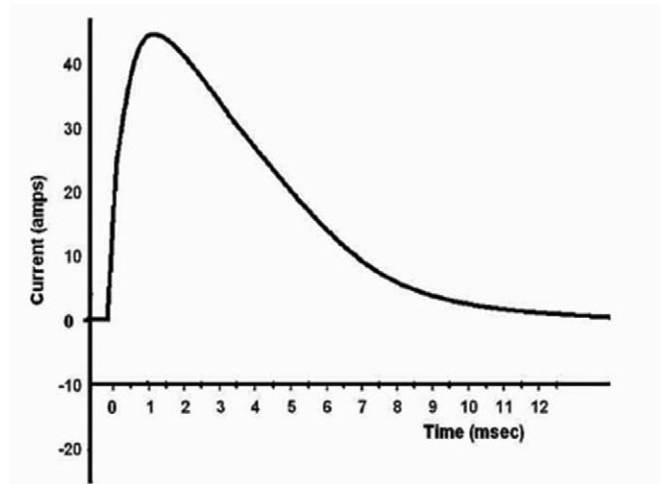
Στους μονοφασικούς απινιδωτές, όταν η αρχική απινίδωση στα 360J είναι αναποτελεσματική, η δεύτερη και οι επακόλουθες απινιδώσεις που θα χορηγηθούν θα πρέπει να είναι στα 360J.

#### Διφασικοί απινιδωτές

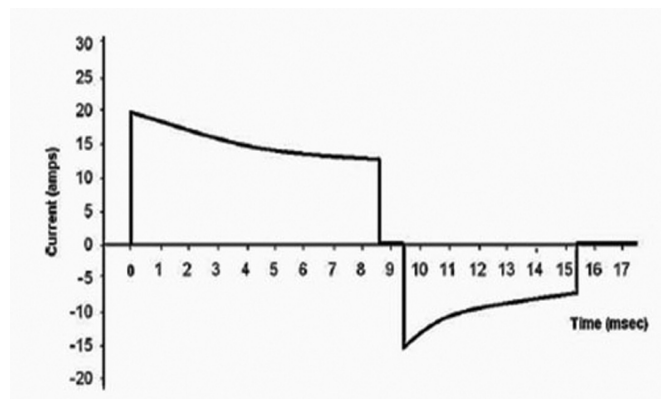
Δεν υπάρχουν ενδείξεις που να υποστηρίζουν είτε ένα σταθερό ή ένα κλιμακούμενο προς τα πάνω ενεργειακό πρωτόκολλο. Και οι δυο στρατηγικές θεωρούνται αποδεκτές. Στις περιπτώσεις όπου η πρώτη απινίδωση δεν είναι αποτελεσματική και οι απινιδωτές έχουν την ικανότητα να χορηγήσουν απινίδωση υψηλότερου ενεργειακού επιπέδου, είναι λογικό να αυξηθεί το ενεργειακό επίπεδο στις επακόλουθες απινιδώσεις.

#### Υποτροπιάζουσα κοιλιακή μαρμαρυγή

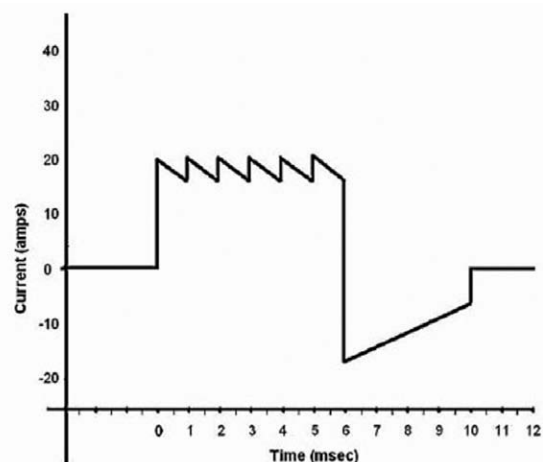
Εάν ένας απινιδώσιμος ρυθμός επανεμφανιστεί μετά ανάταξη και ROSC, χορηγήστε την επόμενη απινίδωση με το ίδιο ενεργειακό επίπεδο που ήταν προηγούμενος επιτυχής.



Εικόνα 3.1 Μονοφασική αμβλυμένη ημιτονοειδής κυματομορφή.



Εικόνα 3.2 Διφασική κωνοειδής εκθετική κυματομορφή



Εικόνα 3.3 Ευθύγραμμη διφασική κυματομορφή



## Άλλα θέματα σχετικά με την απινίδωση

### Απινίδωση σε παιδιά

Η καρδιακή ανακοπή είναι λιγότερο συχνή στα παιδιά. Το τραύμα, οι συγγενείς καρδιοπάθειες, το μακρύ QT διάστημα, η υπερδοσολογία φαρμάκων και η υποθερμία συνιστούν τα συνηθέστερα αίτια VF σε παιδιά.<sup>164-166</sup> 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 εφήβους.<sup>166-171</sup> Η εφαρμογή ταχείας απινίδωσης στους ασθενείς αυτούς, μπορεί να βελτιώσει την έκβαση τους.<sup>171,172</sup>

Οι βέλτιστες επιλογές όσον αφορά το ενεργειακό επίπεδο, την κυματομορφή και την αλληλουχία των απινιδώσεων, δεν είναι αποσαφηνισμένες, αλλά το διαφορικό ρεύμα φαίνεται ότι είναι το ίδιο αποτελεσματικό όπως και στους ενήλικες και λιγότερο επιβλαβές σε σύγκριση με το μονοφασικό.<sup>173-175</sup> 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.<sup>38,176,177</sup>

Το προτεινόμενο ενεργειακό επίπεδο για την χειροκίνητη μονοφασική απινίδωση είναι τα 4J/kg τόσο για την πρώτη όσο και τις επακόλουθες απινιδώσεις. Το ίδιο ισχύει και για την χειροκίνητη διαφορική απινίδωση.<sup>178</sup> Όπως και στους ενήλικες, εάν επανεμφανισθεί ένας απινιδώσιμος ρυθμός, χρησιμοποιείτε το ενεργειακό επίπεδο απινίδωσης, το οποίο ήταν επιτυχές.

Για την απινίδωση παιδιών ηλικίας μεγαλύτερης των 8 ετών, είναι αποδεκτή η χρήση ενός AED με κλασικά ηλεκτρόδια, και η εφαρμογή κλασικών ενεργειακών ρυθμίσεων. Για την απινίδωση παιδιών ηλικίας μεταξύ 1 και 8 ετών, συστήνεται η εφαρμογή παιδιατρικών ηλεκτροδίων και συσκευών μείωσης της ενέργειας. Οι συσκευές αυτές μειώνουν την χορηγούμενη ενέργεια σε επίπεδο τέτοιο που να προσεγγίζει την ενέργεια που προτείνεται από τους χειροκίνητους απινιδωτές. Όταν τα συγκεκριμένα ηλεκτρόδια δεν είναι διαθέσιμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας AED με κλασικά ηλεκτρόδια. Για την απινίδωση παιδιών ηλικίας μικρότερης του ενός έτους, δεν συστήνεται η χρήση AED. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιες αναφορές περιστατικών που περιγράφουν την χρήση AEDs σε παιδιά κάτω του ενός έτους.<sup>179,180</sup> Η συχνότητα εκδήλωσης καρδιακών με απινιδώσιμο ρυθμό, είναι πολύ χαμηλή στα παιδιά, με εξαίρεση μόνο όταν υπάρχει υποκείμενη καρδιακή νόσος.<sup>167,181,182</sup>

Σε αυτές τις σπάνιες περιπτώσεις, εφόσον ο μόνος διαθέσιμος απινιδωτής είναι ένας AED, θα πρέπει να σκεφτούμε να τον χρησιμοποιήσουμε (κατά προτίμηση με μειωτήρα της δόσης).

### Καρδιακή ανάταξη

Όταν η ηλεκτρική καρδιακή ανάταξη χρησιμοποιείται για την μετατροπή των κοιλιακών 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 σχετικά ανερέθιστη περίοδο του καρδιακού κύκλου.<sup>183</sup> Ο συγχρονισμός μπορεί να είναι δύσκολος σε περίπτωση κοιλιακής ταχυκαρδίας εξαιτίας των ευρέων συμπλεγμάτων και των ποικίλων κυματομορφών της συγκεκριμένης αρρυθμίας. Παρακολουθήστε τον δείκτη συγχρονισμού για την άμεση αναγνώριση του κύματος R. Εάν χρειαστεί επιλέξτε μια άλλη απαγωγή ή ρυθμίστε την ένταση. Εάν η χορήγηση συγχρονισμένου ρεύματος αποτύχει, χορηγήστε μη-συγχρονισμένη απινίδωση σε 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

Η βέλτιστη θέση των ηλεκτροδίων έχει σχολιαστεί προηγουμένως, αλλά τόσο η προσθιοπλάγια όσο και η προσθιοπίθια προσέγγιση θεωρούνται αποδεκτές θέσεις. Οι διαφορικές κυματομορφές συγκρινόμενες με τις μονοφασικές, θεωρούνται περισσότερο αποτελεσματικές για την ανάταξη της κολπικής μαρμαρυγής.<sup>135-138</sup> Χρησιμοποιήστε κατά προτίμηση ένα διαφορικό αντί μονοφασικό απινιδωτή, εφόσον βέβαια αυτός είναι διαθέσιμος. Διαφορές στις ίδιες τις διαφορικές κυματομορφές δεν έχουν εντοπιστεί.

### 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.<sup>185</sup> Αν και η πρώτη απινίδωση στα 360J μειώνει τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις για την καρδιακή ανάταξη,<sup>185</sup> 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.

### Διαφορικές κυματομορφές

Απαιτούνται περισσότερα δεδομένα πριν να γίνουν συγκεκριμένες συστάσεις όσον αφορά τα βέλτιστα διαφορικά ενεργειακά επίπεδα. Η εκκίνηση από υψηλότερα ενεργειακά επίπεδα δεν έχει φανεί ότι σχετίζεται με υψηλότερα ποσοστά επιτυχούς καρδιοανάταξης, σε σύγκριση με τα χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα.<sup>135,186-191</sup> 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 τους.<sup>190</sup> Χορηγήστε αρχικά απινίδωση στα 100J μονοφασικού ή 70-100J διφασικού ρεύματος. Εφόσον απαιτηθούν επακόλουθες απινιδώσεις αυξήστε σταδιακά τα ενεργειακά επίπεδα.<sup>144</sup>

### Κοιλιακή ταχυκαρδία

Η ενέργεια που απαιτείται για την ανάταξη της κοιλιακής ταχυκαρδίας εξαρτάται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και την συχνότητα της αρρυθμίας.<sup>192</sup> 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 ρυθμό.<sup>144</sup>

### Βηματοδότηση

Σκεφτείτε τη βηματοδότηση σε ασθενείς με συμπτωματική βραδυκαρδία που είναι ανθεκτική στα αντιχολινεργικά φάρμακα ή άλλη δεύτερης γραμμής θεραπεία (βλέπε κεφάλαιο 4).<sup>113</sup> 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 τη διαφλέβια βηματοδότηση. Σε περίπτωση αουστολίας, ελέγξτε προσεκτικά το ΗΚΓ για την παρουσία επαγμάτων P, επειδή η μορφή αυτή ανταποκρίνεται στην βηματοδότηση. Η χρήση των επικαρδιακών ηλεκτροδίων για την βηματοδότηση της καρδιάς έπειτα από καρδιοχειρουργικές επεμβάσεις είναι αποτελεσματική και αναπτύσσεται σε άλλο κεφάλαιο. Μην επιχειρήσετε να βηματοδοτήσετε αουστολία στην οποία δεν υπάρχουν P επάγματα, καθώς δεν έχει φανεί ότι αυξάνει την βραχύχρονη ή μακρόχρονη επιβίωση εντός και εκτός του νοσοκομείου.<sup>193-201</sup> Σε αιμοδυναμικά ασταθείς ασθενείς ή σε ασθενείς που εκδηλώνουν βραδυαρρυθμίες αλλά διατηρούν επαρκές επίπεδο συνείδησης, μπορεί να επιχειρηθεί η προκαρδία πλήξη ως γέφυρα μέχρι να επιχειρηθεί ηλεκτρική ανάταξη, αν και η αποτελεσματικότητά της συγκεκριμένης πρακτικής δεν έχει ακόμη τεκμηριωθεί.

### Εμφυτεύσιμοι απινιδωτές

Καθώς ολοένα αυξάνεται ο μέσος όρος ηλικίας του πληθυσμού, η τοποθέτηση εμφυτεύσιμων καρδιακών απινιδωτών (ICDs) πραγματοποιείται πλέον σε μεγαλύτερη συχνότητα. Οι συγκεκριμένοι απινιδωτές εμφυτεύονται καθώς ο ασθενής διατρέχει υψηλό κίνδυνο πρόκλησης ή έχει ήδη εκδηλώσει κάποιο επεισόδιο απειλητικής για τη ζωή του απινιδώσιμης αρρυθμίας. Συνήθως εμφυτεύεται κάτω από τον μείζονα θωρακικό μυ στο κάτω μέρος της κλείδας (στην ίδια θέση που τοποθετούνται και οι βηματοδότες, από τους οποίους μάλιστα δεν μπορούν να διακριθούν άμεσα). Κατά την περίπτωση που ανιχνευθεί απινιδώσιμος ρυθμός, ο ICD θα χορηγήσει ρεύμα εντάσεως περίπου 40 J, μέσω ενός εσωτερικού ηλεκτροδίου το οποίο έχει εμφυτευθεί στη δεξιά κοιλία της καρδιάς. Σε περίπτωση ανίχνευσης VF/VT, ο ICD δεν θα χορηγήσει ρεύμα περισσότερο από 8 φορές, αλλά σε περίπτωση νέας περιόδου εκδήλωσης VF/VT, μπορεί και πάλι να χορηγήσει ρεύμα. Ασθενής με ICD στον οποίο τα ηλεκτρόδια έχουν καταστραφεί, ενδέχεται να υφίσταται επαναλαμβανόμενη εσωτερική απινίδωση, καθώς λανθασμένα ο ηλεκτρικός «θόρυβος» εκλαμβάνεται ως απινιδώσιμος ρυθμός. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ενδεχομένως ο ασθενής να είναι σε εγρήγορση, με σχετικά φυσιολογικό ρυθμό στο ΗΚΓ, ενώ η τοποθέτηση ενός μαγνήτη πάνω από τον ICD μπορεί να απενεργοποιήσει την λειτουργία της απινιδώσης.

Η εκφόρτιση ενός ICD μπορεί να προκαλέσει σύσπαση του θωρακικού μυός του ασθενή, ενώ έχει αναφερθεί η χορήγηση απινιδώσης και στον διασώστη.<sup>202</sup> Βέβαια με δεδομένο ότι τα ενεργειακά επίπεδα που χρησιμοποιούνται από τους ICDs είναι πολύ χαμηλά, είναι απίθανο να προκληθεί οποιαδήποτε βλάβη στο διασώστη. Παρόλα αυτά προτείνεται η χρήση κατά την εκφόρτιση της συσκευής ο διασώστης να φορά γάντια και να έρχεται όσο το δυνατόν λιγότερο σε επαφή με τον ασθενή. Μετά από την χρήση εξωτερικού απινιδωτή, οι λειτουργίες της καρδιοανάταξης και της βηματοδότησης θα πρέπει πάντα να επανεκτιμώνται, ελέγχοντας τόσο την ίδια τη συσκευή όσο και τα όρια βηματοδότησης /απινιδώσης των ηλεκτροδίων της συσκευής.

Τα επάγματα της βηματοδότησης που προκαλούνται από συσκευές προγραμματισμένες για μονοπολική βηματοδότηση, ενδέχεται να μπερδέψουν το λειτουργικό σύστημα του AED και το προσωπικό που διαχειρίζεται επείγουσες καταστάσεις, και να αποτρέψουν την ανίχνευση του VF.<sup>203</sup> Οι διαγνωστικοί αλγόριθμοι των σύγχρονων AEDs δεν έχουν καμία ευαισθησία στα επάγματα της βηματοδότησης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Deakin CD, Nolan JP. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 3. Electrical therapies: automated external defibrillators, defibrillation, cardioversion and pacing. Resuscitation 2005;67(Suppl.1):S25-37.
2. Proceedings of the 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Resuscitation 2005;67:157-341.
3. 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.
4. 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.
5. Waalewijn RA, de Vos R, Tijssen JG, 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.
6. Weisfeldt ML, Sitlani CM, Ornato JP, et al. Survival after application of automatic external defibrillators before arrival of the emergency medical system: evaluation in the resuscitation outcomes consortium population of 21 million. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:1713–20.
  7. 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.
  8. 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.
  9. 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.
  10. Valenzuela TD, Bjerke HS, Clark LL, et al. Rapid defibrillation by nontraditional responders: the Casino Project. *Acad Emerg Med* 1998;5:414–5.
  11. Spearpoint KG, Gruber PC, Brett SJ. Impact of the Immediate Life Support course on the incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest calls: an observational study over 6 years. *Resuscitation* 2009;80:638–43.
  12. Waalewijn RA, Tijssen JG, Koster RW. Bystander initiated actions in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: results from the Amsterdam Resuscitation Study (ARREST). *Resuscitation* 2001;50:273–9.
  13. 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.
  14. 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.
  15. Vaillancourt C, Verma A, Trickett J, et al. Evaluating the effectiveness of dispatch-assisted cardiopulmonary resuscitation instructions. *Acad Emerg Med* 2007;14:877–83.
  16. O'Neill JF, Deakin CD. Evaluation of telephone CPR advice for adult cardiac arrest patients. *Resuscitation* 2007;74:63–7.
  17. Yang CW, Wang HC, Chiang WC, et al. Interactive video instruction improves the quality of dispatcher-assisted chest compression-only cardiopulmonary resuscitation in simulated cardiac arrests. *Crit Care Med* 2009;37:490–5.
  18. Yang CW, Wang HC, Chiang WC, et al. Impact of adding video communication to dispatch instructions on the quality of rescue breathing in simulated cardiac arrests—a randomized controlled study. *Resuscitation* 2008;78:327–32.
  19. Koster RW, Baubin MA, Caballero A, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2010;81:1277–92.
  20. Berdowski J, Schulten RJ, Tijssen JG, van Alem AP, Koster RW. Delaying a shock after takeover from the automated external defibrillator by paramedics is associated with decreased survival. *Resuscitation* 2010;81:287–92.
  21. 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.
  22. Destro A, Marzaloni M, Sermasi S, Rossi F. Automatic external defibrillators in the hospital as well? *Resuscitation* 1996;31:39–43.
  23. Forcina MS, Farhat AY, O'Neil WW, Haines DE. Cardiac arrest survival after implementation of automated external defibrillator technology in the in-hospital setting. *Crit Care Med* 2009;37:1229–36.
  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. Chan PS, Krumholz HM, Nichol G, Nallamothu BK. Delayed time to defibrillation after in-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2008;358:9–17.
  27. Cummins RO, Eisenberg MS, Litwin PE, Graves JR, Hearne TR, Hallstrom AP. Automatic external defibrillators used by emergency medical technicians: a controlled clinical trial. *JAMA* 1987;257:1605–10.
  28. Stults KR, Brown DD, Kerber RE. Efficacy of an automated external defibrillator in the management of out-of-hospital cardiac arrest: validation of the diagnostic algorithm and initial clinical experience in a rural environment. *Circulation* 1986;73:701–9.
  29. Kramer-Johansen J, Edelson DP, Abella BS, Becker LB, Wik L, Steen PA. Pauses in chest compression and inappropriate shocks: a comparison of manual and semi-automatic defibrillation attempts. *Resuscitation* 2007;73:212–20.
  30. Pytte M, Pedersen TE, Ottem J, Rokvam AS, Sunde K. Comparison of hands-off time during CPR with manual and semi-automatic defibrillation in a manikin model. *Resuscitation* 2007;73:131–6.
  31. Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, et al. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 2006;71:137–45.
  32. 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.
  33. Yu T, Weil MH, Tang W, et al. Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation. *Circulation* 2002;106:368–72.
  34. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299–304.
  35. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:305–10.
  36. 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.
  37. Dickey W, Dalzell GW, Anderson JM, Adgey AA. The accuracy of decisionmaking of a semi-automatic defibrillator during cardiac arrest. *Eur Heart J* 1992;13:608–15.
  38. 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.
  39. 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.
  40. 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.
  41. Rea TD, Helbock M, Perry S, et al. Increasing use of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital ventricular fibrillation arrest: survival implications of guideline changes. *Circulation* 2006;114:2760–5.
  42. Gundersen K, Kvaloy JT, Kramer-Johansen J, Steen PA, Eftestol T. Development of the probability of return of spontaneous circulation in intervals without chest compressions during out-of-hospital cardiac arrest: an observational study. *BMC Med* 2009;7:6.
  43. Lloyd MS, Hecke B, Walter PF, Langberg JJ. Hands-on defibrillation: an analysis of electrical current flow through rescuers in direct contact with patients during biphasic external defibrillation. *Circulation* 2008;117:2510–4.
  44. Miller PH. Potential fire hazard in defibrillation. *JAMA* 1972;221:192.
  45. Hummel III RS, Ornato JP, Weinberg SM, Clarke AM. Spark-generating properties of electrode gels used during defibrillation. A potential fire hazard. *JAMA* 1988;260:3021–4.
  46. ECRI. Defibrillation in oxygen-enriched environments [hazard].



- Health Devices 1987;16:113-4.
47. Lefever J, Smith A. Risk of fire when using defibrillation in an oxygen enriched atmosphere. Med Devices Agency Safety Notices 1995;3:1-3.
  48. Ward ME. Risk of fires when using defibrillators in an oxygen enriched atmosphere. Resuscitation 1996;31:173.
  49. Theodorou AA, Gutierrez JA, Berg RA. Fire attributable to a defibrillation attempt in a neonate. Pediatrics 2003;112:677-9.
  50. Robertshaw H, McAnulty G. Ambient oxygen concentrations during simulated cardiopulmonary resuscitation. Anaesthesia 1998;53:634-7.
  51. Cantello E, Davy TE, Koenig KL. The question of removing a ventilation bag before defibrillation. J Accid Emerg Med 1998;15:286.
  52. Deakin CD, Paul V, Fall E, Petley GW, Thompson F. Ambient oxygen concentrations resulting from use of the Lund University Cardiopulmonary Assist System (LUCAS) device during simulated cardiopulmonary resuscitation. Resuscitation 2007;74:303-9.
  53. 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.
  54. 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.
  55. 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.
  56. 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;26:1298-302.
  57. 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.
  58. Deakin C, Sado D, Petley G, Clewlow F. Determining the optimal paddle force for external defibrillation. Am J Cardiol 2002;90:812-3.
  59. Manegold JC, Israel CW, Ehrlich JR, et al. External cardioversion of atrial fibrillation in patients with implanted pacemaker or cardioverter-defibrillator systems: a randomized comparison of monophasic and biphasic shock energy application. Eur Heart J 2007;28:1731-8.
  60. Alferness CA. Pacemaker damage due to external countershock in patients with implanted cardiac pacemakers. Pacing Clin Electrophysiol 1982;5: 457-8.
  61. Panacek EA, Munger MA, Rutherford WF, Gardner SF. Report of nitropatch explosions complicating defibrillation. Am J Emerg Med 1992;10:128-9.
  62. Wrenn K. The hazards of defibrillation through nitroglycerin patches. Ann Emerg Med 1990;19:1327-8.
  63. 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.
  64. 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.
  65. Kirchhof P, Eckardt L, Loh P, et al. Anterior-posterior versus anterior-lateral electrode positions for external cardioversion of atrial fibrillation: a randomized trial. Lancet 2002;360:1275-9.
  66. 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.
  67. 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.
  68. Mathew TP, Moore A, McIntyre M, et al. Randomised comparison of electrode positions for cardioversion of atrial fibrillation. Heart 1999;81:576-9.
  69. 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.
  70. American National Standard: automatic external defibrillators and remote controlled defibrillators (DF39). Arlington, Virginia: Association for the Advancement of Medical Instrumentation; 1993.
  71. 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.
  72. Stults KR, Brown DD, Cooley F, Kerber RE. Self-adhesive monitor/defibrillation pads improve prehospital defibrillation success. Ann Emerg Med 1987;16:872-7.
  73. Bojar RM, Payne DD, Rastegar H, Diehl JT, Cleveland RJ. Use of self-adhesive external defibrillator pads for complex cardiac surgical procedures. Ann Thorac Surg 1988;46:587-8.
  74. Bradbury N, Hyde D, Nolan J. Reliability of ECG monitoring with a gel pad/paddle combination after defibrillation. Resuscitation 2000;44:203-6.
  75. Brown J, Rogers J, Soar J. Cardiac arrest during surgery and ventilation in the prone position: a case report and systematic review. Resuscitation 2001;50:233-8.
  76. Perkins GD, Davies RP, Soar J, Thickett DR. The impact of manual defibrillation technique on no-flow time during simulated cardiopulmonary resuscitation. Resuscitation 2007;73:109-14.
  77. Wilson RF, Sirna S, White CW, Kerber RE. Defibrillation of high-risk patients during coronary angiography using self-adhesive, preapplied electrode pads. Am J Cardiol 1987;60:380-2.
  78. 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.
  79. 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.
  80. Perkins GD, Roberts C, Gao F. Delays in defibrillation: influence of different monitoring techniques. Br J Anaesth 2002;89:405-8.
  81. Chamberlain D. Gel pads should not be used for monitoring ECG after defibrillation. Resuscitation 2000;43:159-60.
  82. 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.
  83. 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.
  84. 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.
  85. 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.
  86. 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.
  87. 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.
  88. Strohmenger 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.
  89. Strohmenger 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.
  90. 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.
91. 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.
  92. 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.
  93. 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.
  94. Strohenger HU, Lindner KH, Keller A, Lindner IM, Pfenninger EG. Spectral analysis of ventricular fibrillation and closed-chest cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1996;33:155–61.
  95. 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.
  96. 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.
  97. Marn-Pernat A, Weil MH, Tang W, Pernat A, Bisera J. Optimizing timing of ventricular defibrillation. *Crit Care Med* 2001;29:2360–5.
  98. 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.
  99. 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.
  100. 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.
  101. Amann A, Rheinberger K, Achleitner U, et al. The prediction of defibrillation outcome using anewcombination ofmeanfrequency and amplitude in porcine models of cardiac arrest. *Anesth Analg* 2002;95:716–22, table of contents.
  102. 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.
  103. 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.
  104. 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.
  105. 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.
  106. 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.
  107. Indik JH, Hilwig RW, Zuercher M, Kern KB, Berg MD, Berg RA. Preshock cardiopulmonary resuscitation worsens outcome from circulatory phase ventricular fibrillation with acute coronary artery obstruction in swine. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2009;2:179–84.
  108. Baker PW, Conway J, Cotton C, et al. Defibrillation or cardiopulmonary resuscitation first for patients with out-of-hospital cardiac arrests found by paramedics to be in ventricular fibrillation? A randomised control trial. *Resuscitation* 2008;79:424–31.
  109. Jacobs IG, Finn JC, Oxer HF, Jelinek GA. CPR before defibrillation in out of hospital cardiac arrest: a randomized trial. *Emerg Med Aust* 2005;17:39–45.
  110. Hayakawa M, Gando S, Okamoto H, Asai Y, Uegaki S, Makise H. Shortening of cardiopulmonary resuscitation time before the defibrillation worsens the outcome in out-of-hospital VF patients. *Am J Emerg Med* 2009;27:470–4.
  111. Bradley SM, Gabriel EE, Aufderheide TP, et al. Survival Increases with CPR by Emergency Medical Services before defibrillation of out-of-hospital ventricular fibrillation or ventricular tachycardia: observations from the Resuscitation Outcomes Consortium. *Resuscitation* 2010;81:155–62.
  112. Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, et al. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 2009;120:1241–7.
  113. Deakin CD, Nolan JP, Soar J, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2010;81:1305–52.
  114. 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.
  115. 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.
  116. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, et al. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation* 2005;112:1259–65.
  117. Bain AC, Swerdlow CD, Love CJ, et al. Multicenter study of principles-based waveforms for external defibrillation. *Ann Emerg Med* 2001;37:5–12.
  118. 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.
  119. 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.
  120. 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.
  121. Olasveengen TM, Vik E, Kuzovlev A, Sunde K. Effect of implementation of new resuscitation guidelines on quality of cardiopulmonary resuscitation and survival. *Resuscitation* 2009;80:407–11.
  122. Bobrow BJ, Clark LL, Ewy GA, et al. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2008;299:1158–65.
  123. Steinmetz J, Barnung S, Nielsen SL, Risom M, Rasmussen LS. Improved survival after an out-of-hospital cardiac arrest using new guidelines. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;52:908–13.
  124. Jost D, Degrange H, Verret C, et al. DEFI 2005: a randomized controlled trial of the effect of automated external defibrillator cardiopulmonary resuscitation protocol on outcome from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2010;121:1614–22.
  125. Soar J, Perkins GD, Abbas G, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 2010;81:1400–33.
  126. Didon JP, Fontaine G, White RD, Jekova I, Schmid JJ, Cansell A. Clinical experience with a low-energy pulsed biphasic waveform in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2008;76:350–3.
  127. Li Y, Wang H, Cho JH, et al. Comparison of efficacy of pulsed biphasic waveform and rectilinear biphasic waveform in a short ventricular fibrillation pig model. *Resuscitation* 2009;80:1047–51.
  128. van Alem AP, Chapman FW, Lank P, Hart AA, Koster RW. A prospective, randomised and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;58:17–24.
  129. 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.
130. 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.
  131. Gliner BE, White RD. Electrocardiographic evaluation of defibrillation shocks delivered to out-of-hospital sudden cardiac arrest patients. *Resuscitation* 1999;41:133–44.
  132. Freeman K, Hendey GW, Shalit M, Stroh G. Biphasic defibrillation does not improve outcomes compared to monophasic defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care* 2008;12:152–6.
  133. Hess EP, Atkinson EJ, White RD. Increased prevalence of sustained return of spontaneous circulation following transition to biphasic waveform defibrillation. *Resuscitation* 2008;77:39–45.
  134. Kudenchuk PJ, Cobb LA, Copass MK, Olsufka M, Maynard C, Nichol G. Transthoracic incremental monophasic versus biphasic defibrillation by emergency responders (TIMBER): a randomized comparison of monophasic with biphasic waveform ascending energy defibrillation for the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest due to ventricular fibrillation. *Circulation* 2006;114:2010–8.
  135. 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.
  136. Page RL, Kerber RE, Russell JK, et al. Biphasic versus monophasic shock waveform for conversion of atrial fibrillation: the results of an international randomized, double-blind multicenter trial. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1956–63.
  137. 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.
  138. Ambler JJ, Deakin CD. A randomized controlled trial of efficacy and ST change following use of the Welch-Allyn MRL PIC biphasic waveform versus damped sine monophasic waveform for external DC cardioversion. *Resuscitation* 2006;71:146–51.
  139. Pagan-Carlo LA, Allan JJ, Spencer KT, Birkett CL, Myers R, Kerber RE. Encircling overlapping multipulse shock waveforms for transthoracic defibrillation. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:2065–71.
  140. Zhang Y, Ramabadran RS, Boddicker KA, et al. Triphasic waveforms are superior to biphasic waveforms for transthoracic defibrillation: experimental studies. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:568–75.
  141. Zhang Y, Rhee B, Davies LR, et al. Quadriphasic waveforms are superior to triphasic waveforms for transthoracic defibrillation in a cardiac arrest swine model with high impedance. *Resuscitation* 2006;68:251–8.
  142. Kerber RE. External defibrillation: new technologies. *Ann Emerg Med* 1984;13:794–7.
  143. 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.
  144. 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.
  145. Martens PR, Russell JK, Wolcke B, et al. Optimal Response to Cardiac Arrest study: defibrillation waveform effects. *Resuscitation* 2001;49:233–43.
  146. 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.
  147. 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.
  148. 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.
  149. 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.
  150. Stiell IG, Walker RG, Nesbitt LP, et al. BIPHASIC Trial: a randomized comparison of fixed lower versus escalating higher energy levels for defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007;115:1511–7.
  151. Walsh SJ, McClelland AJ, Owens CG, et al. Efficacy of distinct energy delivery protocols comparing two biphasic defibrillators for cardiac arrest. *Am J Cardiol* 2004;94:378–80.
  152. Higgins SL, Herre JM, Epstein AE, et al. A comparison of biphasic and monophasic shocks for external defibrillation. *Physio-Control Biphasic Investigators*. *Prehosp Emerg Care* 2000;4:305–13.
  153. Berg RA, Samson RA, Berg MD, et al. Better outcome after pediatric defibrillation dosage than adult dosage in a swine model of pediatric ventricular fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:786–9.
  154. Killingsworth CR, Melnick SB, Chapman FW, et al. Defibrillation threshold and cardiac responses using an external biphasic defibrillator with pediatric and adult adhesive patches in pediatric-sized piglets. *Resuscitation* 2002;55:177–85.
  155. Tang W, Weil MH, Sun S, et al. The effects of biphasic waveform design on post-resuscitation myocardial function. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1228–35.
  156. Xie J, Weil MH, Sun S, et al. High-energy defibrillation increases the severity of postresuscitation myocardial dysfunction. *Circulation* 1997;96:683–8.
  157. Koster RW, Walker RG, Chapman FW. Recurrent ventricular fibrillation during advanced life support care of patients with prehospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2008;78:252–7.
  158. Walker RG, Koster RW, Sun C, et al. Defibrillation probability and impedance change between shocks during resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2009;80:773–7.
  159. Hess EP, Russell JK, Liu PY, White RD. A high peak current 150-J fixed-energy defibrillation protocol treats recurrent ventricular fibrillation (VF) as effectively as initial VF. *Resuscitation* 2008;79:28–33.
  160. Deakin CD, Ambler JJ. Post-shock myocardial stunning: a prospective randomized double-blind comparison of monophasic and biphasic waveforms. *Resuscitation* 2006;68:329–33.
  161. Khaykin Y, Newman D, Kowalewski M, Korley V, Dorian P. Biphasic versus monophasic cardioversion in shock-resistant atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003;14:868–72.
  162. Kmec J. Comparison the effectiveness of damped sine wave monophasic and rectilinear biphasic shocks in patients with persistent atrial fibrillation. *Kardiologia* 2006;15:265–78.
  163. Kosior DA, Szulec M, Torbicki A, Opolski G, Rabczenko D. A decrease of enlarged left atrium following cardioversion of atrial fibrillation predicts the long-term maintenance of sinus rhythm. *Kardiologia Pol* 2005;62:428–37.
  164. Kuisma M, Suominen P, Korpela R. Paediatric out-of-hospital cardiac arrests: epidemiology and outcome. *Resuscitation* 1995;30:141–50.
  165. 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.
  166. Hickey RW, Cohen DM, Strausbaugh S, Dietrich AM. Pediatric patients requiring CPR in the prehospital setting. *Ann Emerg Med* 1995;25:495–501.
  167. Atkins DL, Everson-Stewart S, Sears GK, et al. Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest in children: the Resuscitation Outcomes Consortium Epistry-Cardiac Arrest. *Circulation* 2009;119:1484–91.
  168. 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.
  169. Ronco R, King W, Donley DK, Tilden SJ. Outcome. cost at a children's hospital following resuscitation for out-of-hospital cardiopulmonary arrest. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995;149:210–4.
  170. 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.
171. 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.
  172. Safranek DJ, Eisenberg MS, Larsen MP. The epidemiology of cardiac arrest in young adults. *Ann Emerg Med* 1992;21:1102-6.
  173. 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.
  174. 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.
  175. 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.
  176. 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.
  177. Atkins DL, Jorgenson DB. Attenuated pediatric electrode pads for automated external defibrillator use in children. *Resuscitation* 2005;66:31-7.
  178. Gutgesell HP, Tacker WA, Geddes LA, Davis S, Lie JT, McNamara DG. Energy dose for ventricular defibrillation of children. *Pediatrics* 1976;58:898-901.
  179. Bar-Cohen Y, Walsh EP, Love BA, Cecchin F. First appropriate use of automated external defibrillator in an infant. *Resuscitation* 2005;67:135-7.
  180. Divekar A, Soni R. Successful parental use of an automated external defibrillator for an infant with long-QT syndrome. *Pediatrics* 2006;118:e526-9.
  181. Rodriguez-Nunez A, Lopez-Herce J, Garcia C, Dominguez P, Carrillo A, Bellon JM. Pediatric defibrillation after cardiac arrest: initial response and outcome. *Crit Care* 2006;10:R113.
  182. Samson RA, Nadkarni VM, Meany PA, Carey SM, Berg MD, Berg RA. Outcomes of in-hospital ventricular fibrillation in children. *N Engl J Med* 2006;354:2328-39.
  183. Lown B. Electrical reversion of cardiac arrhythmias. *Br Heart J* 1967;29:469-89.
  184. Ambler JJ, Deakin CD. A randomised controlled trial of the effect of biphasic or monophasic waveform on the incidence and severity of cutaneous burns following external direct current cardioversion. *Resuscitation* 2006;71:293-300.
  185. 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.
  186. Boodhoo L, Mitchell AR, Bordoli G, Lloyd G, Patel N, Sulke N. DC cardioversion of persistent atrial fibrillation: a comparison of two protocols. *Int J Cardiol* 2007;114:16-21.
  187. Boos C, Thomas MD, Jones A, Clarke E, Wilbourne G, More RS. Higher energy monophasic DC cardioversion for persistent atrial fibrillation: is it time to start at 360 joules? *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2003;8:121-6.
  188. Glover BM, Walsh SJ, McCann CJ, et al. Biphasic energy selection for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. The BEST AF Trial. *Heart* 2008;94:884-7.
  189. Rashba EJ, Gold MR, Crawford FA, Lemman RB, Peters RW, Shorofsky SR. Efficacy of transthoracic cardioversion of atrial fibrillation using a biphasic, truncated exponential shock waveform at variable initial shock energies. *Am J Cardiol* 2004;94:1572-4.
  190. 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.
  191. 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.
  192. 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.
  193. Hedges JR, Syverud SA, Dalsey WC, Feero S, Easter R, Shultz B. Prehospital trial of emergency transcutaneous cardiac pacing. *Circulation* 1987;76:1337-43.
  194. 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.
  195. 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.
  196. Ornato JP, Peberdy MA. The mystery of bradysystole during cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1996;27:576-87.
  197. 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.
  198. 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.
  199. Dalsey WC, Syverud SA, Hedges JR. Emergency department use of transcutaneous pacing for cardiac arrests. *Crit Care Med* 1985;13:399-401.
  200. Knowlton AA, Falk RH. External cardiac pacing during in-hospital cardiac arrest. *Am J Cardiol* 1986;57:1295-8.
  201. Ornato JP, Carveth WL, Windle JR. Pacemaker insertion for prehospital bradysystolic cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1984;13:101-3.
  202. Stockwell B, Bellis G, Morton G, et al. Electrical injury during "hands on" defibrillation-A potential risk of internal cardioverter defibrillators? *Resuscitation* 2009;80:832-4.
  203. Monsieurs KG, Conraads VM, Goethals MP, Snoeck JP, Bossaert LL. Semiautomatic external defibrillation and implanted cardiac pacemakers: understanding the interactions during resuscitation. *Resuscitation* 1995;30:127-31.