

Halvautomatiska hjärtstartare tolkar inte alltid rätt

Fem patienter defibrillerades trots icke-defibrillerbar rytm

BURKARD VON WANGENHEIM, överläkare
JOHAN ISRAELSSON, sjuksköterska, HLR-samordnare
MICHAEL LINDSTAEDT, docent, överläkare

JÖRG CARLSSON, professor, överläkare, Linnéuniversitetet, Kalmar; samtliga hjärtsektionen, Länssjukhuset i Kalmar
 jorg.carlsson@ltkalmar.se

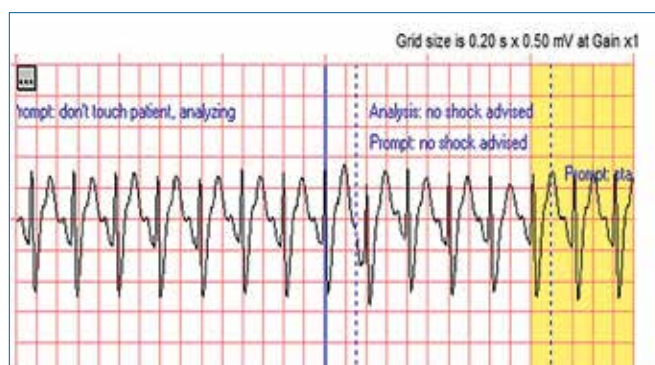
Ventrikulära takykarytmier är den vanligaste orsaken till plötsligt hjärtdöd (Fakta 1) och innebär hög letalitet [1]. Däremot är prognosen god om cirkulationen återställs inom kort tid. En avgörande del av behandlingen av ventrikulära takykarytmier är defibrillering. Minskning av tid till defibrillering ökar chansen för överlevnad [2, 3]. Korrekt visuell distinktion mellan defibrillerbar och icke-defibrillerbar rytm kräver intensiv träning i rytmtolkning. Trots sådan träning kan det vara ordentligt svårt att tolka rätt, och tvekan kan kosta dyrbar tid.

Önskemål om att undvika diagnostiska fel och möjliggöra effektiv hjärt-lungräddning (HLR), inklusive defibrillering, utförd av lekmän har lett till utveckling av halvautomatiska defibrillatorer som själva analyserar hjärtrytmen. En sådan defibrillator behöver hög sensitivitet för att identifiera defibrillerbara rytmer, eftersom dessa patienter är i behov av defibrillering. Däremot har patienter med icke-defibrillerbara rytmer ingen behandlingsvinst av defibrillering, och det finns även viss risk för skada av defibrilleringsförsök. En halvautomatisk defibrillator behöver således även hög specificitet att identifiera icke-defibrillerbara rytmer [4].

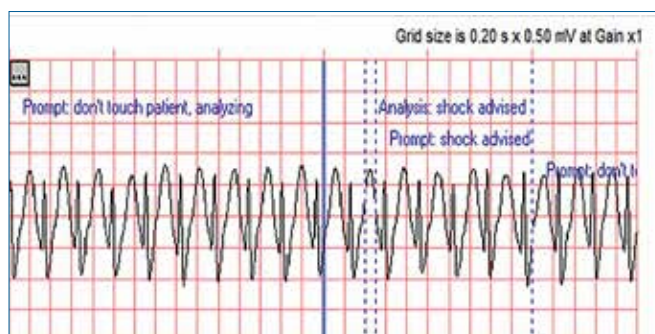
Vi beskriver fem fall gällande patienter där HLR utförts, en halvautomatisk defibrillator använts och defibrillering rekommenderats på felaktig indikation. Dessa fem fall inträffade under november 2012 till december 2013 och upptäcktes antingen direkt av inblandade livräddare eller i efterhand av behandlande personal. Vid samtliga tillfällen användes en halvautomatisk defibrillator av typen Zoll AED Pro (Zoll Medical, Chelmsford),

FALLBESKRIVNINGAR

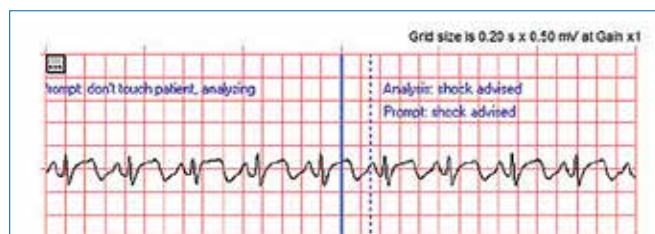
Fall 1. En 53-årig väsentligen frisk man hittades livlös av anhörig, och återupplivning påbörjades. Ambulanspersonalen hittade honom djupt medvetlös, cyanotisk och utan puls, och de fortsatte med återupplivning. Defibrillatorn visade initialt supraventrikulär rytm, sannolikt sinustakykardi, frekvens 148/min, och ingen defibrillering rekommenderades (Figur 1). Efter intravenös administration av 1 mg adrenalin ökade frekvensen till 160–210/min, och defibrillatorn rekommenderade defibrillering trots att ingen defibrillerbar rytm förelåg (Figur 2). Mannen fick totalt 8 mg adrenalin och 600 mg amiodaron, och 9 defibrilleringsförsök gjordes. Alla dessa rekommenderades av defibrillatorn. Eftergranskning av internminnet i defibrillatorn visade att det aldrig förelåg någon defibrillerbar hjärtrytm. Det visade sig i efterhand att orsaken till mannens medvetlöshet var blandintoxikation med opioid och sömmedel. Han utvecklade en subakut hjärtsvikt på basis av stressinducerad kardiomyopati, vilken krävde kortvarig respiratorbehandling. Han återhämtade sig dock utan neurologisk eller kardiell skada.



Figur 1. Första rytmanalysen i fall 1 visade supraventrikulär takykardi, sannolikt sinustakykardi, med en frekvens på 148/min. Ingen defibrillering rekommenderades. Frekvensgränsen för defibrillering av takykardier med breddökat QRS-komplex är >150/min för denna typ av halvautomatisk defibrillator.



Figur 2. Andra rytmanalysen i fall 1 visade ökad hjärtfrekvens (184/min), och defibrillatorn rekommenderade defibrillering. QRS-konfigurationen var dock oförändrad jämfört med den första rytmanalysen (Figur 1), och fortsatt supraventrikulär takykardi förelåg.



Figur 3. Rytmanalysen i fall 2 visade sinusrytm med frekvens 92/min. Defibrillatorn rekommenderade defibrillering.

SAMMANFATTAT

Halvautomatiska defibrillatorer är en viktig del i kampen mot plötslig hjärtdöd.

Höga krav på sensitivitet och specificitet vid rytmtolkning ska säkerställa effektivt och säkert bruk.

Vi rapporterar fem fall där brister i specificitet hos defibrillatorn

ledde till defibrillering av icke-defibrillerbara rytmer.

Systematisk undersökning av halvautomatiska defibrillatorers prestationsförmåga vid rytmtolkning är nödvändig och skulle kunna bidra till utveckling av förbättrade analysalgoritmer och utbildningsprogram.

TABELL 1. Krav på prestation hos automatiska externa defibrillatorer, enligt American Heart Association [4] och resultat för Zoll AED Pro för vuxna. Källa: Zoll Medical Corporation [5].

Rytmer	Antal testade	Krav på validitet, procent	Observerad validitet, procent
<i>Defibrillerbara rytmer</i>	466	Sensitivitet	
Grovt ventrikelflimmer	403	>90	96,28
Snabb ventrikulär takykardi	63	>75	100
<i>Icke-defibrillerbara rytmer</i>	2305	Specificitet	
Normal sinusrytm	1659	>99	100
Förmaksflimmer, sinusbradykardi, supraventrikulär takykardi, idioventrikulär rytm och asystoli	646	>95	100
<i>Mellanliggande</i>	68		
Fint kammarflimmer	50	Endast rapport	92,00
Annan ventrikulär takykardi	18	Endast rapport	88,89

Fall 2. En 66-årig kvinna som var inlagd på sjukhus med en höftfraktur drabbades den sjunde postoperativa dagen av ett bevitnat hjärtstopp på basis av respiratorisk insufficiens, och HLR påbörjades. Defibrillatorn visade initialt sinusbradykardi, som sedan övergick till asystoli. Efter intravenös administration av 1 mg adrenalin återfick patienten sinusrytm, vilken i början var normofrekvent men efter en stund blev takykard med varierande QRS-bredd. Defibrillatorn gav upprepade gånger rekommendationen att defibrillera, och 3 gånger följde man rådet då ingen puls palperades. Därefter blev pulsen tydlig, och en normofrekvent sinusrytm kunde ses. Trots detta gav defibrillatorn rekommendation om ytterligare defibrillering (Figur 3). Rekommendationen följdes inte. Eftergranskning av internminnet visade att samtliga defibrilleringsförsök varit inadekvata. Patienten avled några dagar senare i pneumoni.

Fall 3. En 75-årig kvinna var inlagd på sjukhus för ryggoperation. Vid utskrivningsdagen hittade en medpatient henne livlös, och HLR påbörjades omgående. Defibrillatorn visade initialt ventrikelflimmer, som defibrillerades 2 gånger. Efter andra defibrilleringen sågs förmaksflimmer med bärande cirkulation, men patienten var fortsatt medvetslös. Trots förmaksflimmer rekommenderade defibrillatorn upprepade gånger defibrillering, men rekommendationerna följdes inte. När en patient har återfått cirkulation bör defibrillatorn inte användas för rytmolkning. Eftergranskning av internminnet visade att defibrillatorn hade tolkat korrekt då ventrikelflimmer förelåg men feltolkade hjärtrytmen efter framgångsrik defibrillering (Figur 4). Patienten pignade till något senare, var i början mycket förvirrad men återhämtade sig helt.

Fall 4. En 72-årig man på ett äldreboende svalde fel, och en matbit fastnade i halsen, med akut respiratorisk svikt och hjärtstopp som följd. Luftvägsstoppet behandlades framgångsrikt av ambulanspersonal, men mannen fortsatte att vara pulslös, och återupplivningsförsöken fortsatte. Defibrillatorn visade initialt asystoli. Ambulanspersonalen administrerade 1 mg adrenalin intravenöst, och patienten fick sinusrytm. Trots det rekommenderade defibrillatorn defibrillering, och detta utfördes vid 1 tillfälle men ignorerades vid övriga tillfällen. Eftergranskning av internminnet visade att patienten hade sinusrytm vid samtliga tillfällen när defibrillatorn rekommenderade defibrillering (Figur 5). Mannen avled några dagar senare i hypoxisk hjärnskada.

Fall 5. En 81-årig man som behandlades med pacemaker hittades livlös av anhörig. Ambulanspersonalen påbörjade HLR, som även pågick under transport till sjukhus. Defibrillatorn visade initialt AV-block III med breddökad långsam ersättningsrytm. Defibrillatorn gav upprepade gånger re-

FAKTA 1.

Begreppet plötslig hjärtdöd avser oföväntad död av kardiologisk orsak inom <60 minuter efter symtombörjan [11]. Med denna klassiska och snäva definition är ungefär 13 procent av alla dödsfall sådana som kan betecknas som plötslig hjärtdöd.

Tidiga publikationer har visat att 84 procent av patienterna hade ventrikulära takyarytmier vid plötslig hjärtdöd, och 16 procent hade bradyarytmier [12]. Rytterna var dokumenterade av långtids-EKG [12] eller implanterad händelseanalysator (event recorder) [13].

Den bakomliggande sjukdomen beror på åldersgruppen man undersöker, men totalt sett är kranskärslssjukdom dominerande.

Tidig defibrillering har i fall av plötslig hjärtdöd visat sig vara livräddande och motiverar bla utplacering av automatiska defibrillatorer i samhället inklusive snabb utryckning av ambulans och räddningstjänst. När man utvidgar definitionen från EKG-dokumenterad plötslig hjärtdöd till bevitnad eller obevitnad hjärtdöd ändrar sig underliggande rytmer och därmed även prognosen. Icke-kardiologiska bakomliggande orsaker och icke-defibrillerbara rytmer som pulslös elektrisk aktivitet blir viktigare. Det gäller även obevitnad plötslig hjärtdöd, där rytmen kan ändra sig inom minuter från primära ventrikulära takykardier till sekundära rytmer som asystoli.

Prognosen försämras därmed avsevärt.

Under de senaste decennierna har man sett att incidensen av ventrikulära (och defibrillerbara) rytmer som första dokumenterade rytm vid hjärtstopp har minskat betydligt. Den högsta incidensen av defibrillerbara rytmer har hjärtstopp i det offentliga rummet, där ett vittne använder en automatisk defibrillator, medan den lägsta incidensen av ventrikulära arytmier har rapporterats för hjärtstopp i hemmet med räddningspersonal närvarande [14].

Svenska hjärt-lungräddningsregistret visar i stort sett liknande resultat och trender över tid som ses internationellt: Förekomst av ventrikulära takykardier minskar och allt sjukare och äldre människor med asystoli och pulslös elektrisk aktivitet blir föremål för hjärt-lungräddning (HLR).

Trots detta ökar överlevnaden efter hjärtstopp, inte minst för att ambulanspersonalen oftare utlarmas redan innan hjärtstopp blivit ett faktum.

Statistik över hjärtstopp kan vara förvirrande om man inte noggrant redogör för detaljerna, t ex plötslig hjärtdöd/hjärtstopp, bevitnad/obevitnad, på sjukhuset/utanför sjukhuset, i det offentliga rummet/i hemmet, åldersgrupper, primära rytmer, tidigt insatt (bystander) HLR och kardiologisk orsak/icke-kardiologisk orsak.

»Vi beskriver fem fall gällande patienter där HLR utförts, en halvautomatisk defibrillator använts och defibrillering rekommenderats på felaktig indikation.«

KLINIK & VETENSKAP FALLBESKRIVNING

»Bland våra exempel var samtliga EKG artefaktfria, vilket innebär att tolkningen sannolikt berodde på en följd av svagheter i algoritmen.«

kommandation om defibrillering (Figur 6), vilken även utfördes. Återupplivningsförsök avbröts på akutmottagningen, och patienten avled. Sannolikt var pacemakerns batteri slut.

DISKUSSION

I samtliga fem fall rekommenderade defibrillatorn defibrillering trots att icke-defibrillerbar rytm förelåg. Fyra av fem patienter fick 1 till 9 inadekvata chocker. Vid granskningen av internminnen var EKG-kvaliteten god i samtliga fem fall. Artefakter på grund av pågående HLR hittades inte. Rytm-tolkningens specificitet i dessa fall var alltså inte tillfredsställande.

Enligt krav från American Heart Association på halvautomatiska defibrillatorers rytm-tolkning ska specificiteten vid icke-defibrillerbara rytmer vara >99 procent vid sinusrytm och >95 procent vid övriga rytmer. Den aktuella defibrillatorn Zoll AED Pro hade testats enligt dessa krav och visat god specificitet (Tabell I) [5].

Granskningar av halvautomatiska defibrillatorer

En svensk forskargrupp granskade 2719 rytm-tolkningar gjorda av halvautomatiska defibrillatorer insamlade från ambulanser mellan 1987 och 1992. Vid ett enda tillfälle av totalt 2 225 icke-defibrillerbara rytmer rekommenderades defibrillering. Däremot konstaterades sensitivetsproblem: vid 10 av 375 tolkningar där grov vågigt ventrikelflimmer förelåg (2,7 procent) rekommenderades inte defibrillering.

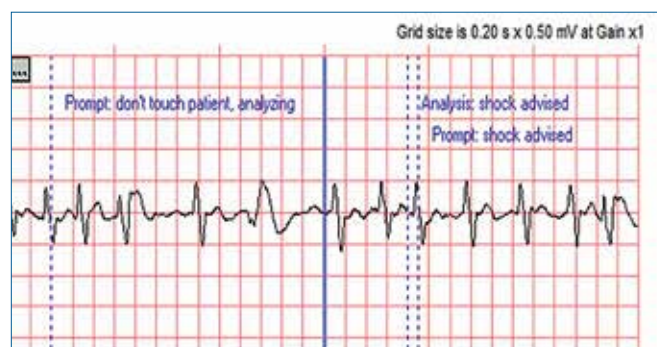
En annan grupp beskrev i en genomgång av internminnen från offentliga halvautomatiska defibrillatorer 3 448 rytmer vid hjärtstopp med påbörjad HLR [7]. Av 2 763 fall av icke-defibrillerbara rytmer utfördes bara 2 inadekvata defibrillering-försök, dvs 2 761 icke-defibrillerbara rytmer identifierades rätt (specificitet 99,9 procent). De 2 icke-defibrillerbara rytmer som defibrillatorn tolkade fel var pacemakerrytm respektive supraventrikulär takykardi [7]. Däremot visade studien 130 felaktiga analyser då defibrillerbar rytm visades, men ingen defibrillering utfördes (sensitivitet 81 procent).

I en prospektiv studie jämfördes användning av manuell defibrillator med halvautomatisk defibrillator [5]. Andelen felaktiga defibrilleringar med en halvautomatisk defibrillator var 6 procent jämfört med hela 26 procent med manuell defibrillator. Vid majoriteten av inadekvata chocker fanns pulslös elektrisk aktivitet eller pulsgenererande rytm (79 procent).

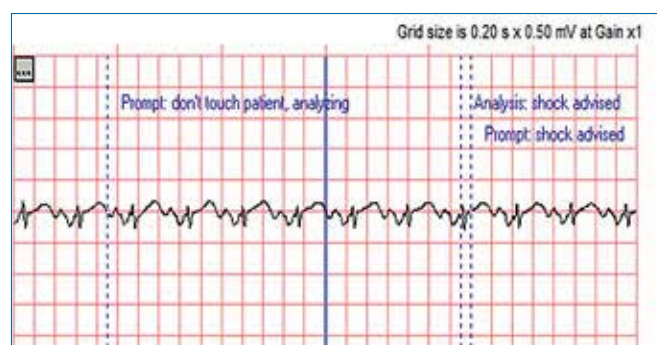
Manuell rytm-tolkning kan vara sämre än halvautomatisk

Vi har beskrivit fem fall där halvautomatisk defibrillator rekommenderade defibrillering trots att icke-defibrillerbar rytm förelåg. Vi har inom vår organisation sett att sådana fall skapar osäkerhet och frågor hos personalen. Utifrån resultat från tidigare studier är dessa problem sannolikt inte relaterade till en specifik defibrillator [6-8]. Ingen EKG-tolkning-algoritm med mycket hög sensitivitet kan förväntas ha 100 procent specificitet, men de av företagen inrapporterade sensitivitets- och specificitetsvärdena behöver bekräftas i verkligheten. Detta är inte minst viktigt med tanke på att ungefär 30 000 hjärtstartare har placerats ut i det svenska samhället för att kunna användas av lekmän [9].

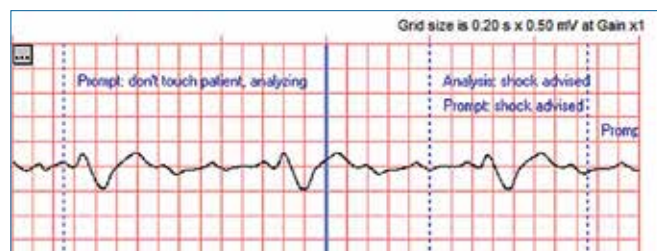
Sannolikt blev ingen av våra patienter direkt skadad genom felaktiga defibrillering-försök, även om de 9 chockerna i fall 1



Figur 4. Rytm-analysen i fall 3 visade förmaksflimmer med en ventrikulär frekvens på 92/min. Defibrillatorn rekommenderade defibrillering.



Figur 5. Rytm-analysen i fall 4 visade sinusrytm med en frekvens på 114/min. Defibrillatorn rekommenderade defibrillering.



Figur 6. Rytm-analysen i fall 5 visade sinusrytm, AV-block III med breddökad ersättningsrytm med en frekvens på ungefär 30/min. Defibrillatorn rekommenderade defibrillering.

kan ha haft betydelse för patientens temporära nedsättning av vänsterkammerfunktionen, som dock mer troligt orsakades av framför allt de stora mängderna adrenalin.

Att skadorna av felaktiga defibrillering-försök i HLR-situationer vanligtvis inte är förknippade med allvarliga kliniska följder bekräftas av en undersökning publicerad under 2015 [10]. Författarna rapporterade 4 procent falskt positiva EKG-tolkningar och efterföljande defibrillering-försök utan att detta i något fall försämrade det kliniska resultatet. Däremot, bland 16 procent falskt negativa EKG-tolkningar bedömdes i flera fall död eller neurologiskt deficit vara konsekvens [10]. Såväl artefakter som algoritm-fel orsakade feltolkningar; algoritm-fel var dock vanligare.

Bland våra exempel var samtliga EKG artefaktfria, vilket innebär att tolkningen sannolikt berodde på en följd av svagheter i algoritmen. Artefaktreducerande algoritmer för rytm-analys under pågående bröstkompressioner är under utveckling, vilket sannolikt också kommer att påverka sensitivitet och specificitet hos halvautomatiska defibrillatorer. Trots rapporterade brister hos sådana defibrillatorer, visar tidigare forskning att manuell rytm-tolkning utförd av personal utbildad i avancerad hjärt-lungräddning (A-HLR) kan vara sämre

KLINIK & VETENSKAP FALLBESKRIVNING

än tolkning utförd av halvautomatisk defibrillator [8]. Där-
emot kan det vara betydelsefullt med gedigen utbildning i
rytm-tolkning bland A-HLR-utbildade livräddare och åter-
koppling till berörd personal i varje fall där felaktiga tolk-
ningar upptäckts.

Systematisk genomgång kan ge bättre HLR-resultat

Vi har fått godkännande av etikprövningsnämnden att syste-
matiskt gå genom alla rytm-tolkningar som gjorts av halvauto-
matiska defibrillatorer under pågående HLR (på sjukhus och
utanför sjukhus) under de senaste åren vad gäller förekomst
av falskt positiva och falskt negativa EKG-tolkningar samt
kliniska konsekvenser. Eftersom defibrillatorleverantörer
varierat under observationstiden, kan även jämförelser mel-
lan olika apparater göras.

Denna studie skulle kunna bidra till bättre EKG-tolknings-
algoritmer, utbildningsprogram och HLR-resultat.

■ *Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.*

REFERENSER

- Lombardi F, Makikallio TH, Myer-
burg RJ, et al. Sudden cardiac death:
role of heart rate variability to
identify patients at risk. *Cardio-
vasc Res.* 2001;50(2):210-7.
- Marengo JP, Wang PJ, Link MS, et
al. Improving survival from sud-
den cardiac arrest: the role of the
automated external defibrillator.
JAMA. 2001;285(9):1193-200.
- Nolan JP, Soar J, Zideman DA, et
al. European Resuscitation Coun-
cil Guidelines for Resuscitation
2010 Section 1. Executive summa-
ry. *Resuscitation.* 2010;81(10):1219-76.
- Kerber RE, Becker LB, Bourland
JD, et al. Automatic external de-
fibrillators for public access de-
fibrillation: recommendations for
specifying and reporting arrhyth-
mia analysis algorithm perfor-
mance, incorporating new wave-
forms, and enhancing safety. A
statement for health professionals
from the American Heart Associa-
tion Task Force on Automatic Ex-
ternal Defibrillation, Subcommit-
tee on AED Safety and Efficacy.
Circulation. 1997;95(6):1677-82.
- Zoll Medical Corporation. Zoll
AED Pro bruksanvisning. 8 okt
2013 [citerat 9 jan 2015]. [http://
www.zoll.com/medical-products/
product-manuals/](http://www.zoll.com/medical-products/product-manuals/)
- Herlitz J, Bang A, Axelsson A, et al.
Experience with the use of auto-
mated external defibrillators in
out of hospital cardiac arrest. *Re-
suscitation.* 1998;37(1):3-7.
- Macdonald RD, Swanson JM,
Mottley JL, et al. Performance and
error analysis of automated exter-
nal defibrillator use in the out-of-
hospital setting. *Ann Emerg Med.*
2001;38(3):262-7.
- Kramer-Johansen J, Edelson DP,
Abella BS, et al. Pauses in chest
compression and inappropriate
shocks: a comparison of manual
and semi-automatic defibrillation
attempts. *Resuscitation.*
2007;73(2):212-20.
- Herlitz J. Svenska hjärt-lungrädd-
ningsregistret. Årsrapport 2014.
[http://www.hlr.nu/wp-content/
uploads/Svenska-HLR-regist-
ret-Arsrapport-2014.pdf](http://www.hlr.nu/wp-content/uploads/Svenska-HLR-registret-Arsrapport-2014.pdf)
- Calle PA, Mpotos N, Calle SP, et al.
Inaccurate treatment decisions of
automated external defibrillators
used by emergency medical servi-
ces personnel: Incidence, cause
and impact on outcome. *Resuscita-
tion.* 2015;88:68-74.
- Kuller L, Lilienfeld A, Fisher R. An
epidemiological study of sudden
and unexpected death in adults.
Medicine (Baltimore).
1967;46:341-61.
- Bayés de Luna A, Coumel P, Le-
clercq JF. Ambulatory sudden
cardiac death: mechanisms of pro-
duction of fatal arrhythmia on the
basis of data from 157 cases. *Am
Heart J.* 1989;117:151-9.
- Gang UJO, Jöns C, Jörgensen RM,
et al. Heart rhythm at the time of
death documented by an implanta-
ble loop recorder. *Europace.*
2010;12:254-60.
- Weisfeldt ML, Everson-Stewart S,
Sitlani C, et al. Ventricular tachy-
arrhythmias after cardiac arrest
in public versus at home. *N Engl J
Med.* 2011;364:313-21.

■ SUMMARY

Automated external defibrillators (AED) have become an important
part of the »the chain of survival« in case of sudden cardiac arrest
(SCA), where early defibrillation is lifesaving. The American Heart
Association demands that AEDs have a specificity of >99 % to
recognize normal sinus rhythm and >95 % for the other non-
shockable rhythms. Reports on their performance in the field are
scarce. We present five cases in which AED recommended shock for
apparently non-shockable rhythms. This indicates the necessity to
systematically reevaluate AED performance.