

ABC OM

Elkonvertering och defibrillering

Elkonvertering och defibrillering är en vanlig, effektiv och säker metod för att behandla takyarytmier och kan vara direkt livräddande. Denna ABC-artikel belyser teoretisk bakgrund, indikationer, klinisk utredning och förberedelse samt tekniskt handhavande. Elkonvertering avser elchock synkroniserad med QRS-komplex och används i såväl akuta som elektiva situationer, medan defibrillering utgör en del av omedelbar behandling vid kammarflimmer.

Historik

År 1947 använde toraxkirurgen Claude Beck en defibrillator i samband med hjärtkirurgi, vilket återställde sinusrytm hos en 14-årig pojke efter 45 minuters intern hjärtmassage. Naum Gurvich utvecklade den externa defibrillatorn och visade att likström var överlägsen växelström [1]. År 1956 blev emellertid Paul Zoll den förste att publicera en fallserie om lyckad extern defibrillering av kammararytmier [2-4].

Sedan dess har förbättringar av defibrillatorn med bifasisk vågform, möjlighet till synkronisering samt klisterelektroder medfört portabla, halvautomatiska och effektiva defibrillatorer [4]. Antalet offentliga defibrillatorer i Sverige uppskattades 2015 till över 35 000, varav ca 16 000 var registrerade i det nationella hjärtstartarregistret 2016 [5, 6]. Närmaste defibrillator går att finna via applikationen »Rädda hjärtat« eller www.hjartstartarregistret.se [7].

Fysiologi

Elkonvertering/defibrillering återställer rytm genom simultan depolarisation av kardiomyocyterna. Framgångsrik konvertering bygger på att en majoritet av myocyterna depolariseras samtidigt genom tillräcklig energitäthet. Energitätheten beror av levererad energi (inställning på defibrillatorn), kontakten mellan elektroder och hud, typen av vågform och vävnadens impedans. Vid framgångsrik konvertering/defibrillering uppstår i regel en kort paus varefter den del som har högst automaticitet tar vid, vanligtvis sinusknutan.

Det är viktigt att om möjligt använda funktionen med synkronisering med QRS-komplexet för att undvika proarytmi. Kammarflimmer kan uppstå om elstöten avges under den känsliga del av T-vågen då retledningssystemet befinner sig i varierande grad av refraktäritet [8].

Indikationer

Defibrillering. Defibrillering är tillsammans med bröstkompressioner den viktigaste behandlingen vid hjärtstopp [9]. De bakomliggande orsakerna till hjärtstopp är många, men kammarflimmer sågs hos 21 re-

Anders Lundberg, ST-läkare, doktorand, VO internmedicin, Hudiksvalls sjukhus; institutionen för medicin Solna, Karolinska institutet; Karolinska universitetssjukhuset, Stockholm

• anders.lundberg@regiongavleborg.se

Gustav Mattsson, AT-läkare, Gävle sjukhus

Peter Magnusson, överläkare, doktorand, verksamhetsområde kardiologi, Gävle sjukhus; institutionen för medicin Solna, Karolinska institutet, Karolinska universitetssjukhuset, Stockholm; samtliga Centrum för forskning och utveckling, Uppsala universitet/Region Gävleborg, Gävle



Foto: Shutterstock/IBL

Genom samtidig depolarisation av hjärtmuskelcellerna kan elkonvertering åstadkomma sinusrytm hos uppåt 95 procent av symtomatiska patienter med nyttillkommen eller recidiverande förmaksflimmer. Elkonvertering och defibrillering är en vanlig, effektiv och säker metod för att behandla takyarytmier.

KLASSIFICERING AV SYMTOM¹

Symtomklass	Grad av symtom
• EHRA I	Inga symtom
• EHRA II	Lindriga symtom; daglig aktivitet opåverkad
• EHRA III	Uttalade symtom; daglig aktivitet påverkad
• EHRA IV	Handikappande symtom; daglig aktivitet avstås

¹Klassificering av symtom associerade till förmaksarytmier enligt European Heart Rhythm Association (EHRA).

MEDICINENS ABC

• Medicinens ABC är en artikelserie där läkare under utbildning tillsammans med handledare beskriver vanliga sjukdomstillstånd, procedurer eller behandlingar som en nybliven specialist ska kunna handlägga självständigt.

Artiklarna ska ge praktisk handledning inom ett avgränsat område.

• Kontakta Jan Östergren (jan.ostergren@lakartidningen.se) för diskussion av valt ämne och upplägg innan skrivandet börjar.

spektive 25 procent utanför och på sjukhus 2016 [10]. Det är ytterst angeläget att omedelbart defibrillera en medvetslös patient med kammararytmi; vid minimal fördröjning (<1 minut) överlever 72 procent av patienter med hjärtstopp på sjukhus [6, 9]. Upphållet mellan bröstkompressioner och defibrillering bör vara maximalt 5 sekunder, varför kompressioner bör fortsätta medan defibrillatorn laddar [9].

Elkonvertering. Akut elkonvertering utförs vid kammar-takykardi eller förmakstakykardi med hemodynamisk påverkan, symtomgivande ischemi eller betydande inkomensation, som inte svarar på eller är lämpliga för frekvensreglerande eller konverterande läkemedelsbehandling [11-13]. Den hemodynamiska påverkan av en arytm beror på frekvens och underliggande sjukdomar, men elkonvertering är oftast det bästa alternativet, eftersom det är effektivt och säkert [12].

Förmaksarytmier, framför allt förmaksflimmer men också förmaksfladder och ektopisk förmakstakykardi, är de vanligaste indikationerna för elkonvertering i både akuta och elektiva situationer. Återkopplingstakykardi beroende av den atrioventrikulära noden behandlas dock företrädesvis med adenosin.

Vid nyttillkommet eller recidiverande förmaksflimmer där patienten är symtomatisk rekommenderas elkonvertering, som åstadkommer sinusrytm i 67-95 procent av fallen [13-15]. För patienter med mycket frekvent recidiverande eller persisterande förmaksflimmer-/fladder utan symtom är indikationen för uppreade elkonverteringar däremot tveksam. EHRA (European Heart Rhythm Association)-skalan kan användas för att kategorisera arytmirelaterade symtom.

För helt eller nästintill symtomfria patienter kan en strategi med frekvenskontroll övervägas, då randomiserade studier varken påvisat signifikant minskad morbiditet eller mortalitet med strikt rytmkontroll [13, 16]. För symtomatiska patienter rekommenderas i första hand antiarytmika, eventuellt med tillägg av kateterburen lungvensisolering vid täta recidiv eller hög flimmerbörda [13, 17].

Vid samtidig hjärtsvikt finns belägg för att fortsatt rytmreglering och bibehållen sinusrytm är värdefulla för att åstadkomma atrioventrikulär synkroni och minska påverkan på vänsterkammerfunktionen; även hälsorelaterad livskvalitet förefaller påverkas gynnsamt [18]. Data från en studie på patienter med hjärtsvikt och förmaksflimmer som genomgått lungvensisolering har även visat på reducerad mortalitet och vårdbehov, vilket talar för att det trots allt finns vinster med bibehållen sinusrytm i vissa patientgrupper [19].

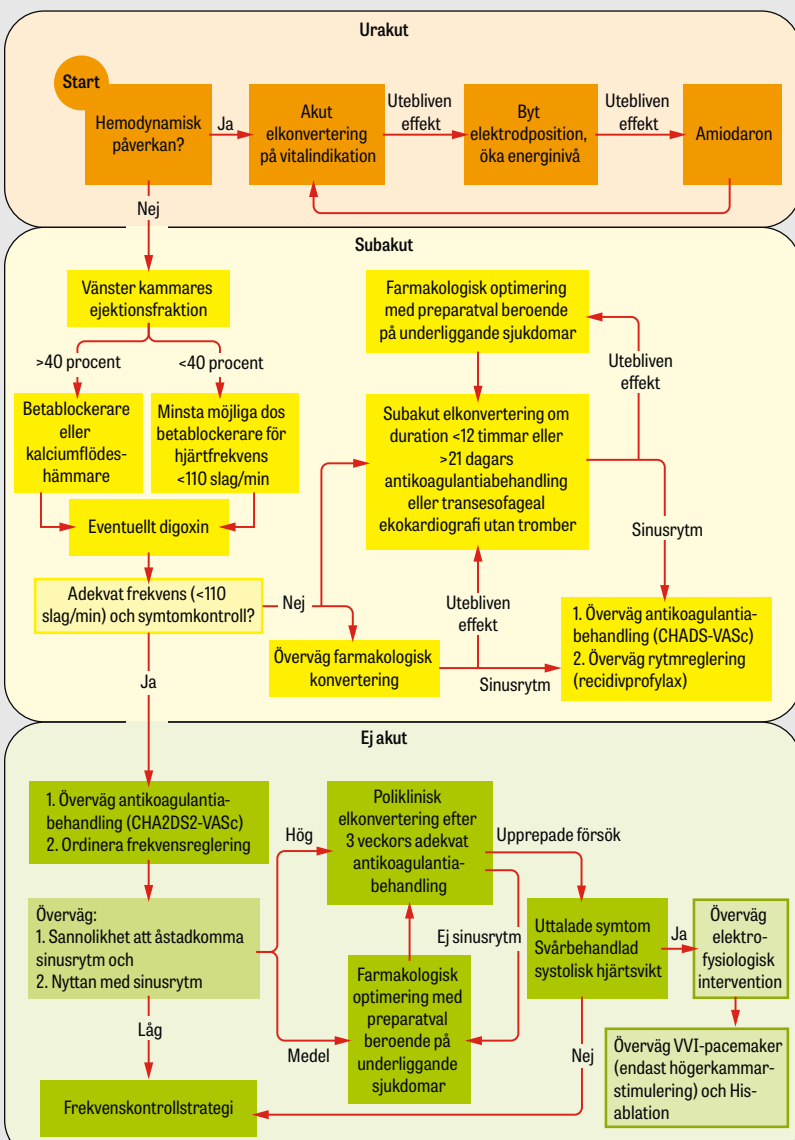
Prognos

Arytmier med lång duration är svårare att konvertera än kortvariga och kan därför kräva adjuvant farmakologisk behandling och högre energinivå [8]. En organiserad, regelbunden och långsam arytm är lättare att konvertera [20, 21]. Hög ålder och förmaksdilatation uppmätt med ekokardiografi är associerade med sämre möjlighet till lyckad elkonvertering och att behålla sinusrytm [22-24].

Risker med elkonvertering

Maligna arytmier. Vid kammarflimmer eller polymorf

Handläggning av takyarytmier



► Flödesschema för handläggning av takyarytmier; syntes av rekommendationer och terapiförslag enligt riktlinjer för förmaksflimmer och kammararytmier från European Society of Cardiology (ESC) [12, 13].

De vanligaste indikationerna för elkonvertering, i både akuta och elektiva situationer, är förmaksarytmier, framför allt förmaksflimmer men också förmaksfladder och ektopisk förmakstakykardi.



Foto: Shutterstock/IBL

kammartakykardi krävs defibrillering där elstöten levereras asynkront utan hänsyn till kammarens de- och repolarisation (QRS-komplex respektive T-våg). Vid elkonvertering synkroniseras elstöten med kammardepolarisationen, dvs i QRS-komplexet. Asynkron elchock kan i värsta fall orsaka kammarflimmer genom depolarisation av ett retledningssystem med variabel refraktäritet i T-vågens tidiga fas, men det är i praktiken mycket ovanligt [25]. Efter omslag från arytm kan bradyarytmier uppstå, särskilt hos äldre patienter, men sammantaget är risken låg (<1 procent) [25]. Läkemedel som ger bradykardi ökar inte denna risk [25]. Sövningen kan bidra till att autonoma nervsystemet reagerar oförutsägbart.

Allt som oftast återkommer sinusrytm efter några sekunder, men längre perioder med bradykardi förekommer. Därför är det viktigt att vara förtrogen med defibrillatorns funktion för extern stimulering samt läkemedel som atropin och isoprenalin [13]. Det är oklart vilken duration som motiverar permanent pacemaker [13, 25].

Embolisering. Vid förmaksflimmer och -fladder finns risk för embolisering av tromber som bildats i vänster förmak. Denna risk kan reduceras genom en strukturerad riskbedömning och behandling baserad på riskvärderingsschemat CHA2DS2-VASc, som förutspår embolirisk både på lång sikt och vid elkonvertering [11, 13, 26]. För patienter utan riskfaktorer (CHA2DS2-VASc 0 poäng) är risken för embolisering vid elkonvertering mycket låg (0,0–0,2 procent), men stiger därefter snabbt med antalet riskfaktorer. Antikoagulantibehandling med lågmolekylärt heparin eller direktverkande antikoagulantia (NOAK) bör påbörjas så snart som möjligt hos alla med riskfaktorer och utan kontraindikationer [26, 27]. Patienter med kontraindikationer för antikoagulantia bör inte elkonverteras.

Även patienter med kort symtomduration (<48 timmar) bör erbjudas antikoagulantia, eftersom risken för embolisering inte är försumbar under de första 10 dagarna efter konvertering, särskilt vid arytmiduration över 12 timmar och höga CHA2DS2-VASc-poäng [26, 28]. De som saknar indikation för långtidsbehandling (CHA2DS2-VASc 0 p för män och 1 p för kvinnor) rekommenderas 4 veckors antikoagulation efter elkonvertering, för övriga bör livslång behandling övervägas [13].

När embolisering vid elkonvertering sker inträffar det nästan uteslutande inom 10 dagar, med flest fall 1–2 dagar efter konvertering [29].

Vid akut elkonvertering på vitalindikation accepteras den tromboemboliska risken, och elkonvertering måste genomföras för att undvika cirkulationskolaps.

Vid subakut elkonvertering, där 21 dagars antikoagulantibehandling före konvertering av olika skäl inte är möjlig och där arytmidurationen överskrider 12 timmar, bör transesofageal ekokardiografi övervägas för att utesluta tromber i vänster förmaksöra [13, 30, 31]. Tidigare har det antagits att den tromboemboliska risken är låg de första 48 timmarna, men nya studier har visat på förhöjd risk efter 12 timmars arytmiduration [26, 32].

Den tromboemboliska risken är lägst vid poliklinisk elkonvertering efter minst 3 veckors antikoagulantia-

CHECKLISTA INFÖR SUBAKUT ELLER ELEKTIV ELKONVERTERING

- Ge antikoagulantia mer än 21 dagar (NOAK utan avbrott eller PK(INR) terapeutiskt 3 veckor med max 1 veckas provtagningsintervall) eller transesofageal ekokardiografi utan tromber eller symtomdebut mindre än 12 timmar.
- Patienten ska vara fastande åtminstone 6 timmar före elkonverteringen.
- Patienten ska vara uppkopplad med EKG, pulsoximetri och blodtrycksmanschett.
- S-kaliumvärdet ska vara 3,5–5,0 mmol/l.
- Beredskap ska finnas för atropinjektion och extern stimulering med defibrillatorn.
- Kollega med erfarenhet av elkonvertering ska vara närvarande.
- Strömstyrkan ska kontrolleras och vara korrekt för indikationen; QRS-synkroniseringen ska vara aktiverad.

FÖRLOPP VID SUBAKUT ELLER ELEKTIV ELKONVERTERING

- Koppla EKG, pulsoximetri och blodtrycksmanschett.
- Anbringa klisterelektroder i antero-posterior eller anterolateral position.
- Koppla elektroderna till defibrillatorn. Starta defibrillatorn; den ska gå i manuell läge, inte automatiskt (AED).
- Ställ in rätt energinivå (exempelvis 150 J).
- Aktivera QRS-synkronisering; knappen ska blinka och synkroniseringsmarkörer synas på EKG-skärmen.
- Stäm av checklistan, med narkospersonal närvarande.
- Förklara för patienten och narkospersonalen att ni är redo att börja. Sederig påbörjas.
- När narkospersonalen ger klartecken att patienten är adekvat sederad, tryck på »Ladda« och ange tydligt att du laddar defibrillatorn.
- Kontrollera att ingen tar i patienten eller sängen.
- Förvarna närvarande genom att säga »nu defibrillerar jag« (eller motsvarande) innan du trycker på knappen. Elstöten levereras.
- Kontrollera rytmen på skärmen. Kort bradykardi är vanligt.
- Om sinusrytm, gör inget mer. Om kvarstående arytm, överväg att öka energinivån och försök igen (max 4 gånger).
- Kontrollera ett vanligt EKG efter några minuter, när rytmen är stabiliserad.
- När patienten vaknat ur anestesi, informera om situation och planering.

»Vid förmaksflimmer och -fladder finns risk för embolisering av tromber som bildats i vänster förmak.«

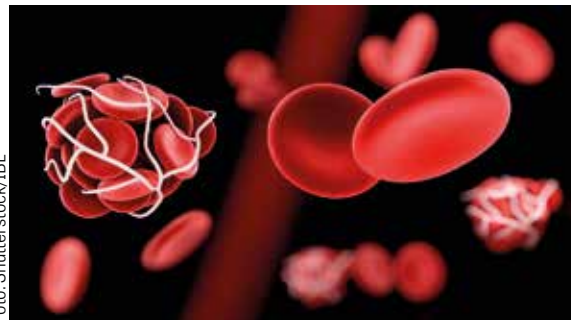


Foto: Shutterstock/IBL

Risken för embolier vid förmaksflimmer och -fladder kan minskas genom en strukturerad riskbedömning och behandling utifrån riskvärderingsschemat CHA2DS2-VASc.

behandling. Generellt ska behandlingen fortgå kontinuerligt i minst 21 dagar före elkonvertering, för warfarin minst 21 dagar med PK(INR) $\geq 2,0$. Rivaroxaban, apixaban, dabigatran och edoxaban har visats ha jämförbar säkerhet med warfarin även vid elkonvertering [33-37]. NOAK förkortar tiden till elkonvertering jämfört med warfarin [33, 38, 39].

Anestesi. Generell anestesi vid elkonvertering utgör en liten, men inte försumbar, risk.

Hudskador. Elstöten kan medföra rodnad och irritation i huden, men risken för betydande hudskador är låg vid användning av lägsta möjliga strömstyrka och högst fyra defibrilleringar [40].

Pacemaker/implanterbar defibrillator. Om patienten har pacemaker/implanterbar defibrillator rekommenderas minst 8 cm avstånd mellan den implanterade dosan och de externa elektroderna samt anteroposterior elektrodplacering för att undvika skador på systemet [12]. Palpera därför dosans kanter för att säkerställa placeringen. Kontroll av funktionen av pacemaker/implanterbar defibrillator (avkänning, trösklar, impedans) efter elkonvertering är tillrådligt.

Genomförandet

Förberedelser. Elstöten är smärtsam, och elkonvertering ska därför ske under sedering av anestesikunnig personal [41]. Vid elektiv eller subakut elkonvertering ska patienten vara fastande 6 timmar för att minimera aspirationsrisken, och hypokalemi bör korrigeras för att minimera risken för proarytmi.

Vid elektiv eller subakut elkonvertering är det viktigt att säkerställa att patienten har låg risk för tromboembolism. Detta kan antas vara fallet om

- patienten har behandlats med antikoagulantia i minst 21 dagar, alternativt
- transesofageal ekokardiografi har uteslutit tromb i vänster förmak, alternativt
- arytmidurationen är <12 timmar.

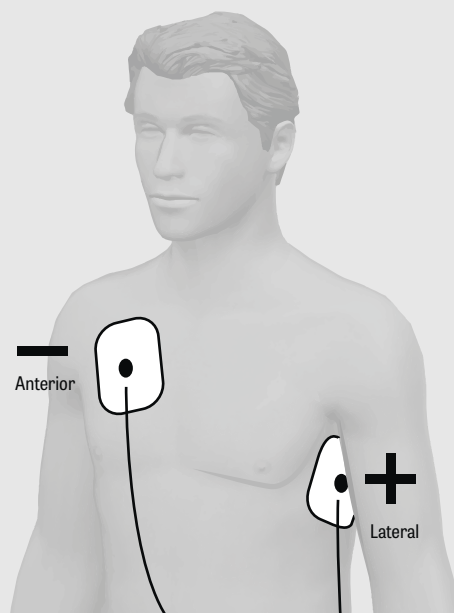
Plattornas placering och vågform. Huden ska vara ren och torr, och riklig behåring avlägsnas för att minska energiförlusterna i bröstkorgen.

Handhållna elektrodspadar med gelplattor eller klisterelektroder kan användas. I akuta situationer, hjärtstopp eller vid hemodynamisk instabilitet föredras av praktiska skäl anterolateral placering, eftersom man då inte behöver vända på patienten under pågående hjärt-lungräddning. En platta placeras under höger nyckelben mot den högra sternalranden och den andra över apex i medioaxillarlinjen. Den apikala elektroden bör inte placeras på bröstkörtelvävnad hos kvinnor, eftersom detta ökar impedansen [42].

Anteroposterior placering, där den anteriora elektroden placeras över den kaudala delen av sternum och den posteriora under vänster skapula och mot spinalutskotten, är att föredra i alla andra situationer. Det medger effektiv transkutan stimulering om patienten är hemodynamiskt instabil efter initial defibrillering/elkonvertering.

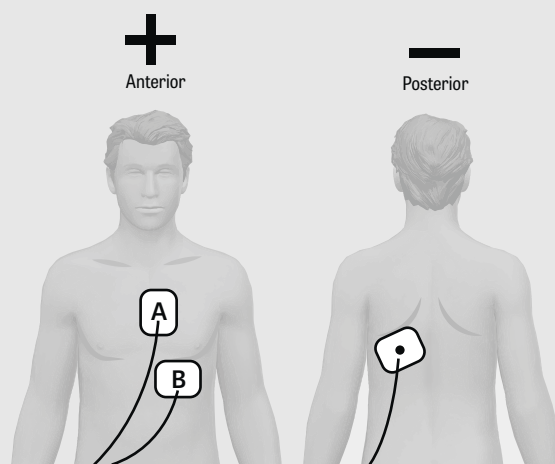
En systematisk litteraturoversikt om förmaksflimmer och -fladder kunde inte påvisa någon signifikant skillnad i konverteringsfrekvens eller komplikatio-

Anterolateral elektrodplacering



Modifierad efter bild från Physio-Control.

Anteroposterior elektrodplacering



► Elektrodläge B indikerar tillverkarens rekommenderade läge för extern stimulering och defibrillering (Lifepack 20e). Elektrodläge A indikerar det elektrodläge som oftast använts i studier av elektiv konvertering av förmaksflimmer och -fladder. Elektroden kan också placeras högre upp under höger eller vänster klavikel, mot respektive sternalrand.

Modifierad efter bild från Physio-Control.



Ett avstånd på minst 8 cm rekommenderas mellan eventuell implanterad dosa (pacemaker/intern defibrillator) och de externa elektroderna. Dosans kanter bör palperas för att säkra placeringen.

ner, och enskilda randomiserade studier har visat motstridiga resultat [14, 43-45]. Europeiska kardiologföreningen rekommenderar dock anteroposterior elektrodplacering [13]. Vid utebliven effekt med den ena placeringen kan den andra prövas med fördel [42].

Vågformen är en beskrivning av den elektriska vektorns riktning genom kroppen, där den bifasiska defibrillatorn växlar polaritet efter 5-10 ms. Detta har visat bättre förmåga att åstadkomma organiserad rytm, och bifasiska defibrillatorer har i stor utsträckning ersatt monofasiska [46, 47]. För hjärtstopp rekommenderas bifasisk vågform, minst 200 J och upp till 360 J [9]. Randomiserade studier har visat på större sannolikhet för omslag från kammarflimmer med bifasisk vågform än med monofasisk [48]. Vid elkonvertering av förmaksarytmi föredras bifasisk vågform, eftersom detta kräver lägre total mängd levererad energi och oftare är lyckosamt, särskilt vid förmaksflimmer [46, 47, 49].

Energinivå. Patientens impedans och typen av arytmier och duration avgör energinivå. Impedansen är ett mått på motståndet för den elektriska strömmen genom bröstskogen och är generellt högre vid större kroppsmassa och stor bröstskog [50]. Arytmier med ursprung i lokaliserade reentrykretsar eller enskilda fokus, såsom monomorf kammartakykardi och förmaksfladder, kräver lägre energinivåer än snabba och oregelbundna rytmer såsom polymorf kammartakykardi, kammarflimmer och förmaksflimmer, eftersom en mindre andel kardiomyocyter behöver depolariseras för att bryta arytmien [21]. Lägre energinivåer kan prövas vid förmaksflimmer med kort duration, <48 timmar [20]. För defibrillering av hjärtstopp rekommenderas ökande energinivå (200 J → >200 J → >360 J) [51].

Farmakologisk adjuvans. Rytmreglerande läkemedel, exempelvis amiodaron, flekainid, propafenon och vernakalant, kan öka sannolikheten att åstadkomma konvertering eller bibehålla sinusrytm efter konvertering [13, 52-54]. Ibutilid kan användas då en snabb faciliterad elkonvertering är önskvärd, men användningen begränsas av risk för proarytmi och arytmirecidiv [15, 53]. Antikoagulationen bör beaktas då farmakologisk konvertering är likställd med elkonvertering i tromboemboliskt hänseende.

Nya rön

Dubbelsekvensdefibrillering studeras för patienter med bristfällig effekt av elkonvertering eller refraktär kammararytmi [55]. Detta innebär att patienten defibrilleras två gånger i följd, med två apparater och komplementära plattplaceringar. ○

- Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Peter Magnusson har erhållit föreläsararvode från Abbott, Bayer, Boehringer Ingelheim, Novo Nordisk och Pfizer.

Citera som: *Läkartidningen. 2018;115:E9XU*

REKOMMENDERADE ENERGINIVÅER¹

Typ av arytmier	Bifasisk vågform
Kammarflimmer/polymorf kammatakykardi	200 J → >200 J → >360 J [51]
Monomorf, långsam kammatakykardi	50 → 100 J
Förmaksflimmer	100 → >150 → >360 J (<48 h duration) [20, 46, 56, 57] 150 → >200 → >360 J (>48 h duration, övervikt/fetma) [20, 46, 56, 57]
Förmaksfladder	50 → >100 → >250 J [46, 57]

¹ Rekommenderade energinivåer och stegvis ökning vid misslyckad konvertering, max fyra elstötter rekommenderas.

KONSENSUS

De flesta är ense om att

- omedelbar defibrillering är potentiellt livräddande vid hjärtstopp med kammarflimmer eller kammatakykardi
- akut elkonvertering är indicerad vid takyarytmi med hemodynamisk påverkan
- bifasisk vågform ger högre andel lyckade konverteringar vid lägre energinivå än monofasisk vågform.

Åsikterna går isär om

- nyttan av upprepade elkonverteringar vid recidiverande förmaksflimmer/-fladder
- säkerheten med subakut elkonvertering inom 48 timmar från symtomdebut utan föregående antikoagulantibehandling
- elektrodplaceringens betydelse för lyckad elkonvertering
- det går att förutsäga lyckad elkonvertering och sannolikheten att behålla sinusrytm
- huruvida transesofageal ekokardiografi är likvärdig med 21 dagars antikoagulation avseende embolisk.

REFERENSER

- Akselrod H, Kroll MW, Orlov MV. History of defibrillation. In: Efimov IR, Kroll MW, Tchou PJ (editors). *Cardiac bioelectric therapy. Mechanisms and practical implications*. New York: Springer; 2009. p. 15-40.
- Zoll PM, Linenthal AJ, Gibson W, et al. Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric counter-shock. *N Engl J Med*. 1956;254(16):727-32.
- Zoll PM, Linenthal AJ. Termination of refractory tachycardia by external counter-shock. *Circulation*. 1962;25(4):596.
- Lown B. Defibrillation and cardioversion. *Cardiovasc Res*. 2002;55(2):220-4.
- Hollenberg J, Ringh M, Fredman D, et al. Allt fler hjärtstartare i samhället - men få används. *Läkartidningen*. 2015;112:C7E6.
- Hjärt- och lungrehabiliteringsregistret. Årsrapport 2017. <https://registercentrum.blob.core.windows.net/shlrsjh/r/-rsrapport-2017-5y1wvdi2Z.pdf>
- Hjärt-lungfonden. Rådja hjärtat - en livsviktig app [citerat 7 mar 2018]. <https://www.hjart-lungfonden.se/raddahjartat/>
- Lown B. Electrical reversion of cardiac arrhythmias. *Br Heart J*. 1967;29(4):469-89.
- Monsieus KG, Nolan JP, Bossaert LL, et al; ERC Guidelines 2015 Writing Group. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. *Resuscitation*. 2015;95:1-80.
- Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Incidence, duration and survival of ventricular fibrillation in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Resuscitation*. 2000;44(1):7-17.
- Socialstyrelsen. Nationella riktlinjer för hjärtsjukvård [citerat 20 dec 2017]. <http://www.socialstyrelsen.se/nationellarikliniker-hjartsjukvard/>
- Priori SG, Blomström-Lundqvist C, Mazzanti A, et al; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: The Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPIC). *Eur Heart J*. 2015;36(41):2793-867.
- Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, et al; ESC Scientific Document Group. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur Heart J*. 2016;37(38):2893-962.
- Siaplaouras S, Buob A, Rötter C, et al. Randomized comparison of anterolateral versus anteroposterior electrode position for biphasic external cardioversion of atrial fibrillation. *Am Heart J*. 2005;150(1):150-2.
- Oral H, Souza JJ, Michaud GF, et al. Facilitating transthoracic cardioversion of atrial fibrillation with ibutilide pretreatment. *N Engl J Med*. 1999;340(24):1849-54.
- Van Gelder IC, Hagens VE, Bosker HA, et al; Rate Control versus Electrical Cardioversion for Persistent Atrial Fibrillation Study Group. A comparison of rate control and rhythm control in patients with recurrent persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2002;347(23):1834-40.
- Cosedis Nielsen J, Johannessen A, Raatikainen P, et al. Radiofrequency Ablation as Initial Therapy in Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2012;367(17):1587-95.
- Shelton RJ, Clark AL, Goode K, et al. A randomized, controlled study of rate versus rhythm control in patients with chronic atrial fibrillation and heart failure (CAFE-II Study). *Heart*. 2009;95(11):924-30.
- Marrouche NF, Brachmann J, Andresen D, et al; CASTLE-AF Investigators. Catheter ablation for atrial fibrillation with heart failure. *N Engl J Med*. 2018;378(5):417-27.
- Ricard P, Lévy S, Trigano J, et al. Prospective assessment of the minimum energy needed for external electrical cardioversion of atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. 1997;79(6):815-6.
- Kerber RE, Kienzle MG, Olshansky B, et al. Ventricular tachycardia rate and morphology determine energy and current requirements for transthoracic cardioversion. *Circulation*. 1992;85(1):158-63.
- Marchese P, Bursi F, Delle Donne G, et al. Indexed left atrial volume predicts the recurrence of non-valvular atrial fibrillation after successful cardioversion. *Eur J Echocardiogr*. 2011;12(3):214-21.
- Dethy M, Chassat C, Roy D, et al. Doppler echocardiographic predictors of recurrence of atrial fibrillation after cardioversion. *Am J Cardiol*. 1988;62(10 Pt 1):723-6.
- Van Gelder I, Crijns H, Van Gilst W, et al. Prediction of uneventful cardioversion and maintenance of sinus rhythm from direct-current electrical cardioversion of chronic atrial fibrillation and flutter. *Am J Cardiol*. 1991;68(1):41-6.
- Grönberg T, Nuotio I, Nikkinen M, et al. Arrhythmic complications after electrical cardioversion of acute atrial fibrillation: the FinCV study. *Europace*. 2013;15(10):1432-5.
- Airaksinen KEJ, Grönberg T, Nuotio I, et al. Thromboembolic complications after cardioversion of acute atrial fibrillation: the FinCV (Finnish Cardioversion) study. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(13):1187-92.
- Själänder S, Svensson PJ, Friberg L. Atrial fibrillation patients with CHA2DS2-VASc >1 benefit from oral anticoagulation prior to cardioversion. *Int J Cardiol*. 2016;215:360-3.
- Hansen ML, Jepsen RM, Olesen JB, et al. Thromboembolic risk in 16 274 atrial fibrillation patients undergoing direct current cardioversion with and without oral anticoagulant therapy. *Europace*. 2015;17(1):18-23.
- Berger M, Schweitzer P. Timing of thromboembolic events after electrical cardioversion of atrial fibrillation or flutter: a retrospective analysis. *Am J Cardiol*. 1998;82(12):1545-7.
- Klein AL, Grimm RA, Murray RD, et al; Assessment of Cardioversion Using Transesophageal Echocardiography Investigators. Use of transesophageal echocardiography to guide cardioversion in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2001;344(19):1411-20.
- van der Wouw PA, Koster RW, Delemarre BJ, et al. Diagnostic accuracy of transesophageal echocardiography during cardiopulmonary resuscitation. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30(3):780-3.
- Nuotio I, Hartikainen JEK, Grönberg T, et al. Time to cardioversion for acute atrial fibrillation and thromboembolic complications. *JAMA*. 2014;312(6):647-9.
- Cappato R, Ezekowitz MD, Klein AL, et al; X-VErT Investigators. Rivaroxaban vs vitamin K antagonists for cardioversion in atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 2014;35(47):3346-55.
- Goette A, Merino JL, Ezekowitz MD, et al; ENSURE-AF Investigators. Edoxaban versus enoxaparin-warfarin in patients undergoing cardioversion of atrial fibrillation (ENSURE-AF): a randomised, open-label, phase 3b trial. *Lancet*. 2016;388(10055):1995-2003.
- Nagarakanti R, Ezekowitz MD, Oldgren J, et al. Dabigatran versus warfarin in patients with atrial fibrillation: an analysis of patients undergoing cardioversion. *Circulation*. 2011;123(2):131-6.
- Johansson AK, Juhlin T, Engdahl J, et al. Is one month treatment with dabigatran before cardioversion of atrial fibrillation sufficient to prevent thromboembolism? *Europace*. 2015;17(10):1514-7.
- Ezekowitz MD, Pollack CV, Halperin JL, et al. Apixaban compared to heparin/vitamin K antagonist in patients with atrial fibrillation scheduled for cardioversion: the EMANATE trial. *Eur Heart J*. 2018;39(32):2969-71.
- Krothapalli S, Bhavne PD. A comparison between NOACs and warfarin on time to elective cardioversion. *J Atr Fibrillation*. 2016;9(2):75-8.
- Frederiksen AS, Albertsen AE, Christesen AMS, et al. Cardioversion of atrial fibrillation in a real-world setting: non-vitamin K antagonist oral anticoagulants ensure a fast and safe strategy compared to warfarin. *Europace*. 2017;20(7):1078-85.
- Ambler JJ, Sado DM, Zideman DA, et al. The incidence and severity of cutaneous burns following external DC cardioversion. *Resuscitation*. 2004;61(3):281-8.
- Furniss SS, Sneyd JR. Safe sedation in modern cardiologic practice. *Heart*. 2015;101(19):1526-30.
- Kerber RE. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation and flutter: standard techniques and new advances. *Am J Cardiol*. 1996;78(8A):22-6.
- Kirkland S, Stiell I, Alshawabkeh T, et al. The efficacy of pad placement for electrical systematic review. *Acad Emerg Med*. 2014;21(7):717-26.
- Alp NJ, Rahman S, Bell JA, et al. Randomised comparison of antero-lateral versus antero-posterior paddle positions for DC cardioversion of persistent atrial fibrillation. *Int J Cardiol*. 2000;75(2-3):211-6.
- Kirchhof P, Eckardt L, Perter L, et al. Anterior-posterior versus anterior-lateral electrode positions for external cardioversion of atrial fibrillation: a randomised trial. *Lancet*. 2002;360(9342):1275-9.
- Niebauer MJ, Brewer JE, Chung MK, et al. Comparison of the rectilinear biphasic waveform with the monophasic damped sine waveform for external cardioversion of atrial fibrillation and flutter. *Am J Cardiol*. 2004;93(12):1495-9.
- Inácio JF, da Rosa Mdos S, Shah J, et al. Monophasic and biphasic shock for transthoracic conversion of atrial fibrillation: systematic review and network meta-analysis. *Resuscitation*. 2016;100:66-75.
- van Alem AF, Chapman FW, Lank P, et al. A prospective, randomised and blinded comparison of first shock success of monophasic and biphasic waveforms in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2003;58(1):17-24.
- Scholten M, Szili-Torok T, Klootwijk P, et al. Comparison of monophasic and biphasic shocks for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. *Heart*. 2003;89(9):1032-4.
- Zhang Y, Clark CB, Davies LR, et al. Body weight is a predictor of biphasic shock success for low energy transthoracic defibrillation. *Resuscitation*. 2002;54(3):281-7.
- Stiell IG, Walker RG, Nesbitt LP, et al. BIPHASIC trial: a randomized comparison of fixed lower versus escalating higher energy levels for defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*. 2007;115(12):1511-7.
- Capucci A, Villani GQ, Aschieri D, et al. Oral amiodarone increases the efficacy of direct-current cardioversion in restoration of sinus rhythm in patients with chronic atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 2000;21(1):66-73.
- Van Noord T, Van Gelder I, Crijns HJ. How to enhance acute outcome of electrical cardioversion by drug therapy: importance of immediate reinitiation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2002;13(8):822-5.
- Müssigbrodt A, John S, Kosciuk J, et al. Vernakalant-facilitated electrical cardioversion: comparison of intravenous vernakalant and amiodarone for drug-enhanced electrical cardioversion of atrial fibrillation after failed electrical cardioversion. *Europace*. 2016;18(1):51-6.
- Leacock BW. Double simultaneous defibrillators for refractory ventricular fibrillation. *J Emerg Med*. 2014;46(4):472-4.
- Glover BM, Walsh SJ, McCann CJ, et al. Biphasic energy selection for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. The BEST AF Trial. *Heart*. 2008;94(7):884-7.
- Reisinger J, Gstrein C, Winter T, et al. Optimization of initial energy for cardioversion of atrial tachyarrhythmias with biphasic shocks. *Am J Emerg Med*. 2010;28(2):159-65.