

# EUROPEAN RESUSCITATION COUNCIL GUIDELINES FOR RESUSCITATION 2005

## SEZIONE 3

### TERAPIA ELETTRICA: DEFIBRILLATORE ESTERNO (SEMI)AUTOMATICO DEFIBRILLAZIONE, CARDIOVERSIONE E PACING

---

#### INTRODUZIONE

---

Questa sezione illustra le linee guida per la defibrillazione, effettuata utilizzando sia il defibrillatore esterno (semi)automatico (DAE) (*la legislazione attualmente in vigore si riferisce solo ai defibrillatori semiautomatici; verrà pertanto utilizzato l'acronimo DAE – Defibrillatore Automatico Esterno – per indicare entrambi gli apparecchi*) che il defibrillatore manuale.

Tutti gli operatori sanitari ed il personale laico (*intendendo con operatori sanitari il personale dei Servizi Sanitari di Emergenza, professionisti e non professionisti, e con personale laico gli operatori appartenenti agli enti istituzionali o abilitati a vario titolo all'esecuzione delle manovre di RCP, compresa la defibrillazione*), possono utilizzare il DAE (*ove abilitati seconda la vigente normativa nazionale e locale*) come componente integrante le manovre di BLS. Il defibrillatore manuale viene utilizzato durante le manovre di rianimazione cardiopolmonare avanzata (ALS). Inoltre, essendo la cardioversione sincronizzata ed il pacing disponibili su molti defibrillatori e parte integrante

delle manovre ALS, vengono anch'essi discussi in questa sezione.

La defibrillazione provoca il passaggio di una corrente elettrica attraverso il miocardio, di ampiezza tale da depolarizzare una massa critica di tessuto cardiaco così da ripristinare una sua attività elettrica spontanea e coordinata. La defibrillazione è definita come cessazione della fibrillazione o, più precisamente, l'assenza della fibrillazione ventricolare/tachicardia ventricolare (FV/TV) dopo 5 secondi dalla somministrazione dello shock. In estrema sintesi, l'obiettivo della defibrillazione è quello di ripristinare una circolazione spontanea.

La tecnologia dei defibrillatori si è rapidamente evoluta. Sugli apparati di ultima generazione è stata implementata la possibilità di fornire precise istruzioni vocali, direttamente dal DAE ai soccorritori, e la tecnologia futura permetterà di dare istruzioni sempre più specifiche. È richiesta inoltre ai defibrillatori la capacità di analizzare con precisione il ritmo, anche durante RCP, per prevenire inutili ritardi durante le manovre. L'analisi continua dell'onda elettrica potrà permettere ai

defibrillatori di calcolare il momento ottimale per erogare lo shock.

## UN ANELLO CHIAVE DELLA CATENA

---

La defibrillazione è un anello essenziale della “Catena della sopravvivenza” ed è uno dei pochi interventi che ha chiaramente dimostrato di migliorare la sopravvivenza negli ACC da FV/TV. Le linee guida pubblicate nel 2000, enfatizzavano correttamente l'importanza di una defibrillazione precoce eseguita il più rapidamente possibile. [1]

La probabilità di una defibrillazione efficace, e di sopravvivenza alla dimissione dall'ospedale, si riducono rapidamente con il passare del tempo, [2,3] e la possibilità di erogare gli shock precocemente rappresenta uno dei più importanti fattori che determinano la sopravvivenza nell'ACC. Per ogni minuto trascorso tra collasso e defibrillazione, la mortalità aumenta del 7-10% ogni minuto che trascorre senza che i testimoni eseguano la RCP. [2-4]

I sistemi di emergenza sanitaria generalmente non sono in grado di effettuare la defibrillazione, con il proprio personale, entro pochissimi minuti dalla chiamata, pertanto l'utilizzo in alternativa di soccorritori laici addestrati all'uso del DAE si sta diffondendo. I sistemi di emergenza sanitaria che hanno ridotto i tempi di defibrillazione dopo ACC, utilizzando soccorritori laici addestrati, hanno ottenuto notevoli incrementi di sopravvivenza alla dimissione ospedaliera con percentuali fino al 75%, [5-7] se la defibrillazione veniva effettuata entro 3 minuti dal collasso. [8] Questo concetto è stato esteso all'ambiente intraospedaliero dove il personale non medico, in attesa dell'arrivo dell'equipe di rianimazione, è stato addestrato

all'uso del DAE per la defibrillazione. Quando viene praticata la RCP dai testimoni presenti, la riduzione della percentuale di sopravvivenza è più favorevole e varia dal 3 al 4% per ogni minuto trascorso dal collasso alla defibrillazione; [2-4] la RCP eseguita dagli astanti può duplicare [2,3,9] o triplicare [10] la sopravvivenza di un ACC testimoniato extraospedaliero.

Tutti gli operatori sanitari con mansioni che comprendono la conoscenza delle tecniche di RCP, dovrebbero essere addestrati, equipaggiati e incoraggiati a praticare la RCP e la defibrillazione precoce. Dovrebbe essere possibile eseguire la defibrillazione precoce in tutti gli ospedali, strutture ambulatoriali o sanitarie e in aree ad elevato affollamento o transito (vedi sezione 2).

Le persone addestrate all'uso dei DAE dovrebbero essere istruite anche per l'esecuzione almeno delle compressioni toraciche esterne, in attesa dell'arrivo dell'equipe ALS, con lo scopo di ottimizzare l'efficacia della defibrillazione.

## DEFIBRILLATORI (SEMI)AUTOMATICI

---

I defibrillatori esterni (semi)automatici (DAE) sono apparecchi computerizzati, sofisticati e affidabili, che utilizzano comandi vocali e visivi per guidare i soccorritori laici e sanitari durante l'esecuzione delle manovre di RCP e defibrillazione in pazienti vittime di ACC. I DAE sono stati descritti come “...il singolo maggior progresso nel trattamento dell'ACC da FV dopo l'introduzione della RCP” [11] I progressi tecnologici, in particolare l'aumento della capacità delle batterie e il perfezionamento del software d'analisi delle aritmie, hanno reso possibile la produzione in serie di DAE affidabili e di semplice uso disponibili a costi relativamente

contenuti. [12-15] L'utilizzo dei DAE da parte dei soccorritori laici o non sanitari è discusso alla sezione 2.

## ANALISI AUTOMATICA DEL RITMO

I DAE sono dotati di microprocessori che analizzano numerose caratteristiche della traccia ECG, incluse la frequenza e l'ampiezza. Alcuni DAE sono programmati per rilevare i movimenti spontanei dei pazienti o indotti da altri. Presto l'evoluzione tecnologica renderà possibile avere informazioni sulla frequenza e profondità delle compressioni toraciche durante RCP, con la possibilità di migliorare la performance delle tecniche BLS di tutti i soccorritori. [16,17]

I DAE sono stati ampiamente valutati in molti studi clinici, utilizzando librerie con esempi di ritmi registrati sia negli adulti [18,19] che nei bambini. [20,21] Essi sono estremamente accurati nell'analisi del ritmo. Sebbene i DAE non siano stati progettati per l'erogazione di shock sincronizzati (*cardioversione*), tutti i DAE suggeriscono l'erogazione dello shock per la TV, se la frequenza e la morfologia dell'onda R eccedono i valori impostati (*in questa situazione la conferma della presenza dell'ACC dipende esclusivamente dalla valutazione del soccorritore; vedi sezione 2*).

## DAE INTRAOSPEDALIERO

Al momento della Consensus Conference 2005, non erano ancora stati pubblicati lavori scientifici, con trial randomizzati, che comparavano l'uso in ospedale del DAE vs il defibrillatore manuale. Due studi di livello minore, condotti su adulti con ACC e

ritmo defibrillabile in sede intraospedaliera, hanno dimostrato una maggior sopravvivenza alla dimissione con l'uso del DAE vs l'uso del solo defibrillatore manuale. [22,23] Uno studio eseguito su manichini ha dimostrato che l'uso del DAE incrementa sensibilmente la probabilità di erogazione di tre shock, ma aumenta il tempo di somministrazione, se paragonato al defibrillatore manuale. [24] Uno studio su ACC simulati in pazienti monitorizzati ha, al contrario, dimostrato che l'utilizzo di defibrillatori (semi)automatici riduce il tempo di defibrillazione se comparati con i manuali. [25]

Il ritardo nella defibrillazione si verifica in pazienti non monitorizzati o in pazienti ambulatoriali. In questi contesti possono trascorrere molti minuti prima che l'equipe di rianimazione arrivi con un defibrillatore ed eroghi gli shock. [26]

Nonostante le limitate evidenze scientifiche, i DAE dovrebbero essere considerati, in ambiente ospedaliero, come un sistema per agevolare la defibrillazione precoce (con obiettivo di intervento entro 3 minuti dal collasso) specialmente in aree dove opera personale con scarse capacità o consuetudine di gestione dell'ACC o che raramente utilizza il defibrillatore.

Dovrebbe quindi essere implementato un efficace sistema di addestramento e rivalutazione periodica del personale. Si dovrebbe inoltre formare un adeguato numero di operatori con lo scopo di defibrillare i pazienti precocemente e ovunque all'interno dell'ospedale, entro 3 min. dal collasso. Dovrebbero infine essere monitorati gli intervalli di tempo tra il collasso ed il primo shock e le percentuali di sopravvivenza alla dimissione dei pazienti.

## STRATEGIE PRIMA DI DEFIBRILLARE

---

### OSSIGENAZIONE IN SICUREZZA

---

In un ambiente arricchito di ossigeno una scintilla, provocata da una scorretta applicazione delle piastre per la defibrillazione, può innescare un incendio. [27-32] Sono stati descritti alcuni incendi provocati in questo modo, e molti hanno provocato ai pazienti serie ustioni. I rischi di incendio durante defibrillazione possono essere minimizzati prendendo alcune precauzioni:

- Allontana la via di somministrazione dell'ossigeno (maschera o cannula nasale) ad almeno un metro dal torace del paziente.
- Lascia il pallone autoespansibile connesso al tubo endotracheale, o al dispositivo utilizzato per il controllo delle vie aeree. In alternativa, stacca il pallone autoespansibile dal tubo endotracheale (o da altri dispositivi come maschera laringea, combitube o tubo laringeo) ed allontanalo ad almeno un metro dal torace del paziente, durante la defibrillazione.
- Se il paziente è connesso ad un ventilatore, ad esempio in sala operatoria o in terapia intensiva, lascia collegato il circuito di ventilazione al tubo endotracheale, a meno che le compressioni toraciche non impediscano al ventilatore l'erogazione, al paziente, di un adeguato volume corrente. In questo caso, il ventilatore viene solitamente sostituito da un pallone autoespansibile che può essere lasciato connesso o allontanato, durante defibrillazione, ad almeno un metro dal torace. Se il circuito di ventilazione è deconnesso, deve essere posto ad almeno un

metro dal torace del paziente o, meglio ancora, il ventilatore dovrebbe essere spento; i moderni ventilatori infatti generano flussi elevati di ossigeno quando vengono scollegati dal paziente. Normalmente, quando il circuito di ventilazione è connesso al tubo tracheale, l'ossigeno proveniente dal paziente viene smaltito dal sistema di condizionamento dell'ambiente, presente in terapia intensiva, riducendone la concentrazione nell'area interessata dalla defibrillazione. I pazienti ricoverati in terapia intensiva, per mantenere una adeguata ossigenazione, talvolta necessitano di una pressione positiva di fine espirazione (PEEP); durante cardioversione, quando la circolazione spontanea consente una potenziale corretta ossigenazione del sangue, è particolarmente utile mantenere il paziente critico connesso al ventilatore durante la somministrazione degli shock.

- Minimizza il rischio di scintille durante defibrillazione. Teoricamente le piastre adesive hanno meno probabilità di causare scintille rispetto alle piastre manuali.

### IL CONTATTO ELETTRICO

---

Una tecnica ottimale per la defibrillazione tende a somministrare corrente elettrica, attraverso il miocardio fibrillante, con la minor impedenza transtoracica possibile. (*resistenza offerta dalle strutture toraciche al passaggio di corrente elettrica*)

L'impedenza transtoracica varia notevolmente in funzione della massa corporea, ed è approssimativamente pari a 70-80  $\Omega$  nei soggetti adulti. [33,34] Le tecniche di seguito descritte

suggeriscono il posizionamento degli elettrodi esterni (piastre adesive o manuali) in modo ottimale, e intendono fornire consigli per minimizzare l'impedenza transtoracica.

### **RASATURA DEL TORACE**

---

Nei pazienti con cospicua peluria toracica si crea uno strato di aria tra elettrodi e cute che provoca uno scarso contatto elettrico. Ciò causa una elevata impedenza, riduce l'efficacia della defibrillazione, aumenta il rischio di formazione di archi elettrici (scintille) tra gli elettrodi o tra elettrodo e cute e determina una maggior probabilità di causare ustioni al torace del paziente. Potrebbe pertanto essere necessaria una rapida rasatura dell'area dove si intendono applicare gli elettrodi; è importante tuttavia non ritardare la defibrillazione se non è immediatamente disponibile un rasoio. La sola rasatura del torace può ridurre leggermente l'impedenza transtoracica ed è pertanto raccomandata prima dell'esecuzione della cardioversione in elezione. [35]

### **PRESSIONE SULLE PIASTRE**

---

Se utilizzate le piastre manuali, queste vanno mantenute saldamente sulla parete toracica esercitando una pressione adeguata. Ciò riduce l'impedenza transtoracica, aumentando la superficie di contatto tra gli elettrodi e la cute e riducendo il volume toracico. [36] L'operatore dovrebbe sempre esercitare, con le piastre manuali, una pressione sul torace con una forza ottimale pari a 8 Kg negli adulti, [37] e 5 Kg nei bambini tra 1 e 8 anni, quando si utilizzano piastre

per adulti; [38] 8 Kg di forza possono essere esercitati solo da membri molto forti del team di soccorso e pertanto è raccomandabile che siano questi soccorritori ad utilizzare le piastre durante defibrillazione. Diversamente dalle piastre adesive, quelle manuali hanno una superficie di contatto metallica rigida che richiede l'utilizzo di sostanze conduttive, interposte tra la cute e l'elettrodo, in grado di aumentare il grado di contatto elettrico. L'utilizzo delle piastre manuali senza pasta conduttrice, provoca un aumento dell'impedenza transtoracica e favorisce il rischio di archi elettrici con conseguenti ustioni cutanee da defibrillazione.

### **POSIZIONE DEGLI ELETTRODI**

---

Non esistono studi sull'uomo che abbiano valutato la posizione degli elettrodi come determinante della sopravvivenza alla FV/TV o del recupero del circolo spontaneo (ROSC). La corrente che attraversa il miocardio, durante defibrillazione, è verosimilmente massima quando gli elettrodi sono posti in modo tale che l'area cardiaca responsabile della fibrillazione sia direttamente interposta tra essi, ad esempio i ventricoli nella FV/TV o gli atri nella fibrillazione atriale (FA). Pertanto la posizione ottimale degli elettrodi può non essere la stessa per il trattamento delle aritmie atriali o ventricolari. Molti pazienti sono portatori di dispositivi medici impiantabili (es. pacemaker permanenti, defibrillatori o cardiovertitori automatici – AICD – ). Per questi pazienti è raccomandabile la presenza di un braccialetto di segnalazione per il personale sanitario o soccorritore laico. Questi apparati possono essere danneggiati durante defibrillazione, se la corrente viene somministrata direttamente da elettrodi posti sopra di essi. Gli

elettrodi pertanto vanno posizionati lontano dagli apparati, utilizzando posizioni alternative così come descritto di seguito. I defibrillatori impiantabili defibrillano automaticamente, in caso di FV/TV, non più di sei volte consecutivamente. Ulteriori shock vengono erogati solo se si verificano nuovi episodi di FV/TV. Raramente si verificano shock ripetuti per malfunzionamento dell'apparato o rottura del sensore; in questi casi, il paziente potrebbe essere cosciente, con ECG che mostra una frequenza cardiaca relativamente normale. Un magnete posto sull'AICD può, in queste situazioni, disattivare il dispositivo. Lo shock erogato dagli AICD può causare contrazione della muscolatura pettorale, ma un soccorritore che toccasse il paziente non riceverebbe alcuna scossa. La funzionalità dei dispositivi impiantabili dovrebbe essere sempre verificata, in ambiente specialistico, dopo defibrillazione esterna, sia per controllare la funzionalità dell'apparato che la soglia di stimolazione/defibrillazione del sensore.

I cerotti per la somministrazione transdermica di farmaci possono ostacolare un buon contatto elettrico, se gli elettrodi vengono posti direttamente sopra di essi durante defibrillazione, provocando archi voltaici e conseguenti ustioni; [39,40] è consigliabile pertanto rimuoverli e pulire l'area prima di applicare le piastre.

Per le aritmie ventricolari (FV/TV) le piastre (manuali o adesive) vanno applicate nella posizione convenzionale sterno-apicale. L'elettrodo destro (sternale) a destra dello sterno del paziente, sotto la clavicola. L'apicale sulla linea ascellare media all'altezza della derivazione ECG V6 o del seno femminile. Questa posizione dovrebbe essere lontana dal tessuto mammario,

ed è importante quindi che l'elettrodo venga posizionato sufficientemente lateralmente.

Altre posizioni accettabili delle piastre sono:

- entrambi gli elettrodi sono posti lateralmente alla gabbia toracica, uno a destra ed uno a sinistra (posizione bi-ascellare);
- un elettrodo viene posto nella posizione standard apicale e l'altro nella parte superiore, destra o sinistra, del dorso;
- un elettrodo viene posto anteriormente, in corrispondenza dell'area precordiale sinistra e l'altro posteriormente, subito al disotto della scapola sinistra.

Non ha importanza quale elettrodo (apice/sterno) venga messo in una o nell'altra delle due posizioni nelle combinazioni consigliate.

È stato dimostrato nella donna che l'impedenza transtoracica viene minimizzata quando l'elettrodo apicale non viene posizionato al disopra del seno.

[41] Gli elettrodi di forma asimmetrica (*rettangolare, ovale o ellittica*), posizionati in sede apicale, hanno una minor impedenza se orientati longitudinalmente anziché trasversalmente. [42] L'asse lungo della piastra manuale, posizionata in sede apicale, è opportuno che venga orientata anch'essa in direzione cranio-caudale (*longitudinale*).

La fibrillazione atriale è sostenuta da un circuito funzionale di rientro posto in sede atriale sinistra. Poiché l'atrio sinistro è posizionato posteriormente nel torace, è verosimile una maggior efficacia della cardioversione esterna, nella FA, con elettrodi posizionati antero-posteriormente. [43] Molti [44,45] ma non tutti, [46,47] gli studi hanno dimostrato una maggior efficacia della posizione antero-posteriore rispetto alla tradizionale sterno-

apicale, nella cardioversione di elezione della FA. L'efficacia della cardioversione può dipendere in minor misura dalla posizione degli elettrodi quando si utilizza un'onda bifasica compensata per l'impedenza. [48] Entrambe le posizioni sono sicure ed efficaci per la cardioversione delle aritmie atriali.

## **FASE RESPIRATORIA**

---

L'impedenza transtoracica varia con le fasi della respirazione, divenendo minima alla fine dell'espirazione. Se possibile la defibrillazione dovrebbe essere eseguita in questa fase del ciclo respiratorio. La pressione positiva di fine espirazione (PEEP) aumenta l'impedenza transtoracica e dovrebbe pertanto essere ridotta durante defibrillazione. L'auto PEEP (intrappolamento polmonare dell'aria) è particolarmente elevata nei pazienti asmatici e pertanto, potrebbe essere necessaria una energia più elevata per la defibrillazione. [49]

## **DIMENSIONE DEGLI ELETTRODI**

---

L'Associazione per lo sviluppo della Strumentazione in campo Medico, raccomanda una dimensione minima per gli elettrodi con una superficie totale di contatto pari a 150 cm<sup>2</sup>. [50] Elettrodi più grandi hanno una minor impedenza ma, se eccessivamente grandi, generano una corrente transmiodica ridotta. [51] Per la defibrillazione in soggetti adulti, sia per le piastre manuali che adesive, sono utilizzati efficacemente presidi di dimensioni pari a 8-12 cm. di diametro. Il successo della defibrillazione può

essere maggiore con elettrodi di diametro pari a 12 cm. se comparata con quella di 8 cm. [34,52]

Gli elettrodi standard degli apparati DAE, sono adatti per l'uso in pazienti pediatrici di età superiore agli 8 anni. Per età comprese tra 1 ed 8 anni, utilizzate piastre pediatriche, dotate di attenuatore, per ridurre l'energia erogata; se non è possibile, utilizzate il DAE standard con le piastre adesive per adulti, avendo cura di non applicarle sul torace sovrapponendole. L'uso del DAE sotto 1 anno di età non è raccomandato.

## **SOSTANZE CONDUTTRICI**

---

Se utilizzate le piastre manuali, è preferibile il gel specifico per le piastre alla pasta o gel per elettrodi, poiché questi ultimi possono spargersi tra le piastre e causare archi elettrici e scintille. Non utilizzate le sole piastre manuali senza materiale conduttore interposto, poiché l'elevata impedenza può provocare gravi ustioni cutanee. Non utilizzate gel o paste ad uso sanitario ma dotate di scarsa conduttività elettrica (es. gel per esami ecografici). Le piastre adesive sono da preferirsi per il minor rischio di spargimento di gel con conseguenti archi elettrici (ustioni) e defibrillazione inefficace.

## **PIASTRE MANUALI VERSUS ADESIVE**

---

Le piastre adesive sono sicure ed efficaci e sono da preferirsi alle piastre manuali standard. [52]. Il loro uso dovrebbe essere considerato in situazioni di peri-arresto ed in situazioni cliniche dove l'accesso al paziente è difficoltoso.

Le piastre adesive hanno impedenza transtoracica simile (e quindi efficacia) [53,54] rispetto alle piastre manuali, permettendo all'operatore di

defibrillare ad una distanza di sicurezza, invece che chinato sopra il paziente (come accade per le piastre manuali).

Quando vengono utilizzate per il monitoraggio iniziale del ritmo, sia le piastre manuali che le adesive permettono di erogare più velocemente il primo shock, se confrontate con gli elettrodi ECG standard; le piastre adesive sono tuttavia di uso più rapido. [55]

Quando le piastre manuali vengono utilizzate con il gel, gli elettroliti contenuti nel gel stesso si polarizzano dopo lo shock, riducendone la conduzione dopo la defibrillazione. Questo fenomeno può causare asistolie spurie che possono persistere per 3-4 minuti se le piastre manuali sono utilizzate per monitorare il ritmo; ciò non è stato descritto per le piastre adesive. [56,57] Quando si utilizza la combinazione piastre manuali/gel, è necessario confermare la diagnosi di asistolia posizionando gli elettrodi ECG standard, oltre che con le piastre.

#### **ANALISI DELLA FORMA D'ONDA FV**

È possibile predire con attendibilità variabile, dalla forma d'onda di fibrillazione ventricolare, il successo della defibrillazione. [58-77]

Se in futuro, con studi prospettici, sarà definita la forma d'onda ottimale per la defibrillazione ed il momento migliore per somministrare lo shock, sarà possibile prevenire l'erogazione di shock con energia troppo elevata minimizzando i danni al miocardio.

Questa tecnologia è attualmente in fase di sviluppo e studio.

#### **RCP O DEFIBRILLAZIONE IMMEDIATA**

Sebbene le precedenti linee guida avessero raccomandato la defibrillazione immediata per tutti i ritmi "shockabili", recenti evidenze scientifiche hanno suggerito che un periodo di RCP prima della defibrillazione può essere utile dopo tempi di collasso prolungati. In studi clinici su pazienti adulti con ACC in sede extraospedaliera e dove il tempo di risposta superava i 4-5 minuti, un periodo di RCP prima dello shock eseguita dai soccorritori laici o sanitari, migliorava la percentuale di recupero del circolo spontaneo (ROSC), la sopravvivenza alla dimissione dall'ospedale, [78,79] e ad 1 anno, [79] se comparata con la defibrillazione immediata. In contrasto con i precedenti, un singolo studio randomizzato, eseguito anch'esso su soggetti adulti con ACC da FV/TV in sede extraospedaliera, non ha dimostrato un miglioramento del ROSC o della sopravvivenza, dopo 1,5 minuti di RCP eseguita dai soccorritori sanitari. [80] In studi su animali in FV da almeno 5 minuti, la RCP prima della defibrillazione aumenta la sopravvivenza e i parametri emodinamici. [81-83] Non sembra possibile tuttavia confrontare i dati di sopravvivenza, ottenuti dai soccorritori sanitari che praticano la RCP, includendo intubazione e somministrazione di ossigeno al 100%, [79] con quelli dei soccorritori laici che praticano una RCP di qualità inferiore con la ventilazione bocca-bocca. È ragionevole che il personale dei Sistemi Sanitari d'Emergenza pratichi la RCP per circa 2 minuti (es. circa 5 cicli 30:2) prima della defibrillazione, in pazienti con collasso prolungato (più di 5 minuti). La durata del collasso è frequentemente difficile da stimare con precisione, è pertanto più semplice

istruire il personale dei Sistemi d Emergenza Sanitaria a praticare sempre la RCP prima della defibrillazione, quando l'arresto non è stato testimoniato.

In considerazione delle deboli evidenze scientifiche disponibili, i singoli direttori dei Sistemi Sanitari d'Emergenza dovrebbero scegliere se implementare o no la strategia della RCP pre-defibrillazione nel proprio contesto organizzativo; inevitabilmente i protocolli potranno variare in relazione all'organizzazione ed alle circostanze locali. Il personale laico e i soccorritori non sanitari che utilizzano i DAE dovrebbero defibrillare il più rapidamente possibile. Non esistono evidenze che sostengano o respingano l'uso della strategia RCP predefibrillazione in ambiente ospedaliero (sezione 4b e 4c)

L'importanza delle compressioni toraciche esterne, eseguite precocemente e senza interruzioni, è stata molto enfatizzata in queste linee guida. In pratica, è spesso difficile accertare l'esatto tempo trascorso dal collasso e, comunque, la RCP deve essere iniziata il più presto possibile. Il soccorritore che esegue le compressioni toraciche dovrebbe interromperle solo per consentire l'analisi del ritmo e l'erogazione dello shock, e dovrebbe essere pronto a riprendere la RCP subito dopo la somministrazione dello shock. Quando sono presenti due soccorritori, quello addetto al DAE dovrebbe applicare gli elettrodi mentre il primo esegue la RCP. La RCP deve essere interrotta solo quando è necessario analizzare il ritmo e/o erogare lo shock. Il soccorritore addetto al DAE dovrebbe essere addestrato ad erogare lo shock appena l'analisi è completata e lo shock necessario, verificando che nessun soccorritore sia

a contatto con la vittima. Il singolo soccorritore dovrebbe eseguire in modo coordinato la RCP abbinata all'uso efficiente del DAE.

## **SEQUENZA A 1 VERSUS 3 SHOCK**

---

Non esistono studi pubblicati su esseri umani o su animali, che confrontino protocolli a singolo shock con protocolli a tre shock sequenziali per il trattamento dell'ACC da FV. Studi su animali mostrano che una interruzione relativamente breve delle compressioni toraciche esterne per eseguire la ventilazioni [84,85] o per effettuare l'analisi del ritmo [86] sono associate a disfunzioni miocardiche post-rianimazione e ridotta sopravvivenza. L'interruzione delle compressioni toraciche esterne riduce inoltre la probabilità di convertire la FV in un altro ritmo. [87] L'analisi delle performance durante RCP, in ACC occorsi in sede extraospedaliera [16,38] ed intraospedaliera, [17] ha dimostrato che significative interruzioni delle compressioni toraciche sono comuni, con tempi di compressione che vanno dal 51% [16] al 76% [17] del tempo totale di RCP.

Con il protocollo che prevede 3 shock consecutivi, raccomandato nelle linee guida del 2000, l'interruzione della RCP per consentire le analisi del ritmo da parte del DAE sono significative. Sono stati riportati ritardi di più di 37 secondi tra gli shock e l'inizio delle compressioni toraciche esterne. [89] Una efficacia del primo shock ad onda bifasica, pari a più del 90%, [90-93] e la minor probabilità di convertire con successo una FV successivamente, suggeriscono la necessità di un periodo di RCP prima degli shock successivi al primo.

Pertanto, immediatamente dopo aver erogato il primo shock, senza rivalutare il ritmo o la presenza di polso centrale, si dovrebbe riprendere la RCP (30 compressioni: 2 ventilazioni) per 2 minuti prima di somministrare un altro shock (se indicato) (sezione 4c). Anche se lo shock è stato in grado di convertire il ritmo in una attività cardiaca con perfusione, è molto raro riuscire a percepire mediante palpazione un polso centrale immediatamente dopo defibrillazione, ed il tempo perso nel cercare un polso valido può compromettere ulteriormente il miocardio se non si è instaurato un ritmo efficace. [89] In uno studio dove è stato utilizzato il DAE per ACC con FV, in sede extraospedaliera, il polso è stato rilevato in solo il 2.5% dei pazienti (12/481) quando veniva ricercato dopo lo shock, sebbene il polso sia stato talvolta rilevato dopo la serie iniziale di shock (e dopo la seconda sequenza) nel 24.5% (118/481) dei pazienti. [93] Se un ritmo valido viene ripristinato, le compressioni toraciche non aumentano le possibilità di indurre una nuova FV. [94]

La strategia con singolo shock è applicabile sia con defibrillatori ad onda bifasica che monofasica.

#### **FORMA D'ONDA E LIVELLI DI ENERGIA**

La defibrillazione richiede l'erogazione di energia elettrica sufficiente per defibrillare una massa critica di miocardio, abolire il fronte d'onda della FV e permettere il ripristino di una attività elettrica spontanea e sincronizzata, sotto forma di ritmo cardiaco spontaneo. Il valore ottimale di energia necessaria è quella che ottiene il risultato provocando i minori danni miocardici possibili. [33] La selezione di un appropriato livello di energia

riduce inoltre il numero di shock sequenziali, cosa che, in ultima analisi, riduce il danno miocardico. [95]

Dopo una cauta e progressiva introduzione, risalente alla decade scorsa, attualmente vengono preferiti ai defibrillatori monofasici, i DAE che erogano energia sotto forma di onda bifasica.

I defibrillatori monofasici, che probabilmente non verranno più prodotti, sebbene molti siano tuttora in uso, erogano corrente di tipo unipolare (es. corrente con flusso in una sola direzione). Esistono due tipi principali di onda monofasica. La più comune è l'onda monofasica sinusoidale smorzata (MDS) (figura 3.1) che ritorna gradualmente al valore nullo di corrente. L'onda monofasica troncata esponenziale (MTE) viene elettronicamente interrotta prima che raggiunga il valore nullo di corrente (figura 3.2).

I defibrillatori bifasici, al contrario, erogano corrente con flusso in una direzione (positiva) per un tempo specifico, prima di invertire tale flusso in direzione opposta (negativa) per il tempo restante di scarica elettrica. Esistono due tipi principali di onda bifasica: la bifasica esponenziale troncata (BTE) (figura 3.3) e la bifasica rettilinea (RLB) (figura 3.4). I defibrillatori bifasici compensano elettronicamente le variazioni di impedenza transtoracica, variando l'ampiezza e la durata dell'onda erogata. Il rapporto ottimale tra la durata della prima fase e quello della seconda fase e l'ampiezza di picco, non sono ancora stati determinati. Se onde differenti abbiano efficacia diversa sull'FV di durata più o meno prolungata è tuttora non noto.

Tutti i defibrillatori manuali e (semi)automatici, che consentono di selezionare manualmente i livelli di

energia, dovrebbero indicare chiaramente la tipologia di onda utilizzata (monofasica o bifasica) e i livelli di energia raccomandati per la defibrillazione di FV/TV. L'efficacia del primo shock su FV/TV di lunga durata è maggiore con i defibrillatori bifasici rispetto ai monofasici, [96-98] ed inoltre l'utilizzo dei primi è raccomandato ogni qualvolta sia possibile. I livelli di energia ottimale per entrambi i tipi di defibrillatore non sono noti. Le raccomandazioni per i livelli di energia sono basate sul consenso, conseguente ad una attenta analisi della letteratura corrente. Sebbene i livelli di energia vengano selezionati sull'apparecchiatura, è il flusso di corrente transmiocardico che determina la defibrillazione. Il flusso di corrente è ben correlato con il successo della defibrillazione e della cardioversione. [99] La corrente ottimale per la defibrillazione, quando si utilizzi un apparecchio monofasico, varia da 30 a 40 Ampere. Evidenze indirette, ottenute con misurazioni effettuate durante cardioversione per FA, suggeriscono che la corrente transmiocardica sia, durante defibrillazione con onda bifasica, pari a 15-20 Ampere. [100] La tecnologia futura consentirà di costruire defibrillatori in grado di erogare gli shock in funzione del valore di corrente transtoracica desiderato: tale strategia potrà portare a grossi miglioramenti per il successo della defibrillazione. L'ampiezza del picco di corrente, la corrente media e la durata delle fasi, richiedono tutti ulteriori studi per determinarne i valori ottimali, e i produttori vanno stimolati ad esplorare la possibilità di un passaggio da defibrillatori basati sui livelli di energia a apparati basati sui livelli di corrente.

## IL PRIMO SHOCK

---

L'efficacia del primo shock, erogato con defibrillatori monofasici in ACC di lunga durata, è stata riportata tra il 54% e il 63%, con energia di 200 Joule e onda MTE, [97,101] e tra il 77% e 91% con 200 Joule e onda MDS. [96-98, 101] A causa della scarsa efficacia di questa tipologia d'onda, la raccomandazione per i livelli di energia del primo shock, erogato con defibrillatori monofasici, è di 360 Joule. Sebbene più alti livelli di energia possano provocare danni miocardici maggiori, i benefici di una precoce conversione ad un ritmo efficace sono indubbiamente maggiori. I blocchi atrio-ventricolari (*contrazioni atriali e ventricolari dissociate e quindi non più sequenziali*) sono più comuni con elevati livelli di energia monofasica, ma sono generalmente transitori e non hanno effetti sulla sopravvivenza alla dimissione ospedaliera. [102] Solo 1 studio su 27, eseguito su animali, ha dimostrato danni conseguenti all'uso di elevati livelli di energia per la defibrillazione. [103] Non esistono evidenze scientifiche che una forma d'onda bifasica o un apparato siano migliori rispetto ad un altro. L'efficacia del primo shock con onda BTE a 150-200 Joule è stata descritta pari al 86% - 98%. [96,97,101,104,105] L'efficacia del primo shock con onda RLB a 120 Joule è superiore all'85% (dati personali presentati, non pubblicati). [98] Lo shock iniziale, erogato con onda bifasica, non dovrebbe essere inferiore a 120 Joule, per onde RBL, e a 150 Joule, per onde BTE. Idealmente lo shock bifasico iniziale dovrebbe essere pari ad almeno 150 Joule per tutte le tipologie di onde.

I costruttori di defibrillatori dovrebbero riportare in modo visibile sui propri apparecchi bifasici, il range dei livelli di energia ritenuti efficaci. Se all'utilizzatore del DAE non sono noti i livelli di energia efficaci propri dell'apparecchio, dovrebbe comunque utilizzare 200 Joule per il primo shock. Questo livello (200 Joule) è stato scelto poiché rientra nei range di energia descritti efficaci per il primo ed i successivi shock bifasici ed inoltre viene erogato da ogni DAE bifasico disponibile oggi in commercio. Questo livello di energia è il risultato del consenso degli studiosi e non la dose ideale raccomandata. Se l'apparato DAE riporta chiaramente i valori consigliati e i soccorritori conoscono il defibrillatore e lo utilizzano comunemente, non è necessario iniziare obbligatoriamente con valori di 200 Joule di energia per il primo shock. Sono necessarie ulteriori ricerche per stabilire definitivamente i livelli di energia più appropriati sia per l'onda monofasica che bifasica .

#### **IL SECONDO SHOCK E I SUCCESSIVI**

---

Con i defibrillatori monofasici, se la shock iniziale a 360 Joule non ha avuto successo, il secondo ed i successivi devono essere erogati allo stesso livello di energia.

Con i defibrillatori bifasici, non esistono evidenze scientifiche che supportino protocolli ad energia costante o progressiva. Sono accettabili entrambe le strategie; comunque, se il primo shock non ha avuto successo ed il DAE può incrementare i livelli di energia, è ragionevole somministrare il secondo shock ed i successivi ad una energia più elevata. Se il soccorritore non conosce il range di efficacia dell'apparecchio in uso ed ha somministrato un

primo shock a 200 Joule, dovrebbe somministrare gli shock successivi ad energia uguale o superiore in relazione alle possibilità offerte dal DAE.

Se un ritmo defibrillabile si ripresenta dopo una defibrillazione eseguita con successo (FV ricorrente), con o senza ROSC, è consigliabile somministrare lo shock successivo ai livelli di energia utilizzati in precedenza con risultati positivi.

## **ALTRI ASPETTI CORRELATI ALLA FV**

---

### **DEFIBRILLAZIONE NEI BAMBINI**

---

L'ACC è poco comune nei bambini. L'eziologia è generalmente costituita da trauma e/o ipossia. [106-108] La FV è relativamente rara, se confrontata con gli ACC negli adulti, e si verifica nel 7% - 15% degli arresti in soggetti di età pediatrica o in adolescenti. [108-112] Le cause più comuni di FV nei bambini comprendono i traumi, malattie cardiache congenite, allungamento dell'intervallo QT, intossicazioni da farmaci e ipotermia. Una rapida defibrillazione in questi pazienti è in grado di aumentare la sopravvivenza. [112,113]

I livelli ottimali di energia ottimali, le forme d'onda e la sequenza degli shock sono sconosciuti ma, come negli adulti, gli shock con onda bifasica appaiono essere efficaci, con minor danno miocardico, almeno quanto quelli monofasici. [114-116] I limiti superiori di energia che garantiscano una defibrillazione sicura sono sconosciuti, ma livelli eccedenti quelli consigliati come massimi nelle precedenti linee guida, pari a 4 Joule/Kg di peso (fino a 9 Joule/Kg di peso) si sono dimostrati

efficaci senza provocare danni significativi. [20,117,118] I livelli di energia raccomandati per i defibrillatori monofasici sono 4 Joule/Kg di peso, per lo shock iniziale ed i successivi.

Lo stesso livello di energia è raccomandato per i defibrillatori bifasici manuali. [119]

Come per gli adulti, nei ritmi defibrillabile ricorrenti deve essere utilizzato l'ultimo livello di energia dimostratosi efficace.

#### **DEFIBRILLAZIONE "ALLA CIECA"**

L'erogazione di shock senza monitoraggio o senza una diagnosi elettrocardiografia di ritmo (*visiva o automatica*), viene definita defibrillazione "alla cieca".

La defibrillazione "alla cieca" non è più necessaria. Le piastre manuali, insieme alla possibilità di una rapida valutazione del ritmo, sono disponibili nei moderni defibrillatori e sono ampiamente diffusi.

I DAE utilizzano algoritmi di identificazione della FV affidabile e provata.

#### **ASISTOLIA SPURIA E FV OCCULTA**

Raramente può essere presente in alcune derivazioni una grossolana FV (*con alte onde*) e contemporaneamente, nelle derivazioni perpendicolari (*a 90° rispetto alle precedenti*), una FV con onde molto piccole; tale situazione viene definita FV occulta o misconosciuta. In queste circostanze può essere visibile al monitor una linea piatta che simula l'asistolia e l'esame di due derivazioni perpendicolari consente la diagnosi corretta.

Di importanza maggiore è uno studio che ha evidenziato come l'asistolia spuria, una linea piatta

prodotta da problemi di tipo tecnico, (es. defibrillatore non alimentato, derivazioni non connesse, amplificazione del segnale elettrico troppo basso, selezione non corretta della derivazione, o polarizzazione del gel interposto tra cute e piastre) sia di gran lunga più frequente della FV occulta. [120]

Non esistono evidenze scientifiche che dimostrino un beneficio derivante dalla defibrillazione in una asistolia vera. Studi in bambini [121] e in adulti [122] non hanno dimostrato alcun beneficio ottenuto dalla defibrillazione durante asistolia. Al contrario, ripetute defibrillazioni possono causare danni miocardici.

#### **PUGNO PRECORDIALE**

Non sono disponibili studi prospettici che hanno valutato l'utilizzo del pugno precordiale. Il rationale di questa manovra è che l'energia meccanica conseguente al pugno precordiale, trasformandosi in energia elettrica, sia sufficiente ad ottenere una cardioversione. [123] La soglia di energia elettrica, necessaria per una defibrillazione efficace, cresce rapidamente dopo l'inizio dell'aritmia e la quantità di energia elettrica generata dal pugno precordiale, dopo pochi secondi dall'esordio della FV/TV, diviene insufficiente. Il pugno precordiale ha maggiori probabilità di convertire una TV in ritmo sinusale.

Il trattamento con successo di una FV mediante pugno precordiale è assai poco frequente: in tutti i casi riportati il pugno veniva somministrato entro 10 secondi dall'esordio della FV. [123] Sebbene tre casistiche [124-126] abbiano dimostrato l'efficacia del pugno precordiale nel ristabilire un ritmo valido durante FV/TV, esistono osservazioni occasionali

di pugno che ha provocato deterioramento del ritmo cardiaco, come accelerazione di una TV preesistente, conversione di TV in FV, blocco cardiaco completo e asistolia. [125, 127-132]

Il pugno precordiale pertanto deve essere considerato quando un ACC sia rapidamente confermato da testimoni e non sia immediatamente disponibile un defibrillatore. Queste evenienze sono molto più frequenti nei pazienti monitorizzati.

Il pugno precordiale deve quindi essere somministrato immediatamente dopo la conferma di ACC e da personale sanitario professionista e addestrato nell'esecuzione di questa tecnica.

La tecnica consiste nell'utilizzare il margine ulnare del pugno ben stretto, dando un colpo secco sulla metà inferiore dello sterno, partendo da una altezza di circa 20 cm, e ritraendo immediatamente il pugno, così da creare un stimolo meccanico simile alla defibrillazione.

## CARDIOVERSIONE

---

Se la cardioversione elettrica viene utilizzata per convertire le tachiaritmie atriali o ventricolari, lo shock deve essere sincronizzato, affinché venga erogato dal defibrillatore in corrispondenza dell'onda R dell'ECG, invece che dell'onda T: lo shock somministrato durante il periodo relativamente refrattario del ciclo cardiaco (onda T), può indurre infatti episodi di FV. [133]

La sincronizzazione può essere difficoltosa durante TV a causa dei complessi larghi e di forma variabile, tipici di questa aritmia. Se non si ottiene la sincronizzazione, nei pazienti instabili con TV deve essere praticata la cardioversione con shock desincronizzato, al fine di ridurre la latenza di ripristino di un ritmo sinusale. La FV e la TV senza polso non richiedono sincronizzazione.

I pazienti coscienti richiedono una sedazione o una anestesia prima di iniziare la cardioversione.

## FIBRILLAZIONE ATRIALE

---

L'onda bifasica è più efficace rispetto all'onda monofasica per la cardioversione della FA. [100,134,135]; se disponibile pertanto è preferibile un defibrillatore bifasica ad un monofasico.

## ONDA MONOFASICA

---

Uno studio sulla cardioversione elettrica della FA, indica che uno shock pari a 360 Joule con un onda MDS (monofasica sinusoidale smorzata), è più efficace di shock a 100 o 200 Joule MDS. [136] Sebbene un primo shock a 360 Joule riduca l'energia complessiva necessaria richiesta per la cardioversione, 360 Joule possono provocare

maggiori danni miocardici rispetto ad energie minori monobasiche, questo aspetto deve essere considerato quando si pratica la cardioversione per FA. É opportuno quindi iniziare con 200 Joule, incrementando l'energia per gli shock successivi, se necessari.

## **ONDA BIFASICA**

---

Sono necessari maggiori dati scientifici prima di raccomandare valori specifici, ritenuti ottimali, per la cardioversione della FA con onda bifasica. Uno shock pari a 70 Joule, con onda bifasica, ha dimostrato maggiore efficacia rispetto a 100 Joule con onda monofasica. [100,134,135] Uno studio randomizzato ha comparato shock scalari monofasici fino a 360 Joule con shock scalari bifasici fino a 200 Joule, senza rilevare significative differenze di efficacia tra i due metodi. [137]

Una strategia ragionevole, basata su dati disponibili, prevede shock iniziali di 120-150 Joule con successivi incrementi se necessari.

## **FLUTTER ATRIALE E TPSV**

---

Il flutter atriale e la tachicardia parossistica sopraventricolare (TPSV) richiedono generalmente per la cardioversione, energie minori rispetto alla FA. [138] Somministrare shock iniziali pari a 100 Joule monofasici o 70-120 Joule bifasica. Incrementate l'energia dei successivi shock se necessari. [99]

## **TACHICARDIA VENTICOLARE**

---

L'energia necessaria per cardiovertire una TV dipende dalle caratteristiche morfologiche e dalla

frequenza dell'aritmia. [139] Una TV con polso risponde bene alla cardioversione utilizzando shock iniziali pari a 200 Joule monofasici. L'energia iniziale per shock bifasici è di 120-150 Joule. Incrementare l'energia dei successivi shock per ottenere un ritmo sinusale. [139]

## **PACING**

---

Il pacing (pacemaker transcutaneo) deve essere applicato in pazienti con bradicardia sintomatica quando la terapia farmacologia con anticolinergici o farmaci di seconda scelta, si sia rivelata inefficace (sezione 4f). Il pacing deve essere immediatamente considerato quando il blocco atrio-ventricolare è localizzato al di sotto del fascio di His-Purkinje. Se il pacing transtoracico è inefficace deve essere considerata la stimolazione transvenosa.

Effettuata diagnosi di asistolia, verificate immediatamente all'ECG la presenza di onde P (*non seguite da complessi QRS*) poiché questo ritmo di presentazione può rispondere alla applicazione del pacing. Non è utile applicare il pacing nell'asistolia; non incrementa la sopravvivenza a breve o a lungo periodo. [140-148]

*(Le note sono riportate tra parentesi ed in corsivo)*

---

Traduzione: Dott. GC. Fontana  
Responsabile S.S.U.Em. 118 Milano

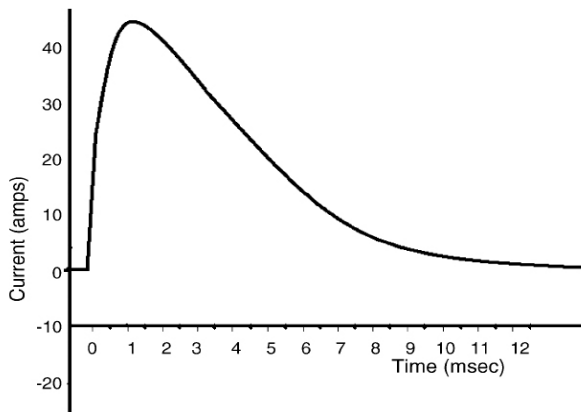


Figura 3.1: Onda monofasica sinusoidale smorzata (MDS)

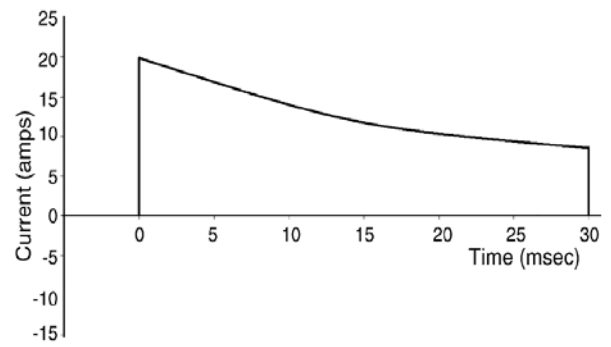


Figura 3.2: Onda monofasica troncata esponenziale (MTE)

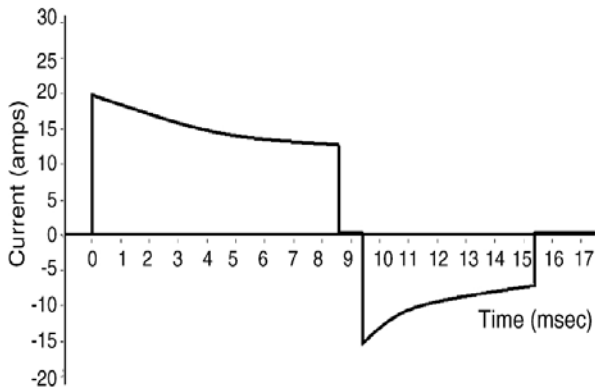


Figura 3.3: Onda bifasica troncata esponenziale (BTE)

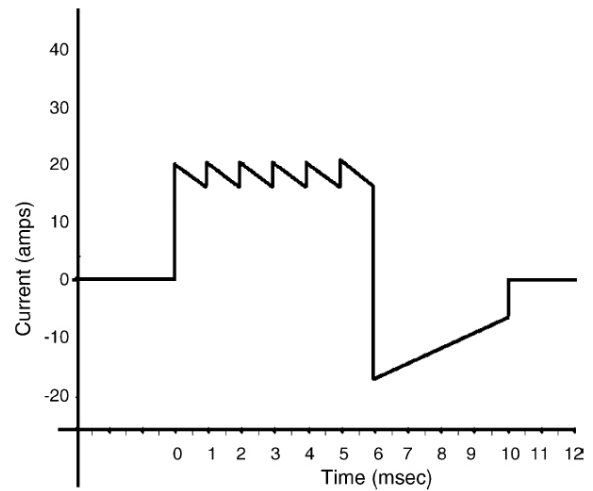
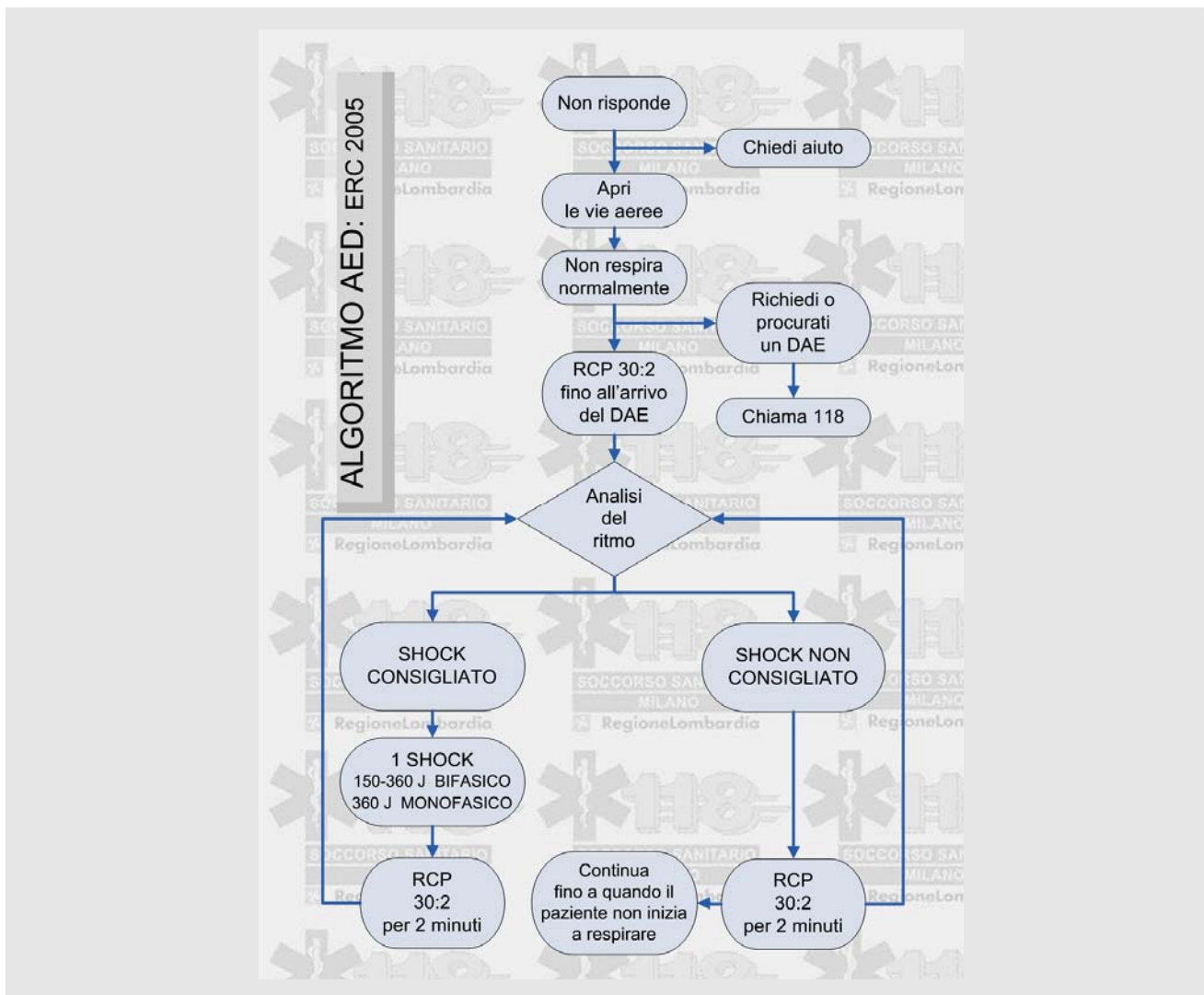


Figura 3.4: Onda bifasica rettilinea (RLB)



Algoritmo DAE: Linee Guida ERC 2005



**ALGORITMO DAE:  
S.S.U.EM 118 MILANO**

Le indicazioni del S.S.U.Em. 118 Milano, per i soccorritori MSB riguardano i seguenti aspetti:

1. Le manovre di RCP:

- Non prevedono l'esecuzione delle prime due ventilazioni di soccorso.
- Non prevedono la valutazione obbligatoria del polso centrale.
- Richiedono l'applicazione del rapporto compressioni-ventilazioni di 30:2.
- Richiedono comunque, per le ventilazioni, l'utilizzo del pallone autoespansibile con reservoir e ossigeno a 12 litri al minuto

2. L'uso del DAE (previsto con apparati configurati per il nuovo algoritmo):

- Prevede l'erogazione di un solo shock seguito da 4 cicli di 30 compressioni e due ventilazioni (circa 2 minuti)
- Se è previsto l'arrivo del MSA, il ciclo "Analisi - Shock se consigliato – RCP per 2 minuti", deve proseguire sino all'arrivo dell'equipe di soccorso.
- Se non è previsto l'arrivo del MSA, il ciclo "Analisi - Shock se consigliato – RCP per 2 minuti", deve essere ripetuto 4 volte prima di trasportare il paziente in ospedale.
- Durante il trasporto deve essere garantita la RCP con standard BLS

**BIBLIOGRAFIA**

1. American Heart Association in collaboration with International Liaison Committee on Resuscitation. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care, Part 6: Advanced Cardiovascular Life Support. Section 2: Defibrillation. *Circulation* 2000;102(Suppl.):190—4.
2. 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.
3. 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.
4. Waalewijn RA, de Vos R, Tijssen JGP, Koster RW. Survival models for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation from the perspectives of the bystander, the first responder, and the paramedic. *Resuscitation* 2001;51:113—22.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Valenzuela TD, Bjerke HS, Clark LL, et al. Rapid defibrillation by nontraditional responders: the Casino Project. *Acad Emerg Med* 1998;5:414—5.
9. 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.
10. 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.
11. Monsieurs KG, Handley AJ, Bossaert LL. European Resuscitation Council Guidelines 2000 for Automated External Defibrillation. A statement from the Basic Life Support and Automated External Defibrillation Working Group (1) and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation* 2001;48:207—9.
12. Cummins RO, Eisenberg M, Bergner L, Murray JA. Sensitivity accuracy, and safety of an automatic external defibrillator. *Lancet* 1984;2:318—20.
13. Davis EA, Mosesso Jr VN. Performance of police first responders in utilizing automated external defibrillation on victims of sudden cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care* 1998;2:101—7.
14. White RD, Vukov LF, Bugliosi TF. Early defibrillation by police: initial experience with measurement of critical time intervals and patient outcome. *Ann Emerg Med* 1994;23:1009—13.
15. White RD, Hankins DG, Bugliosi TF. Seven years' experience with early defibrillation by police and paramedics in an emergency medical services system. *Resuscitation* 1998;39:145—51.
16. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299—304.
17. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:305—10.
18. 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.
19. Dickey W, Dalzell GW, Anderson JM, Adgey AA. The accuracy of decision-making of a semi-automatic defibrillator during cardiac arrest. *Eur Heart J* 1992;13:608—15.
20. Atkinson E, Mikysa B, Conway JA, et al. Specificity and sensitivity of automated external defibrillator rhythm analysis in infants and children. *Ann Emerg Med* 2003;42:185—96.
21. Cecchin F, Jorgenson DB, Berul CI, et al. Is arrhythmia detection by automatic external defibrillator accurate for children? Sensitivity and specificity of an automatic external defibrillator algorithm in 696 pediatric arrhythmias. *Circulation* 2001;103:2483—8.
22. Zafari AM, Zarter SK, Heggen V, et al. A program encouraging early defibrillation results in improved in-hospital resuscitation efficacy. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:846—52.
23. Destro A, Marzaloni M, Sermasi S, Rossi F. Automatic external defibrillators in the hospital as well? *Resuscitation* 1996;31:39—43.
24. Domanovits H, Meron G, Sterz F, et al. Successful automatic external defibrillator operation by people trained only in basic life support in a simulated cardiac arrest situation. *Resuscitation* 1998;39:47—50.
25. Cusnir H, Tongia R, Sheka KP, et al. In hospital cardiac arrest: a role for automatic defibrillation. *Resuscitation* 2004;63:183—8.
26. Kaye W, Mancini ME, Richards N. Organizing and implementing a hospital-wide first-responder automated external defibrillation program: strengthening the in-hospital chain of survival. *Resuscitation* 1995;30:151—6.
27. Miller PH. Potential fire hazard in defibrillation. *JAMA* 1972;221:192.
28. Hummel Illrd RS, Ornato JP, Weinberg SM, Clarke AM. Sparkgenerating properties of electrode gels used during defibrillation. A potential fire hazard. *JAMA* 1988;260:3021—4.
29. Fires from defibrillation during oxygen administration. *Health Devices* 1994;23:307—9.
30. Lefever J, Smith A. Risk of fire when using defibrillation in an oxygen enriched atmosphere. *Medical Devices Agency Safety Notices* 1995;3:1—3.
31. Ward ME. Risk of fires when using defibrillators in an oxygen enriched atmosphere. *Resuscitation* 1996;31:173.
32. Theodorou AA, Gutierrez JA, Berg RA. Fire attributable to a defibrillation attempt in a neonate. *Pediatrics* 2003;112:677—9.
33. Kerber RE, Kouba C, Martins J, et al. Advance prediction of transthoracic impedance in human defibrillation and cardioversion: importance of impedance in determining the success of low-energy shocks. *Circulation* 1984;70:303—8.
34. Kerber RE, Grayzel J, Hoyt R, Marcus M, Kennedy J. Transthoracic resistance in human defibrillation. Influence of body weight, chest size, serial shocks, paddle size and paddle contact pressure. *Circulation* 1981;63:676—82.
35. Sado DM, Deakin CD, Petley GW, Clewlow F. Comparison of the effects of removal of chest hair with not doing so before external defibrillation on transthoracic impedance. *Am J Cardiol* 2004;93:98—100.
36. Deakin CD, Sado DM, Petley GW, Clewlow F. Differential contribution of skin impedance and thoracic volume to transthoracic impedance during external defibrillation. *Resuscitation* 2004;60:171—4.
37. Deakin C, Sado D, Petley G, Clewlow F. Determining the optimal paddle force for external defibrillation. *Am J Cardiol* 2002;90:812—3.
38. Deakin C, Bennetts S, Petley G, Clewlow F. What is the optimal paddle force for paediatric defibrillation? *Resuscitation* 2002;55:59.
39. Panacek EA, Munger MA, Rutherford WF, Gardner SF. Report of nitro patch explosions complicating defibrillation. *Am J Emerg Med* 1992;10:128—9.
40. Wrenn K. The hazards of defibrillation through nitroglycerin patches. *Ann Emerg Med* 1990;19:1327—8.
41. Pagan-Carlo LA, Spencer KT, Robertson CE, Dengler A, Birkett C, Kerber RE. Transthoracic defibrillation: importance of avoiding electrode placement directly on the female breast. *J Am Coll Cardiol* 1996;27:449—52.
42. Deakin CD, Sado DM, Petley GW, Clewlow F. Is the orientation of the apical defibrillation paddle of importance

- during manual external defibrillation? *Resuscitation* 2003;56:15—8.
43. Kirchhof P, Borggreffe M, Breithardt G. Effect of electrode position on the outcome of cardioversion. *Card Electrophysiol Rev* 2003;7:292—6.
  44. Kirchhof P, Eckardt L, Loh P, et al. Anterior-posterior versus anterior-lateral electrode positions for external cardioversion of atrial fibrillation: a randomised trial. *Lancet* 2002;360:1275—9.
  45. Botto GL, Politi A, Bonini W, Broffoni T, Bonatti R. External cardioversion of atrial fibrillation: role of paddle position on technical efficacy and energy requirements. *Heart* 1999;82:726—30.
  46. Alp NJ, Rahman S, Bell JA, Shahi M. Randomised comparison of antero-lateral versus antero-posterior paddle positions for DC cardioversion of persistent atrial fibrillation. *Int J Cardiol* 2000;75:211—6.
  47. Mathew TP, Moore A, McIntyre M, et al. Randomised comparison of electrode positions for cardioversion of atrial fibrillation. *Heart* 1999;81:576—9.
  48. Walsh SJ, McCarty D, McClelland AJ, et al. Impedance compensated biphasic waveforms for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: a multi-centre comparison of antero-apical and antero-posterior pad positions. *Eur Heart J* 2005.
  49. Deakin CD, McLaren RM, Petley GW, Clewlow F, Dalrymple-Hay MJ. Effects of positive end-expiratory pressure on transthoracic impedance—implications for defibrillation. *Resuscitation* 1998;37:9—12.
  50. American National Standard: Automatic External Defibrillators and Remote Controlled Defibrillators (DF39). Arlington, Virginia: Association for the Advancement of Medical Instrumentation; 1993.
  51. Deakin CD, McLaren RM, Petley GW, Clewlow F, Dalrymple-Hay MJ. A comparison of transthoracic impedance using standard defibrillation paddles and self-adhesive defibrillation pads. *Resuscitation* 1998;39:43—6.
  52. Stults KR, Brown DD, Cooley F, Kerber RE. Self-adhesive monitor/defibrillation pads improve prehospital defibrillation success. *Ann Emerg Med* 1987;16:872—7.
  53. Kerber RE, Martins JB, Kelly KJ, et al. Self-adhesive preapplied electrode pads for defibrillation and cardioversion. *J Am Coll Cardiol* 1984;3:815—20.
  54. Kerber RE, Martins JB, Ferguson DW, et al. Experimental evaluation and initial clinical application of new self-adhesive defibrillation electrodes. *Int J Cardiol* 1985;8:57—66.
  55. Perkins GD, Roberts C, Gao F. Delays in defibrillation: influence of different monitoring techniques. *Br J Anaesth* 2002;89:405—8.
  56. Bradbury N, Hyde D, Nolan J. Reliability of ECG monitoring with a gel pad/paddle combination after defibrillation. *Resuscitation* 2000;44:203—6.
  57. Chamberlain D. Gel pads should not be used for monitoring ECG after defibrillation. *Resuscitation* 2000;43:159—60.
  58. Callaway CW, Sherman LD, Mosesso Jr VN, Dietrich TJ, Holt E, Clarkson MC. Scaling exponent predicts defibrillation success for out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 2001;103:1656—61.
  59. Eftestol T, Sunde K, Aase SO, Husoy JH, Steen PA. Predicting outcome of defibrillation by spectral characterization and nonparametric classification of ventricular fibrillation in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2000;102:1523—9.
  60. Eftestol T, Wik L, Sunde K, Steen PA. Effects of cardiopulmonary resuscitation on predictors of ventricular fibrillation defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2004;110:10—5.
  61. Weaver WD, Cobb LA, Dennis D, Ray R, Hallstrom AP, Copass MK. Amplitude of ventricular fibrillation waveform and outcome after cardiac arrest. *Ann Intern Med* 1985;102:53—5.
  62. Brown CG, Dzwonczyk R. Signal analysis of the human electrocardiogram during ventricular fibrillation: frequency and amplitude parameters as predictors of successful countershock. *Ann Emerg Med* 1996;27:184—8.
  63. Callahan M, Braun O, Valentine W, Clark DM, Zegans C. Prehospital cardiac arrest treated by urban first-responders: profile of patient response and prediction of outcome by ventricular fibrillation waveform. *Ann Emerg Med* 1993;22:1664—77.
  64. 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.
  65. 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.
  66. Podbregar M, Kovacic M, Podbregar-Mars A, Brezocnik M. Predicting defibrillation success by 'genetic' programming in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;57:153—9.
  67. Menegazzi JJ, Callaway CW, Sherman LD, et al. Ventricular fibrillation scaling exponent can guide timing of defibrillation and other therapies. *Circulation* 2004;109:926—31.
  68. Povoas HP, Weil MH, Tang W, Bisera J, Klouche K, Barbatsis A. Predicting the success of defibrillation by electrocardiographic analysis. *Resuscitation* 2002;53:77—82.
  69. Noc M, Weil MH, Tang W, Sun S, Pernet A, Bisera J. Electrocardiographic prediction of the success of cardiac resuscitation. *Crit Care Med* 1999;27:708—14.
  70. Strohmenger HU, Lindner KH, Keller A, Lindner IM, Pfenninger EG. Spectral analysis of ventricular fibrillation and closed-chest cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1996;33:155—61.
  71. Noc M, Weil MH, Gazmuri RJ, Sun S, Biscera J, Tang W. Ventricular fibrillation voltage as a monitor of the effectiveness of cardiopulmonary resuscitation. *J Lab Clin Med* 1994;124:421—6.
  72. Lightfoot CB, Nremt P, Callaway CW, et al. Dynamic nature of electrocardiographic waveform predicts rescue shock outcome in porcine ventricular fibrillation. *Ann Emerg Med* 2003;42:230—41.
  73. Marn-Pernet A, Weil MH, Tang W, Pernet A, Bisera J. Optimizing timing of ventricular defibrillation. *Crit Care Med* 2001;29:2360—5.
  74. Hamprecht FA, Achleitner U, Krismer AC, et al. Fibrillation power, an alternative method of ECG spectral analysis for prediction of countershock success in a porcine model of ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2001;50:287—96.
  75. Amann A, Achleitner U, Antretter H, et al. Analysing ventricular fibrillation ECG-signals and predicting defibrillation success during cardiopulmonary resuscitation employing N(alpha)-histograms. *Resuscitation* 2001;50:77—85.
  76. Brown CG, Griffith RF, Van Ligten P, et al. Median frequency—a new parameter for predicting defibrillation success rate. *Ann Emerg Med* 1991;20:787—9.
  77. Amann A, Rheinberger K, Achleitner U, et al. The prediction of defibrillation outcome using a new combination of mean frequency and amplitude in porcine models of cardiac arrest. *Anesth Analg* 2002;95:716—22.
  78. Cobb LA, Fahrenbruch CE, Walsh TR, et al. Influence of cardiopulmonary resuscitation prior to defibrillation in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *JAMA* 1999;281:1182—8.
  79. Wik L, Hansen TB, Fylling F, et al. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *JAMA* 2003;289:1389—95.
  80. Jacobs IG, Finn JC, Oxer HF, Jelinek GA. CPR before defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *Emerg Med Australas* 2005;17:39—45.
  81. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Ewy GA. Precountershock cardiopulmonary resuscitation improves ventricular fibrillation median frequency and myocardial readiness for successful defibrillation from prolonged ventricular fibrillation: a randomized, controlled swine study. *Ann Emerg Med* 2002;40:563—70.

- 82.** Berg RA, Hilwig RW, Ewy GA, Kern KB. Precountershock cardiopulmonary resuscitation improves initial response to defibrillation from prolonged ventricular fibrillation: a randomized, controlled swine study. *Crit Care Med* 2004;32:1352—7.
- 83.** Kolarova J, Ayoub IM, Yi Z, Gazmuri RJ. Optimal timing for electrical defibrillation after prolonged untreated ventricular fibrillation. *Crit Care Med* 2003;31:2022—8.
- 84.** Berg RA, Sanders AB, Kern KB, et al. Adverse emodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 2001;104:2465—70.
- 85.** Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002;105:645—9.
- 86.** Yu T, Weil MH, Tang W, et al. Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation. *Circulation* 2002;106:368—72.
- 87.** Eftestol T, Sunde K, Steen PA. Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002;105:2270—3.
- 88.** Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, et al. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation* 2005;112:1259—65.
- 89.** van Alem AP, Sanou BT, Koster RW. Interruption of cardiopulmonary resuscitation with the use of the automated external defibrillator in out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 2003;42:449—57.
- 90.** Bain AC, Swerdlow CD, Love CJ, et al. Multicenter study of principles-based waveforms for external defibrillation. *Ann Emerg Med* 2001;37:5—12.
- 91.** Poole JE, White RD, Kanz KG, et al. Low-energy impedancecompensating biphasic waveforms terminate ventricular fibrillation at high rates in victims of out-of-hospital cardiac arrest. LIFE Investigators. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1997;8:1373—85.
- 92.** Schneider T, Martens PR, Paschen H, et al. Multicenter, randomized, controlled trial of 150-J biphasic shocks compared with 200- to 360-J monophasic shocks in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest victims. Optimized Response to Cardiac Arrest (ORCA) Investigators. *Circulation* 2000;102:1780—7.
- 93.** Rea TD, Shah S, Kudenchuk PJ, Copass MK, Cobb LA. Automated external defibrillators: to what extent does the algorithm delay CPR? *Ann Emerg Med* 2005;46:132—41.
- 94.** Hess EP, White RD. Ventricular fibrillation is not provoked by chest compression during post-shock organized rhythms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2005;66:7—11.
- 95.** Joglar JA, Kessler DJ, Welch PJ, et al. Effects of repeated electrical defibrillations on cardiac troponin I levels. *Am J Cardiol* 1999;83:270—2. A6.
- 96.** van Alem AP, Chapman FW, Lank P, Hart AA, Koster RW. A prospective, randomised and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;58:17—24.
- 97.** Carpenter J, Rea TD, Murray JA, Kudenchuk PJ, Eisenberg MS. Defibrillation waveform and post-shock rhythm in out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;59:189—96.
- 98.** Morrison LJ, Dorian P, Long J, et al. Out-of-hospital cardiac arrest rectilinear biphasic to monophasic damped sine defibrillation waveforms with advanced life support intervention trial (ORBIT). *Resuscitation* 2005;66:149—57.
- 99.** Kerber RE, Martins JB, Kienzle MG, et al. Energy, current, and success in defibrillation and cardioversion: clinical studies using an automated impedance-based method of energy adjustment. *Circulation* 1988;77:1038—46.
- 100.** Koster RW, Dorian P, Chapman FW, Schmitt PW, O'Grady SG, Walker RG. A randomized trial comparing monophasic and biphasic waveform shocks for external cardioversion of atrial fibrillation. *Am Heart J* 2004;147:e20.
- 101.** Martens PR, Russell JK, Wolcke B, et al. Optimal Response to Cardiac Arrest study: defibrillation waveform effects. *Resuscitation* 2001;49:233—43.
- 102.** Weaver WD, Cobb LA, Copass MK, Hallstrom AP. Ventricular defibrillation: a comparative trial using 175-J and 320-J shocks. *N Engl J Med* 1982;307:1101—6.
- 103.** Tang W, Weil MH, Sun S, et al. The effects of biphasic and conventional monophasic defibrillation on postresuscitation myocardial function. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:815—22.
- 104.** Gliner BE, Jorgenson DB, Poole JE, et al. Treatment of out-of-hospital cardiac arrest with a low-energy impedancecompensating biphasic waveform automatic external defibrillator. The LIFE Investigators. *Biomed Instrum Technol* 1998;32:631—44.
- 105.** White RD, Blackwell TH, Russell JK, Snyder DE, Jorgenson DB. Transthoracic impedance does not affect defibrillation, resuscitation or survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest treated with a non-escalating biphasic waveform defibrillator. *Resuscitation* 2005;64:63—9.
- 106.** Kuisma M, Suominen P, Korpela R. Paediatric out-of-hospital cardiac arrests: epidemiology and outcome. *Resuscitation* 1995;30:141—50.
- 107.** Sirbaugh PE, Pepe PE, Shook JE, et al. A prospective, population-based study of the demographics, epidemiology, management, and outcome of out-of-hospital pediatric cardiopulmonary arrest. *Ann Emerg Med* 1999;33:174—84.
- 108.** Hickey RW, Cohen DM, Strausbaugh S, Dietrich AM. Pediatric patients requiring CPR in the prehospital setting. *Ann Emerg Med* 1995;25:495—501.
- 109.** Appleton GO, Cummins RO, Larson MP, Graves JR. CPR and the single rescuer: at what age should you "call first" rather than "call fast"? *Ann Emerg Med* 1995;25:492—4.
- 110.** Ronco R, King W, Donley DK, Tilden SJ. Outcome and cost at a children's hospital following resuscitation for out-of-hospital cardiopulmonary arrest. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995;149:210—4.
- 111.** Losek JD, Hennes H, Glaeser P, Hendley G, Nelson DB. Prehospital care of the pulseless, nonbreathing pediatric patient. *Am J Emerg Med* 1987;5:370—4.
- 112.** Mogayzel C, Quan L, Graves JR, Tiedeman D, Fahrenbruch C, Herndon P. Out-of-hospital ventricular fibrillation in children and adolescents: causes and outcomes. *Ann Emerg Med* 1995;25:484—91.
- 113.** Safranek DJ, Eisenberg MS, Larsen MP. The epidemiology of cardiac arrest in young adults. *Ann Emerg Med* 1992;21:1102—6.
- 114.** Berg RA, Chapman FW, Berg MD, et al. Attenuated adult biphasic shocks compared with weight-based monophasic shocks in a swine model of prolonged pediatric ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2004;61:189—97.
- 115.** Tang W, Weil MH, Jorgenson D, et al. Fixed-energy biphasic waveform defibrillation in a pediatric model of cardiac arrest and resuscitation. *Crit Care Med* 2002;30:2736—41.
- 116.** Clark CB, Zhang Y, Davies LR, Karlsson G, Kerber RE. Pediatric transthoracic defibrillation: biphasic versus monophasic waveforms in an experimental model. *Resuscitation* 2001;51:159—63.
- 117.** Gurnett CA, Atkins DL. Successful use of a biphasic waveform automated external defibrillator in a high-risk child. *Am J Cardiol* 2000;86:1051—3.
- 118.** Atkins DL, Jorgenson DB. Attenuated pediatric electrode pads for automated external defibrillator use in children. *Resuscitation* 2005;66:31—7.
- 119.** Gutgesell HP, Tacker WA, Geddes LA, Davis S, Lie JT, McNamara DG. Energy dose for ventricular defibrillation of children. *Pediatrics* 1976;58:898—901.
- 120.** Cummins RO, Austin Jr D. The frequency of 'occult' ventricular fibrillation masquerading as a flat line in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1988;17:813—7.
- 121.** Losek JD, Hennes H, Glaeser PW, Smith DS, Hendley G. Prehospital countershock treatment of pediatric asystole. *Am J Emerg Med* 1989;7:571—5.
- 122.** Martin DR, Gavin T, Bianco J, et al. Initial countershock in the treatment of asystole. *Resuscitation* 1993;26:63—8.

123. Kohl P, King AM, Boulin C. Antiarrhythmic effects of acute mechanical stimulation. In: Kohl P, Sachs F, Franz MR, editors. *Cardiac mechano-electric feedback and arrhythmias: from pipette to patient*. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005. p. 304–14.
124. Befeler B. Mechanical stimulation of the heart; its therapeutic value in tachyarrhythmias. *Chest* 1978;73:832–8.
125. Volkman HKA, Kuhnert H, Paliege R, Dannberg G, Siebert K. Terminierung von Kamertachykardien durch mechanische Herzstimulation mit Präkordialschlägen. ("Termination of Ventricular Tachycardias by Mechanical Cardiac Pacing by Means of Precordial Thumps"). *Zeitschrift für Kardiologie* 1990;79:717–24.
126. Caldwell G, Millar G, Quinn E. Simple mechanical methods for cardioversion: Defence of the precordial thump and cough version. *Br Med J* 1985;291:627–30.
127. Morgera T, Baldi N, Chersevani D, Medugno G, Camerini F. Chest thump and ventricular tachycardia. *Pacing Clin Electrophysiol* 1979;2:69–75.
128. Rahner E, Zeh E. Die Regularisierung von Kamertachykardien durch präkordialen Faustschlag. ("The Regularization of Ventricular Tachycardias by Precordial Thumping"). *Medizinische Welt* 1978;29:1659–63.
129. Gertsch M, Hottinger S, Hess T. Serial chest thumps for the treatment of ventricular tachycardia in patients with coronary artery disease. *Clin Cardiol* 1992;15:181–8.
130. Krijne R. Rate acceleration of ventricular tachycardia after a precordial chest thump. *Am J Cardiol* 1984;53:964–5.
131. Sclarovsky S, Kracoff OH, Agmon J. Acceleration of ventricular tachycardia induced by a chest thump. *Chest* 1981;80:596–9.
132. Yakaitis RW, Redding JS. Precordial thumping during cardiac resuscitation. *Crit Care Med* 1973;1:22–6.
133. Lown B. Electrical reversion of cardiac arrhythmias. *Br Heart J* 1967;29:469–89.
134. Mittal S, Ayati S, Stein KM, et al. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. *Circulation* 2000;101:1282–7.
135. Page RL, Kerber RE, Russell JK, et al. Biphasic versus monophasic shock waveform for conversion of atrial fibrillation: the results of an international randomized, double-blind multicenter trial. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1956–63.
136. Joglar JA, Hamdan MH, Ramaswamy K, et al. Initial energy for elective external cardioversion of persistent atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 2000;86:348–50.
137. Alatawi F, Gurevitz O, White R. Prospective, randomized comparison of two biphasic waveforms for the efficacy and safety of transthoracic biphasic cardioversion of atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2005;2:382–7.
138. Pinski SL, Sgarbossa EB, Ching E, Trohman RG. A comparison of 50-J versus 100-J shocks for direct-current cardioversion of atrial flutter. *Am Heart J* 1999;137:439–42.
139. Kerber RE, Kienzle MG, Olshansky B, et al. Ventricular tachycardia rate and morphology determine energy and current requirements for transthoracic cardioversion. *Circulation* 1992;85:158–63.
140. Hedges JR, Syverud SA, Dalsey WC, Feero S, Easter R, Shultz B. Prehospital trial of emergency transcutaneous cardiac pacing. *Circulation* 1987;76:1337–43.
141. Barthell E, Troiano P, Olson D, Stueven HA, Hendley G. Prehospital external cardiac pacing: a prospective, controlled clinical trial. *Ann Emerg Med* 1988;17:1221–6.
142. Cummins RO, Graves JR, Larsen MP, et al. Out-of-hospital transcutaneous pacing by emergency medical technicians in patients with asystolic cardiac arrest. *N Engl J Med* 1993;328:1377–82.
143. Ornato JP, Peberdy MA. The mystery of bradycystole during cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1996;27:576–87.
144. Niemann JT, Adomian GE, Garner D, Rosborough JP. Endocardial and transcutaneous cardiac pacing, calcium chloride, and epinephrine in postcountershock asystole and bradycardias. *Crit Care Med* 1985;13:699–704.
145. Quan L, Graves JR, Kinder DR, Horan S, Cummins RO. Transcutaneous cardiac pacing in the treatment of out-of-hospital pediatric cardiac arrests. *Ann Emerg Med* 1992;21:905–9.
146. Dalsey WC, Syverud SA, Hedges JR. Emergency department use of transcutaneous pacing for cardiac arrests. *Crit Care Med* 1985;13:399–401.
147. Knowlton AA, Falk RH. External cardiac pacing during in-hospital cardiac arrest. *Am J Cardiol* 1986;57:1295–8.
148. Ornato JP, Carveth WL, Windle JR. Pacemaker insertion for prehospital bradycystolic cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1984;13:101–3.