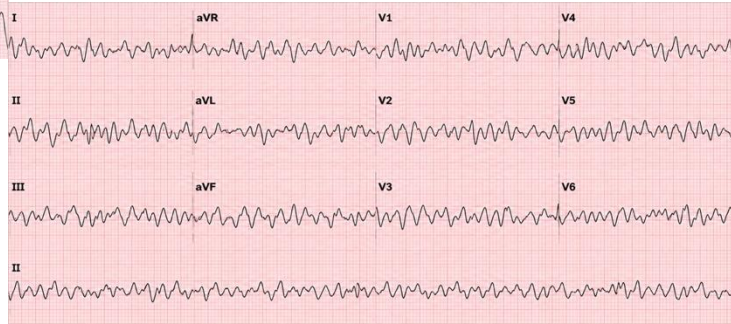
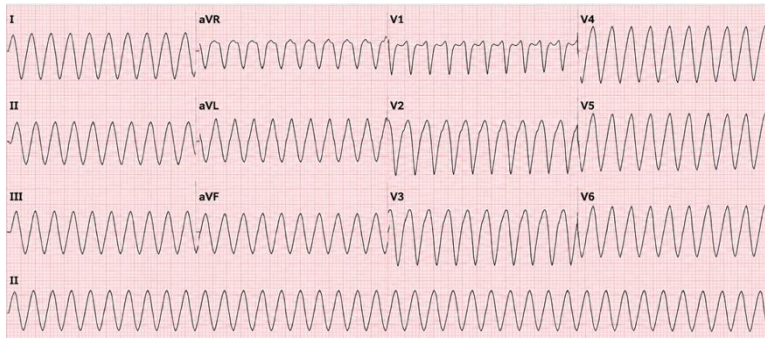




Elektrisk storm

Rúna Landén
VO kardiologi

Sahlgrenska universitetssjukhuset



Definition av Kammartakykardi

Rytm som kommer nedanför HIS som har frekvens över 100 slag/min i minst 3 slag, oftast QRS bredd >120 ms

Non-sustained VT - kortare än 30 sekunder

Sustained VT - längre än 30 sekunder

★ Incessant VT - VT som fortsätter trots upprepade åtgärder att försöka bryta den

★ Elektrisk Storm (ES) - ≥ 3 episoder med sustained VT/VF inom 24 timmar

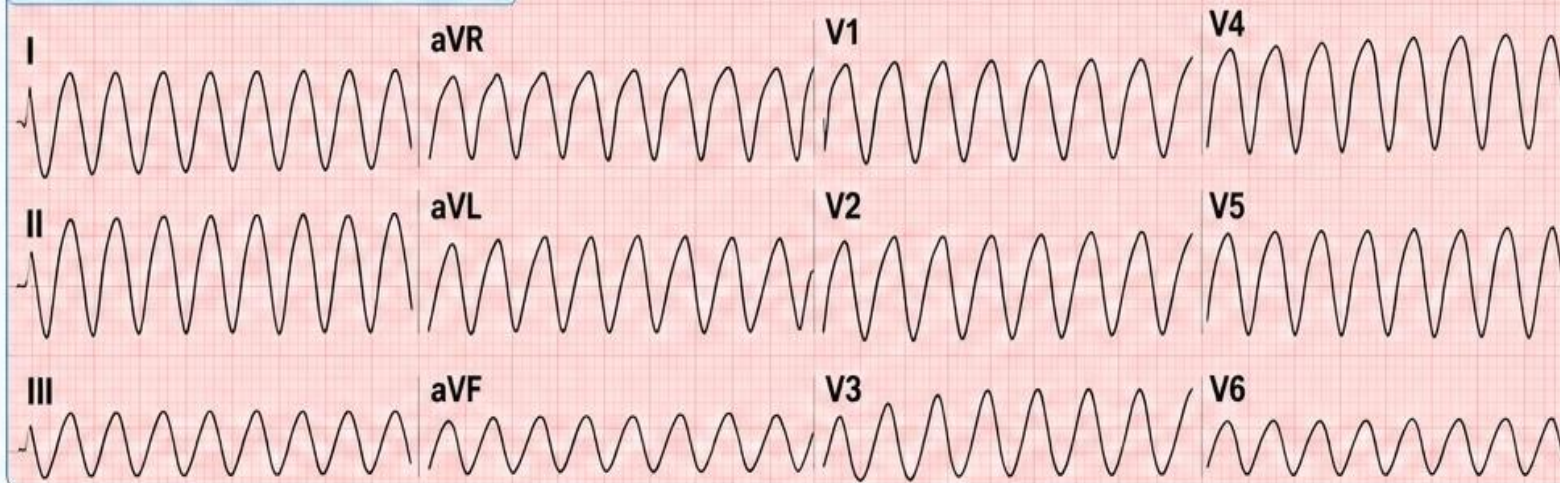
Clustered VT - 2 eller fler sustained VT episoder inom loppet av 3 månader

Typer och orsaker till ihållande ventrikulär takykardi

Monomorf ventrikulär takykardi (VT)

- Ofta strukturell hjärtsjukdom (t.ex. genomgången infarkt, ärr)
- Kan även vara idiopatisk (t.ex. RVOT, fasckulär VT)
- Ofta re-entry
- Regelbunden takykardi med likartad QRS-morfologi

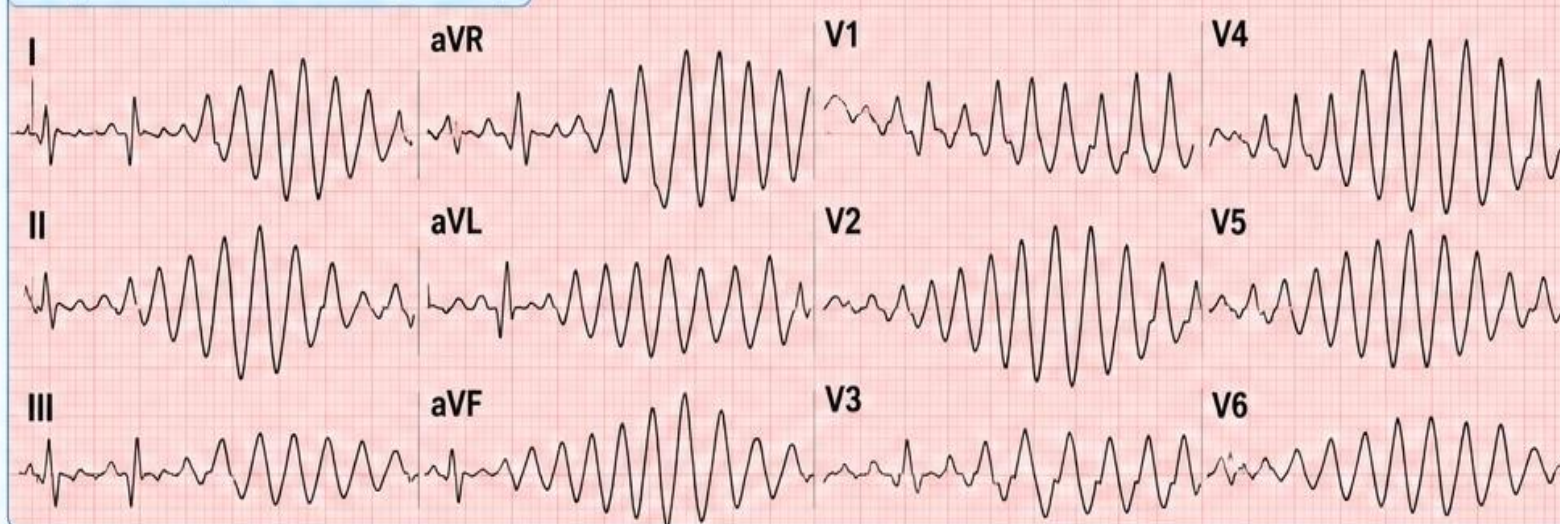
Monomorf VT (12-avlednings-EKG)



Polymorf ventrikulär takykardi (VT)

- Ofta vid akut myokardischemi
- Strukturell hjärtsjukdom (t.ex. ärr, kardiomyopati, hjärtsvikt)
- Ärftliga arytmisyndrom
- Varierande QRS-morfologi och amplitud

Polymorf VT (12-avlednings-EKG)



Akut behandling av vältolererad akut VT

Katja Zeppenfeld et al, 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death, European Heart Journal, Volume 43, Issue 40, 21 October 2022, Pages 3997–4126, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac262>

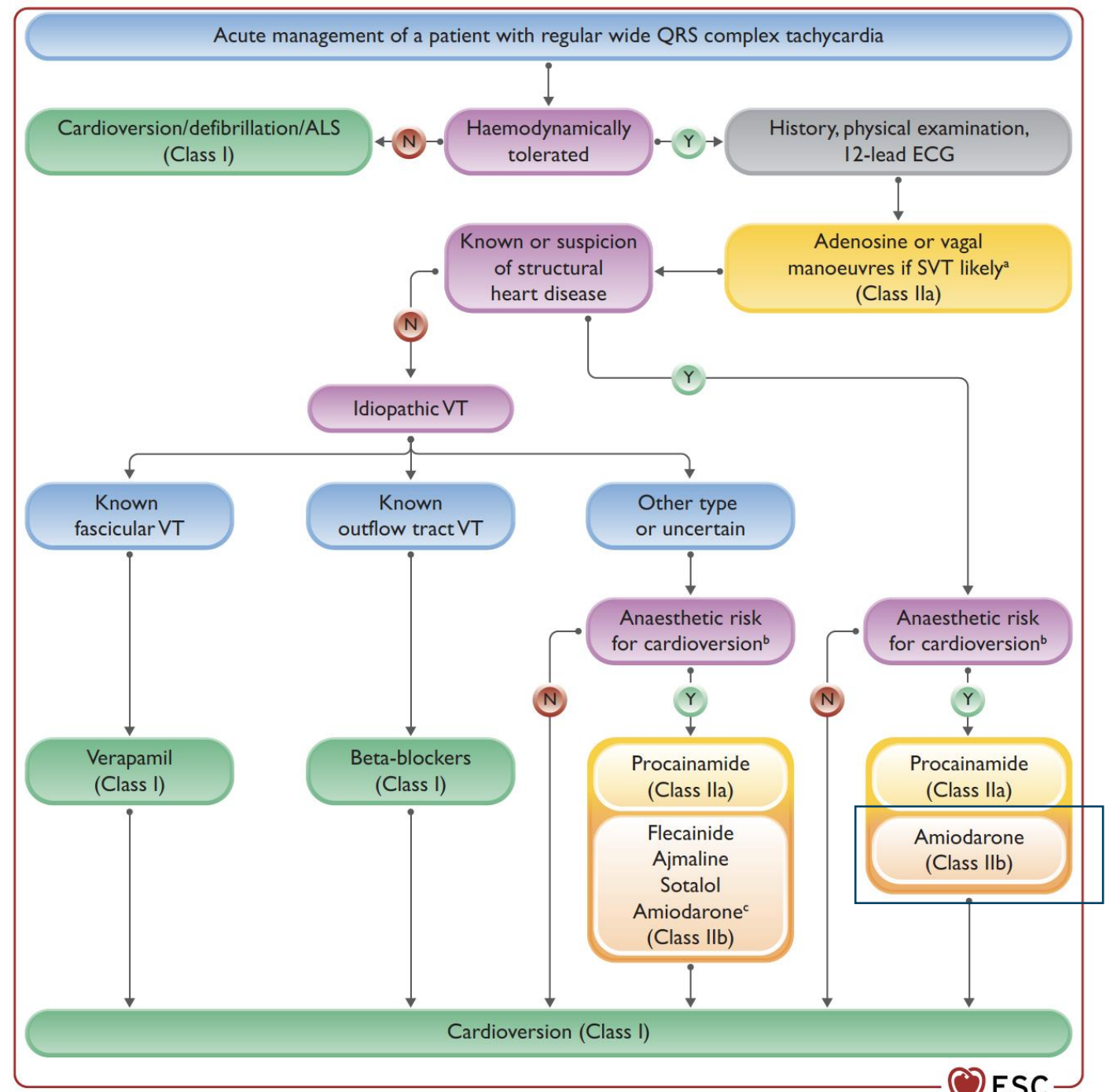
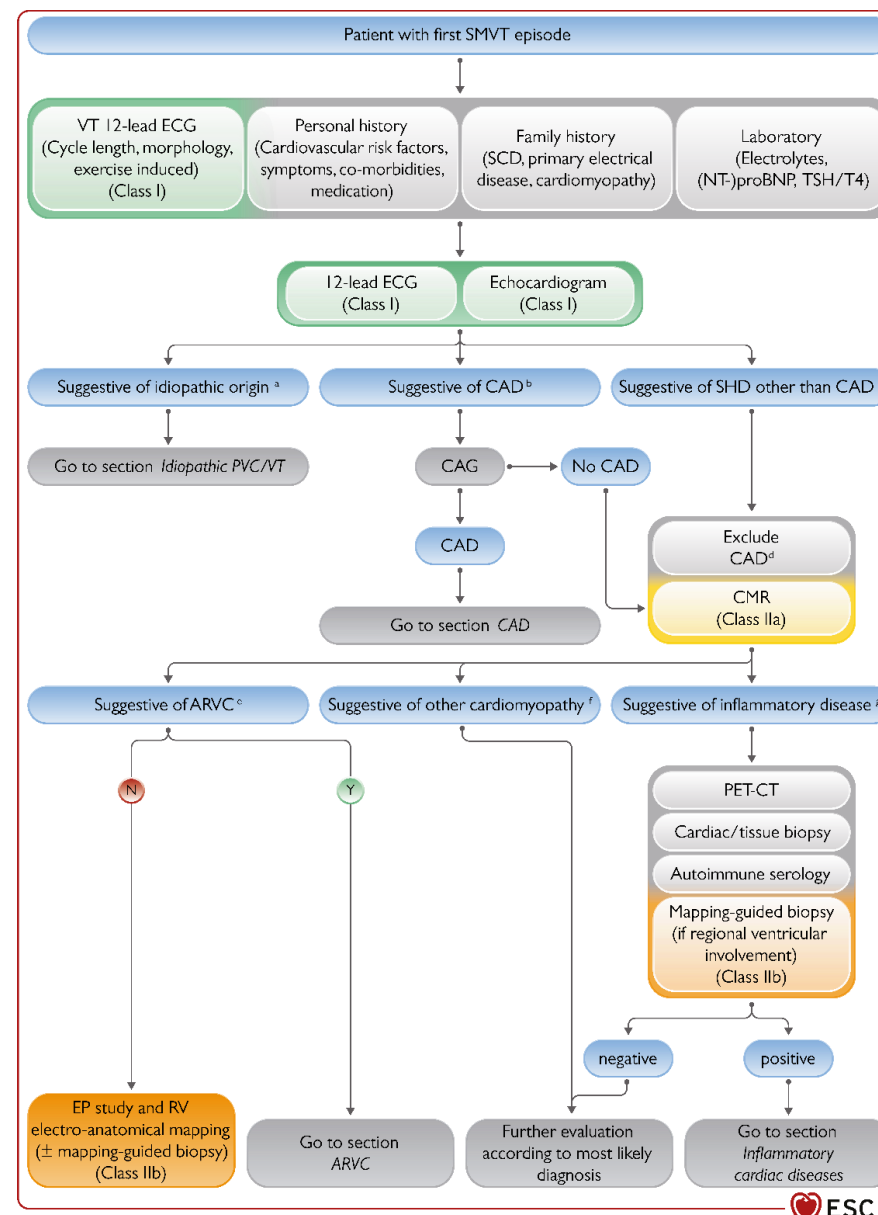
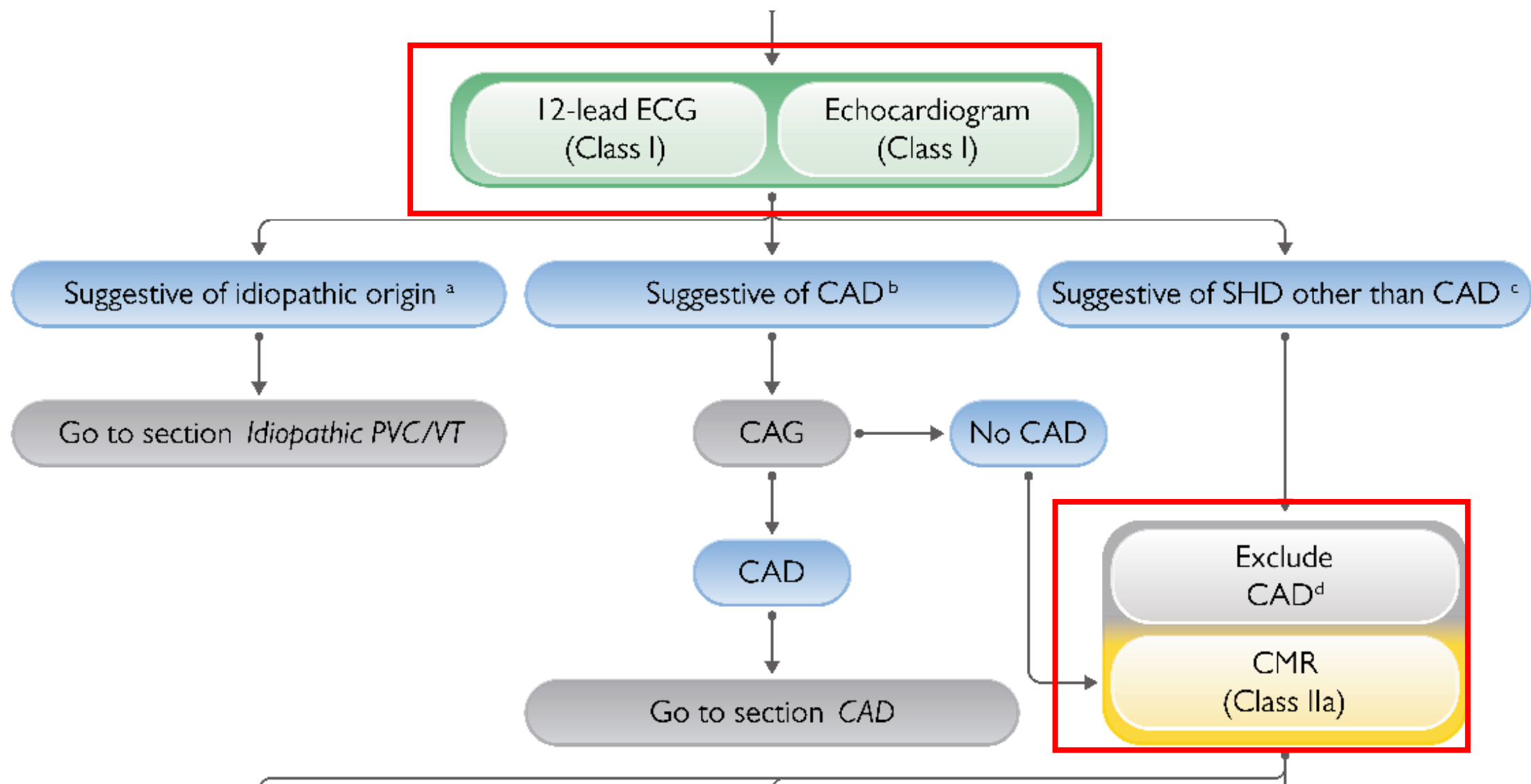


Figure 4

Algorithm for the evaluation of patients presenting with a first SMVT episode





Fall

40 år gammal frisk kvinna kommer in med hjärtstopp, första rytmen VT/VF, deff x 1 - ROSC

Under vårdtillfälle upprepade VT många gånger per dygn

Börjar med R på T VES

Även intermittenta bradykardieepisoder ner mot 40-50 sl/min

QT tid normal

Initial EF 45-50%





Behandling?

- Betablockad
- Sederung
- Overdrive pacing
- Cordarone
- Lidokain
- Mexitil
- Kinidin
- Isoprenalin



Graphical abstract

Electrical storm

Incidence



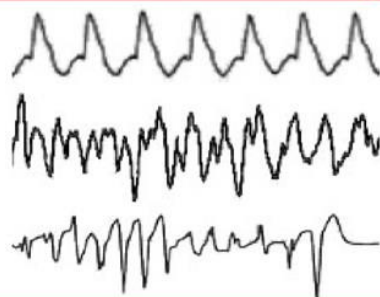
Primary prev ICD
4–7%

Secondary prev ICD
10–30%



ICM = NICM
5.8–6.9%/50.9 mo

Presenting arrhythmia



SMVT 86–97%
VF 1–21%
SMVT + VF 3–14%
PVT 2–8%

Outcomes



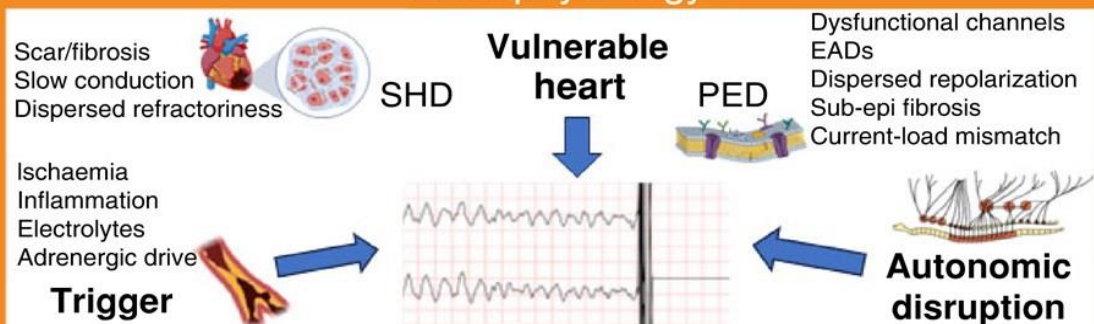
Mortality

3.3 x ↑

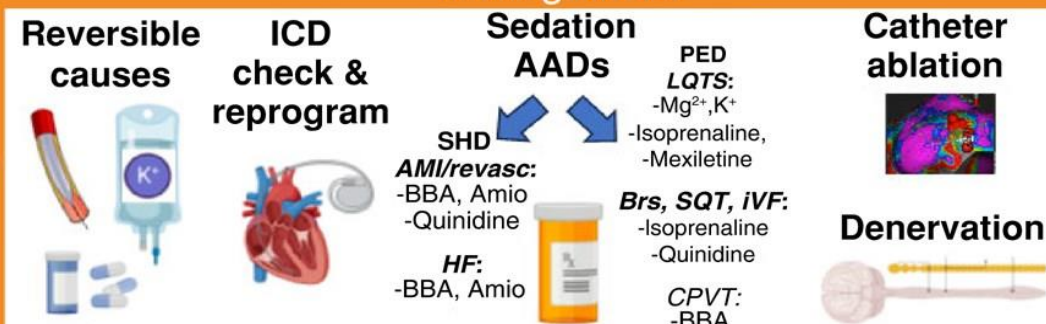
Re-hospitalization

4.8 x ↑

Pathophysiology



Management



Risk för elektrisk storm i ICD bärare

- Risk faktorer
 - Lågt EF
 - Ålder
 - QRS varaktighet
 - Bristande GDMT (guideline directed medical therapy)
 - Kronisk njursvikt
 - Tidigare ventrikulära arytmier

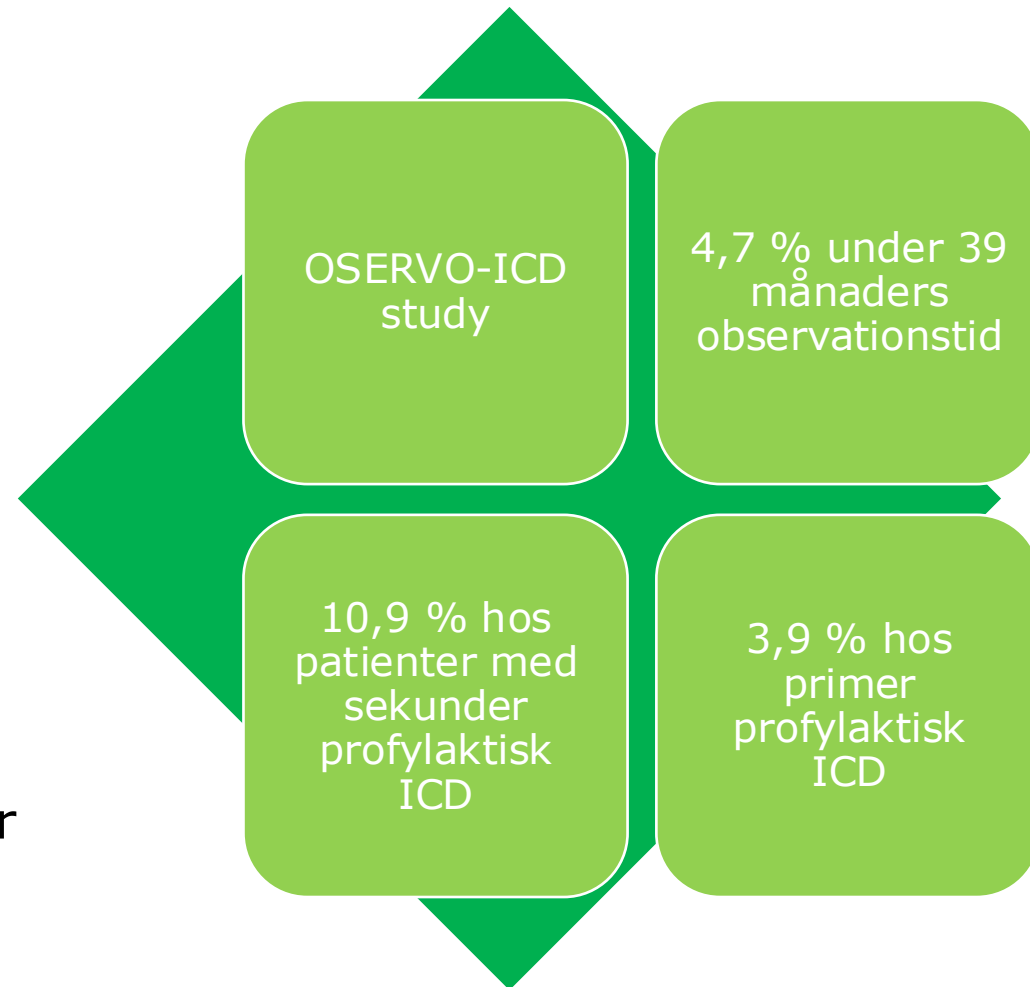
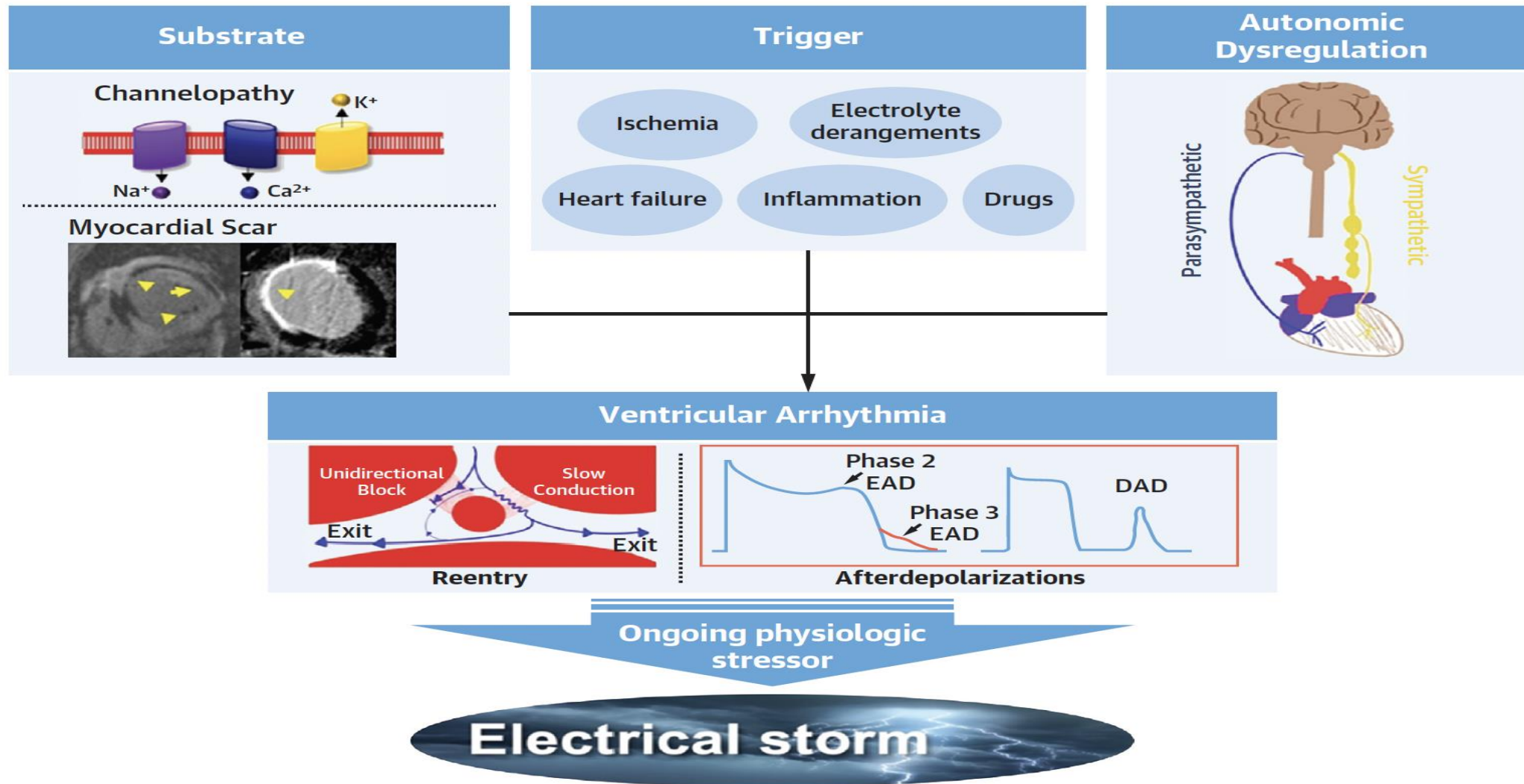


FIGURE 1 Mechanisms of Arrhythmogenesis in Electrical Storm

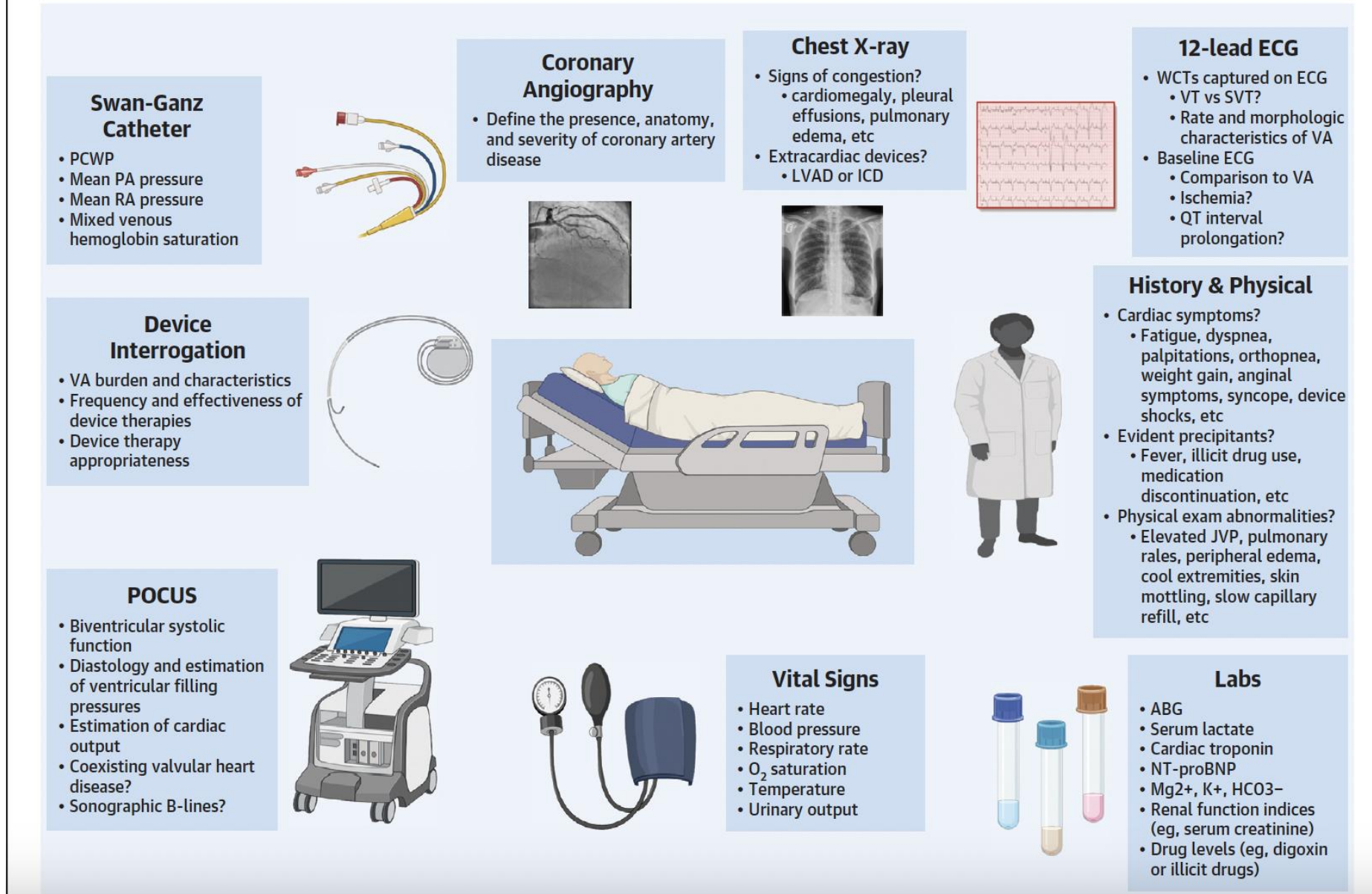


Reversibla triggers i elektrisk storm

- Myokardiell ischemi
- Hjärtsvikt och akut dekomensation (myokardiell stretching)
- Infektion
- Läkemedel (antingen AAD eller andra mediciner), QT förlängning
- Autonom imbalans
- Icke-kardiell organsvikt
- Tyreotoxikos
- Elektrolyt imbalans (i synnerhet Kalium och Magnesium)

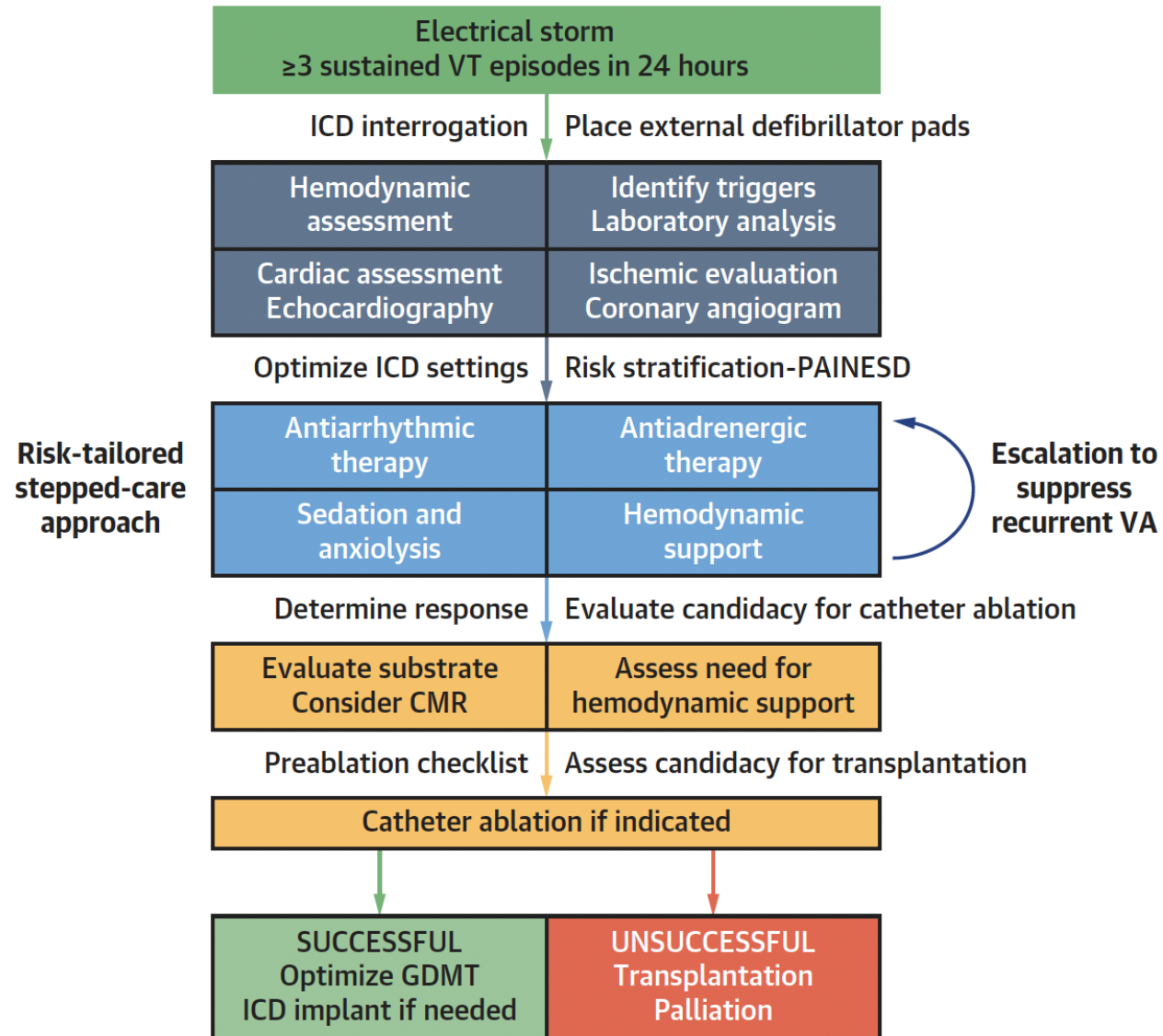


FIGURE 3 Diagnostic and Clinical Assessment for Patients With Electrical Storm



WCT: wide complex tachycardia
ABG: arterial blood gas
JVP: jugular venous pressure
POCUS: point-of-care ultrasound

CENTRAL ILLUSTRATION Global Approach to the Evaluation and Management of Electrical Storm



Elektrisk storm och ICD-programmering

Registerdata talar för att mer aggressiv ICD-programmering är associerad med elektrisk storm och sämre utfall

REGISTERÖVERSIKT

1,319

konsekutiva patienter

62

drabbades av ≥ 1 ES

4.7%

incidens av ES

39 mån

median uppföljning

Programmering associerad med ES

- Lägre detektionsgräns för VF ($P = 0,002$)
- ATP under kondensatorladdning oftare avstängd ($P = 0,001$)
- Fördröjd terapi mer sällan använd i VT-zoner ($P = 0,042$)
- Fördröjd terapi mer sällan använd i VF-zonen ($P = 0,036$)

Kliniska utfall

- Högre incidens av total mortalitet ($P = 0,025$)
- Högre incidens av hjärtsviktsrelaterad död ($P < 0,001$)
- Jämfört med patienter utan ventrikulära arytmier och patienter med icke-klustrad VT/VF

Tolkning

Lägre frekvensgränser

+

Kortare detektionstider

+

Ingen ATP under laddning

→ mer aggressiv ICD-programmering

HUVUDBUDSKAP

Undvik onödigt aggressiv ICD-programmering: längre detektionstider och ATP-strategier kan bidra till att minska risken för elektrisk storm.

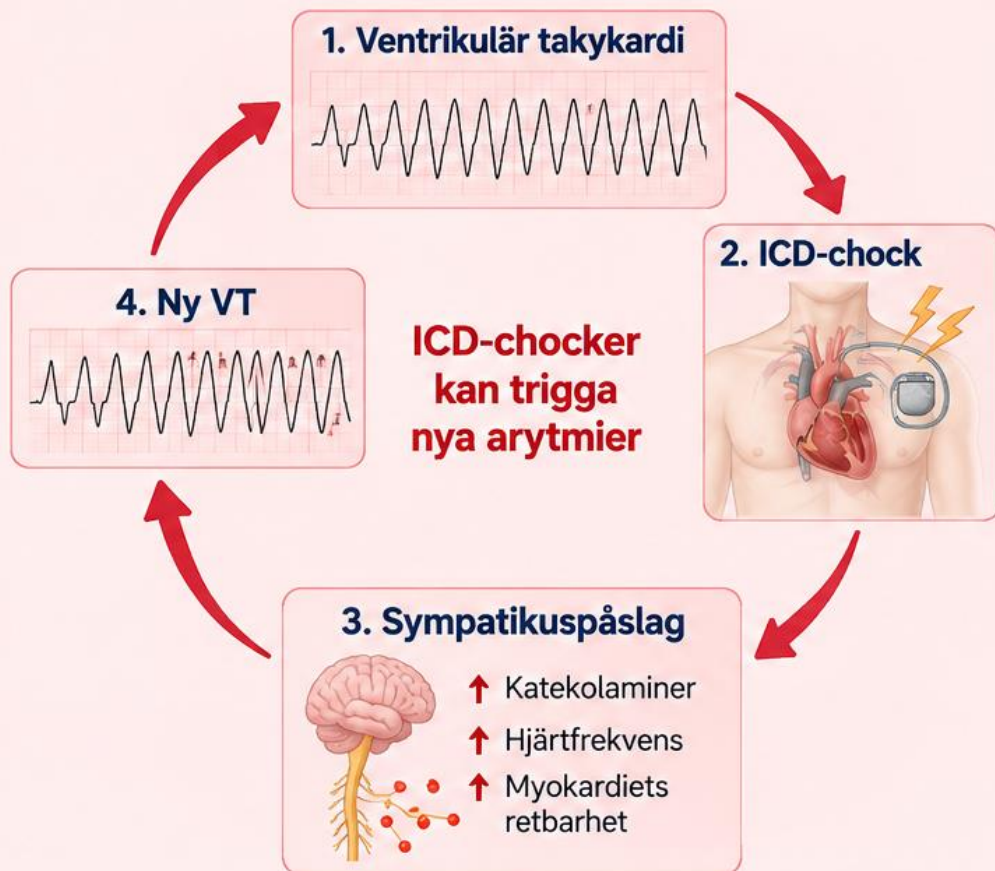
ES = elektrisk storm; ATP = antitakykardi pacing; VF = ventrielflimmer; VT = ventrikulär takykardi. Observationsdata visar association, inte kausalitet.

Referens: Guerra F, Palmisano P, Dell'Era G, et al. Heart Rhythm. 2016;13(10):1987–1992. doi:10.1016/j.hrthm.2016.06.007.

ICD-hantering vid elektrisk storm

Minska och undvik ICD-chocker – bryt den adrenerga spiralen

Den adrenerga spiralen vid elektrisk storm



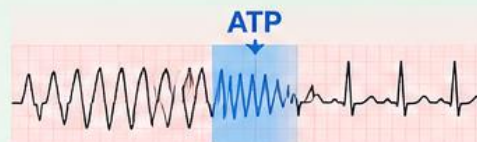
Strategier för att minska ICD-chocker

1 ICD-omprogrammering



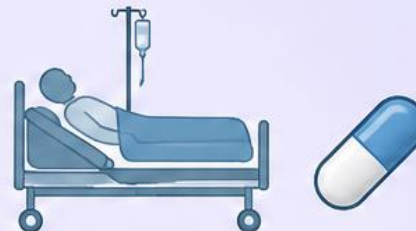
- Förläng detektionstiden
- Använd längre och mindre aggressiva ATP-sekvenser
- Kan minska eller undvika ICD-chocker

2 Utnyttja ATP vid tolererad VT



- Vid hemodynamiskt tolererad VT som terminerats med ICD-chock:
 - överväg tillfällig inaktivering av automatisk ICD-terapi
 - terminera episoder med ATP och/eller antiarytmika

3 Sedering och antiarytmika



- Upprepade ICD-chocker är traumatiska och associerade med ökad mortalitet
- Chocker ger hyperadrenergt påslag som kan utlösa ytterligare arytmier
- Sedering och inaktivering av onödiga ICD-chocker – även adekvata chocker – kan bidra till att bryta elektrisk storm



Kärnbudskap

Färre ICD-chocker → mindre sympatikuspåslag → lägre risk för nya ventrikulära arytmier.

Akut ICD-hantering vid elektrisk storm

Första målet är att bryta chockspiralen och snabbt förstå vad ICD:n faktiskt behandlar.

Omedelbar handläggning

- • Minimera repetitiva, ineffektiva och inadekvata ICD-chocker.
- Omprogrammera ICD:n akut eller använd magnet vid behov.
- Magnet pausar arytmidetektion/terapi men bibehåller pacing.
- VT under detektionszonen kan behandlas manuellt via programmeraren.
- Sätt externa defibrilleringselektroder på alla patienter.

ICD-interrogation – vad behöver bedömas?

- • Kartlägg ventrikulära arytmier och givna ICD-terapi.
- Bedöm om terapierna varit adekvata.
- Analysera VT-morfologi och hur arytmien startar.
- Identifiera misslyckad ATP eller chockbehandling.
- Anpassa detektionsgränser och behandlingszoner till klinisk VT.

Akut princip: stoppa onödiga chocker → interrogera ICD:n → anpassa programmeringen.

Är ICD-terapi adekvat?

Skilj verklig ihållande ventrikulär arytm från inadekvat terapi innan programmeringen ändras.

● Adekvat vs inadekvat terapi

- Adekvat terapi = behandling av ihållande ventrikulär arytm.
- Inadekvat terapi: t.ex. SVT/FF med snabb kammarfrekvens eller icke-ihållande VT.
- Uteslut T-vågsöversensing och elektrodbrus/fraktur.
- SVT-diskriminatorer kan minska inadekvata chocker.

● Omprogrammering för att förebygga chocker

- Vid väl tolererad VT: förläng detektionstiden eller använd ATP-only-zon.
- ATP terminerar cirka 75 % av monomorf VT utan chock.
- Optimera vid behov med fler ATP-försök/bursts och anpassad cykellängd.

Väl tolererad VT: prioritera ATP och längre detektion när det är kliniskt lämpligt.

Proarytmi, CRT och implantation

● Device-proarytmi

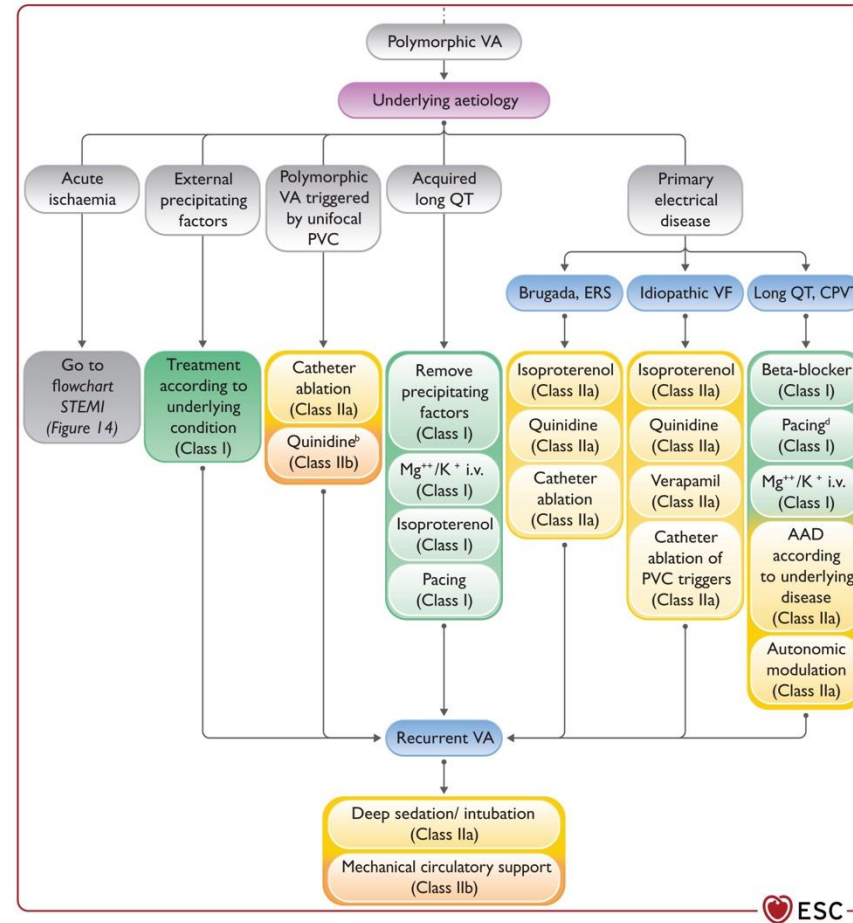
- • Aggressiv ATP kan terminera VT – men också accelerera VT eller utlösa VF.
- Risken ökar vid kort eller varierande VT-cykellängd.
- Lågenergichock kan vara proarytmisk → undvik!

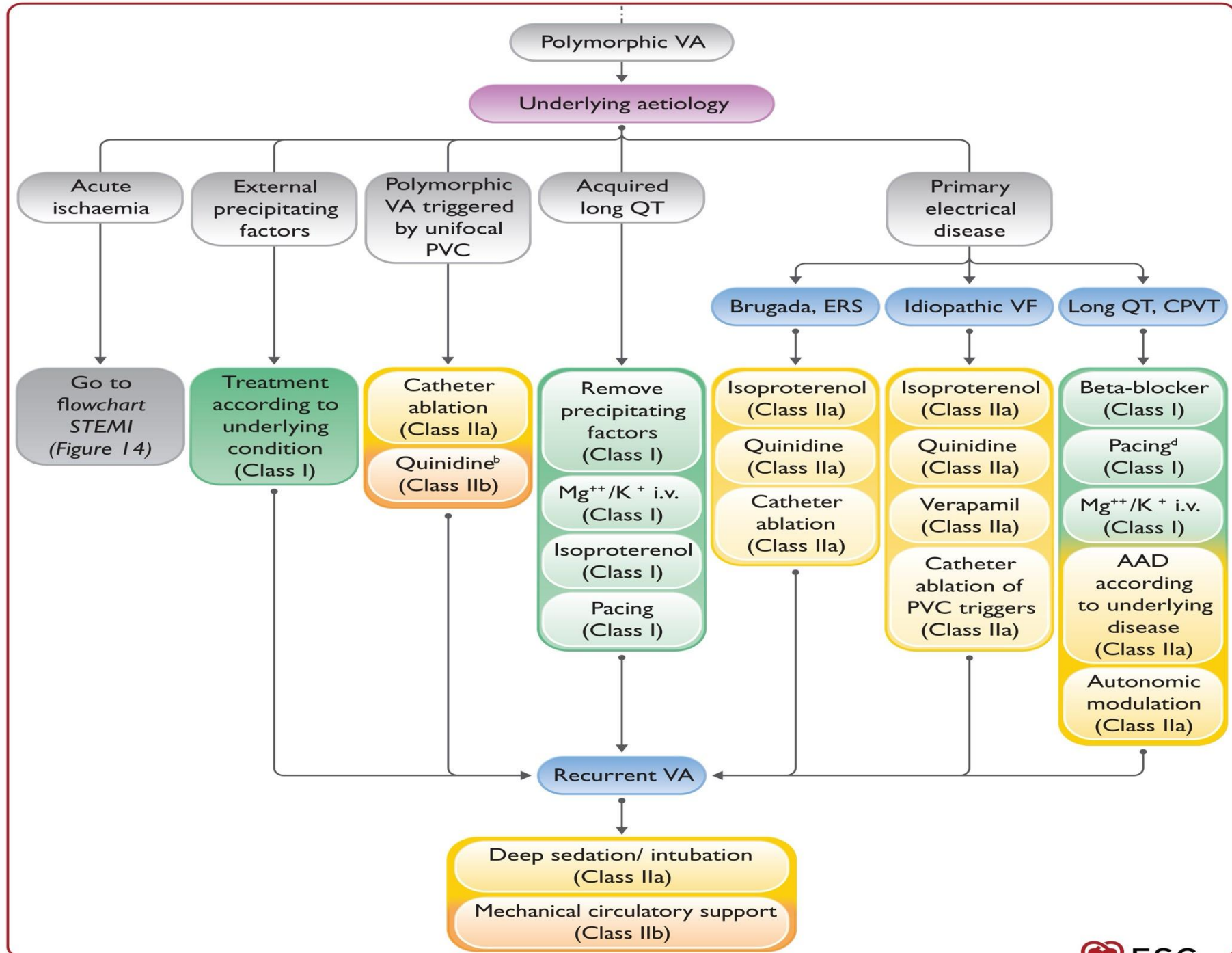
● ICD-implantation / uppgradering

- • Efter elektrisk storm utan ICD: överväg sekundärpreventiv ICD.
- CRT-uppgradering kan vara aktuell vid etablerad indikation.
- Undvik om möjligt implantation under aktiv elektrisk storm.
- Incessant VA/avancerad HF kräver särskild bedömning (transplantation/LVAD).
- Vid palliativ vård kan ICD-terapi avaktiveras.

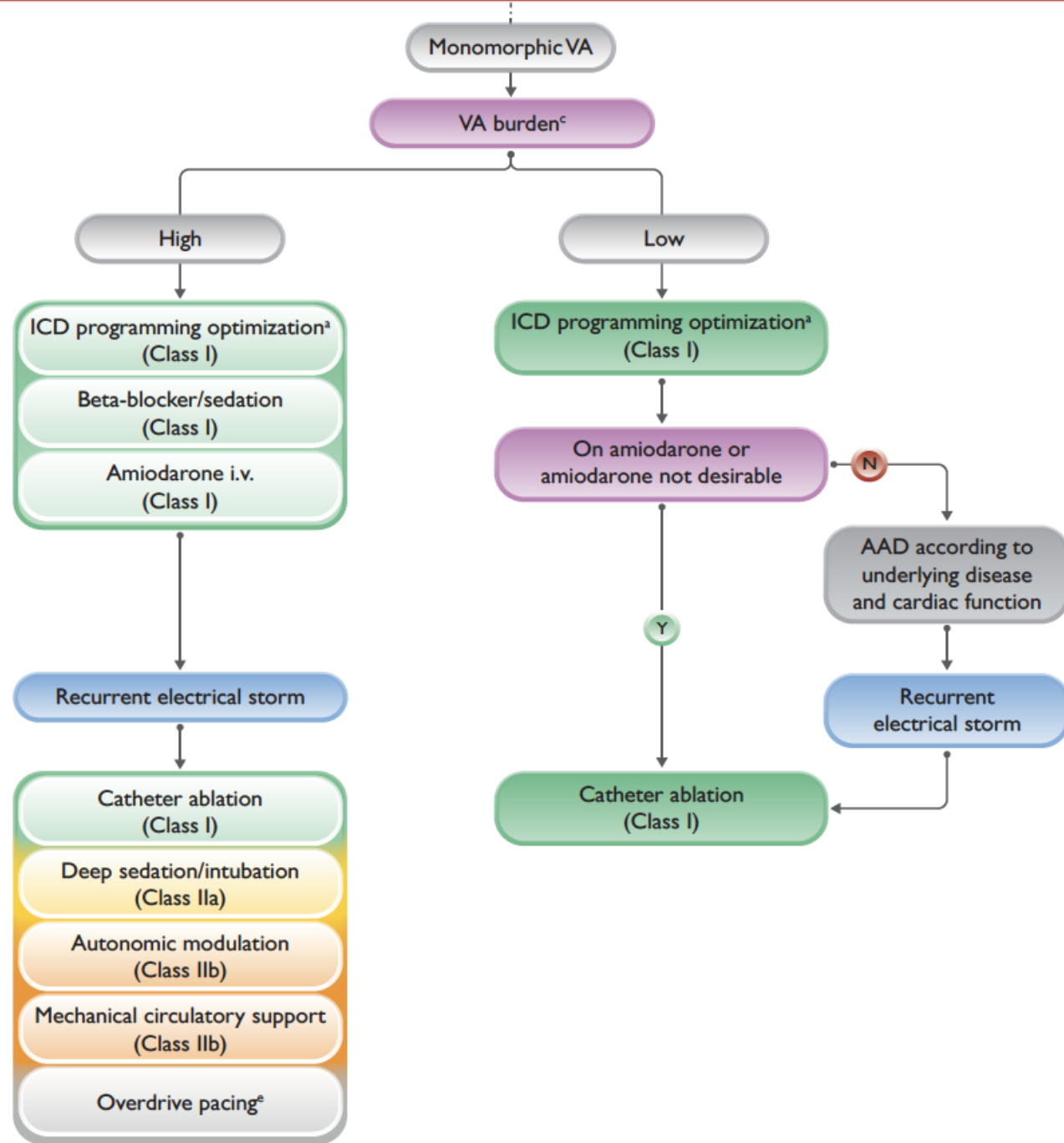
Kärnbudskap: effektiv VT-terminering med minsta möjliga chockbörda och proarytmiska risk.

Figure 11 Part Two. Management of patients with electrical storm or repeated implantable cardioverter defibrillator shocks





Algoritm för elektrisk storm med monomorf VT och återkommande ICD chock



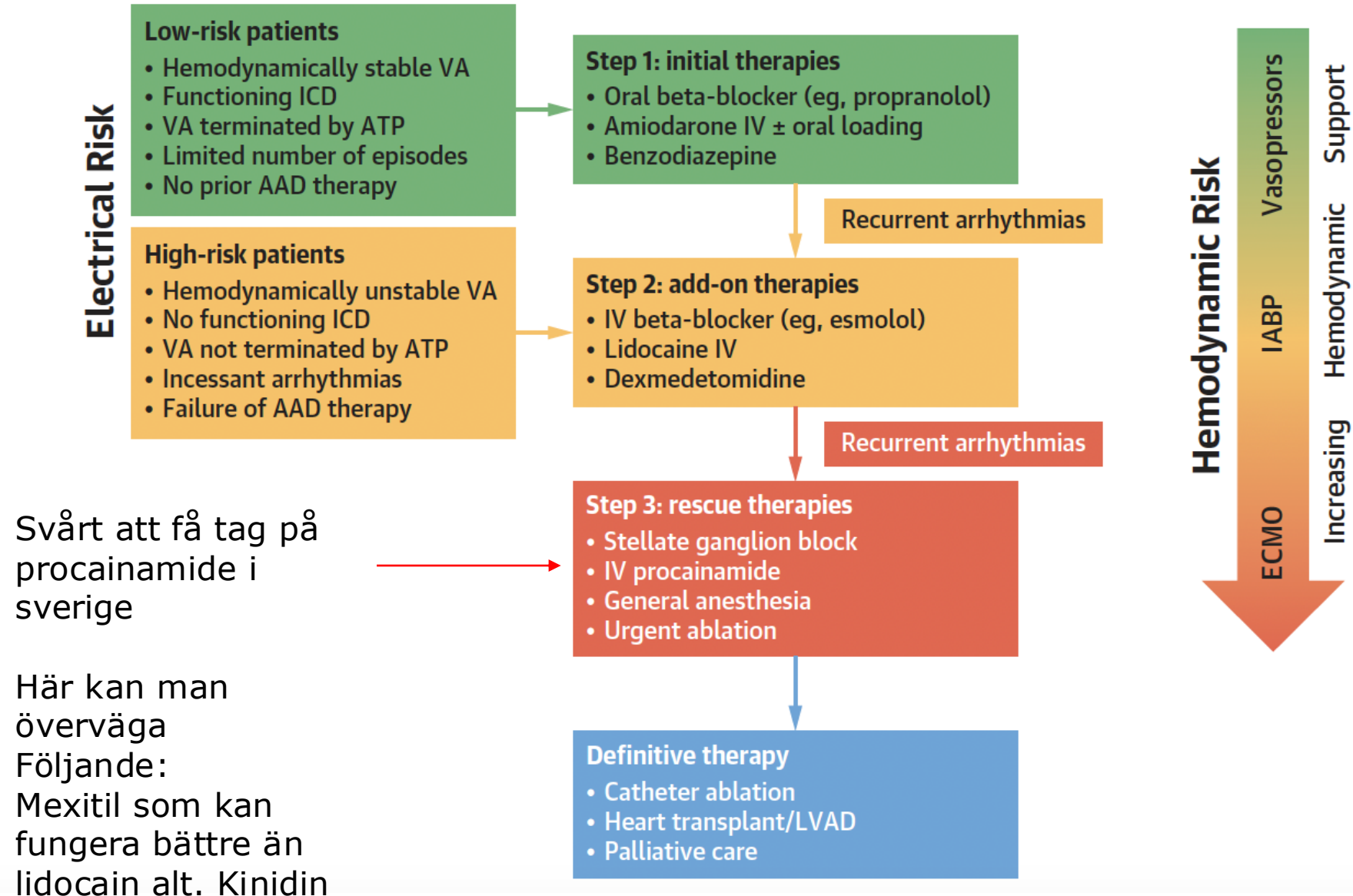
Algorithm för behandling av elektrisk storm

FIGURE 4 Stepped-Care Algorithm for Rational Escalation of Medical Therapy in Electrical Storm

Intensity	Antiarrhythmic Drugs	Adrenergic Blockade	Sedation/Anxiolysis	Hemodynamic Support
Step 1	Amiodarone IV* • Bolus 300 mg (max 5 mg/kg) over 20 min • Repeat 150 mg bolus over 10 min for recurrent VA • Infusion 1 mg/min until free from VA ≥6 hours (may continue for longer) • Continue 0.5 mg/min until ES resolves	Oral beta-blocker • Propranolol 20-40 mg Q6h (preferred) • Metoprolol tartrate 25-50 mg Q6h (may be less effective) • May instead increase GDMT beta-blocker (eg, bisoprolol, carvedilol, metoprolol succinate) for selected low-risk patients	Benzodiazepine • Lorazepam 1 mg Q4-6h PRN • Diazepam 5 mg Q4-6h PRN • Midazolam 2 mg Q1-2h PRN	Vasopressors • Phenylephrine 0.1-2.0 µg/kg/min • Vasopressin 0.01-0.04 U/min • Norepinephrine 0.02-0.2 µg/kg/min
Step 2	Lidocaine IV† • Bolus 1-1.5 mg/kg (max 100-120 mg) • May repeat 0.5-0.75 mg/kg Q5-10 min x1-2 doses (max 300 mg or 3 mg/kg) • Infusion 1-2 mg/min (max 4 mg/min) • Goal serum procainamide concentration: • 1.5-5 µg/mL	IV beta-blocker • Esmolol • Bolus 0.5 mg/kg (may repeat Q5 min x2) • Infusion 50-300 µg/kg/min • Propranolol 1-3 mg Q5 min (max 5 mg) • Metoprolol 2.5-5 mg Q5 min (max 15 mg)	Dexmedetomidine • Bolus (optional) 0.5-1 µg/kg over 10 min (typically not recommended due to risk of hypotension) • Infusion 0.2-0.7 µg/kg/h (maximum 1.0-1.5 µg/kg/h)	Intra-aortic balloon pump • Contraindicated with aortic aneurysm/dissection, severe aortic insufficiency, or peripheral vascular disease • Less effective with tachycardia or atrial fibrillation
Step 3	Procainamide IV‡ • Bolus 10-15 mg/kg (max 17-20 mg/kg, usually 1 g total) over 30-60 min • Infusion 1-2 mg/min (max 4 mg/min) • Goal serum procainamide concentration: • 4-8 µg/mL (up to 10 µg/mL)	Stellate ganglion blockade • Left stellate ganglion blockade • 20 mL of 0.25% bupivacaine without epinephrine • Bilateral blocks if intubated	General anesthesia • Endotracheal intubation • Propofol infusion often used, titrated to RAAS goal of -3 • Opioid typically added (eg, fentanyl infusion)	Advanced MCS • ECMO preferred • Percutaneous LVAD can be considered for selected patients • Contraindicated with severe aortic insufficiency or peripheral vascular disease

Jentzer JC et al, American College of Cardiology Critical Care Cardiology and Electrophysiology Sections. Multidisciplinary Critical Care Management of Electrical Storm: JACC State-of-the-Art Review. J Am Coll Cardiol. 2023 Jun 6;81(22):2189-2206. doi: 10.1016/j.jacc.2023.03.424. PMID: 37257955; PMCID: PMC10683004.

Algoritm för behandling av elektrisk storm



Antiarytmisk behandling (AAD) i elektrisk storm

- Natrium kanal hämmare, påverkar depolarisationen

Klass I antiarytmika

- lidocain (Ib)
- procainamid(Ia)
- kinidin (Ia)
- mexiletin(Ib)

- Kalium kanal hämmare, påverkar repolarisationen

Klass III antiarytmika

- amiodarone
- sotalol

Betablockad

Nästan allra viktigaste i elektrisk storm



Propranolol är effektivare än metoprolol eller bisoprolol

Central effekt (passerar
blod-hjärn barrier)

beta1 och beta2 blockad

160 mg/dag är måldosen



Iv. snabbverkande beta-blockerare, ultra-selektiv Beta1 (esmolol, landiolol)

Börjar att verka direkt

Effekten avtar ganska snabbt

Amiodarone

Alla patienter med stukturella hjärtsjukdomar



IV funkar inte på samma sätt som per os (per os effektivare)

Iv. beta-blockerare och natrium kanal hämmare effekt

Per os Klass III effekt



Därmed rekommenderas parallel laddning per os och iv upp till en mål laddningsdos sammanlagt 10-20 gram, fram tills pat är VT fri > 48 timmar



Ev. tillägg Lidokain/Mexitil
Synergistisk effekt

Mexiletine (Mexitil) class IB



Kan användas i elektrisk storm – särskilt Ischemi, LQT3

1 VERKNINGSMEKANISM

Na⁺-kanalhämmare

Förlänger refraktäritid
utan att förlänga QT-tid

2 BIVERKNINGAR

Vanliga:
magproblem, trötthet,
yrsel, huvudvärk,
illamående

Kan orsaka psykiska störningar
Kan i sällsynta fall orsaka
leverpåverkan, försiktighet vid
leversjukdom

3 KLINISK ANVÄNDNING

Kan användas trots nedsatt
kammarfunktion och njursvikt

4 DOSERING

Initial dos **400 mg × 3**
i 2–3 dagar

Underhållsdos **200 mg × 3**

Lidokain/Xylokain class IB

- Samma effekt som Mexitil men finns bara som iv behandling i akut fas
 - VT Elektrisk storm!
 - OBS risk för CNS påverkan, somnolens, hallucinationer, kramper



Kinidin

Förmånligt i vissa situationer

- Postinfarkt eller post CABG elektrisk storm
- Idiopatisk VF som oftast triggas igång av Purkinje PVC
- Brugada-syndrom

Akutskede

- *Per os kinidin-sulfat 1200–2000 mg/dygn*
- *Eller 600–1200mg hydroquinidine.*

Underhållsbehandling

- *1200mg/day kinidin-sulfat*
- *Eller 600–900mg/dygn hydroquinidine när arytmerna är borta*

Andra potentiella framtida läkemedel mot VT

Ranolazin?

- Antianginös behandling. Påverkar Natrium jon kanal inflöde
- NSTEMI patienter, lägre VT börda första veckan efter infarkt
- RAID studie, ingen skillnad i ICD terapi eller död
 - Subgrupper med minskad VT börda

Ivabradin?

- 1 retrospektiv studie på hjärtsviktspatienter mindre VT/ICD shock

Aktivatorer av inåtriktade rektifierande K^+ -kanaler (Kir-kanaler)? - stabiliserar membranets vilopotential

- Positivt utfall i djurstudier, ej testat i människor än

Sedering vid elektrisk storm

Läkemedel	Initial dos / bolus	Kontinuerlig infusion
Bensodiazepiner		
Midazolam	0,01–0,05 mg/kg, kan upprepas var 5–15 min	0,02–0,1 mg/kg/tim. Titrera upp/ned med 25–50 %
Lorazepam	0,02–0,04 mg/kg	0,01–0,1 mg/kg/tim. Max 10 mg/tim
Propofol	0,8–1,2 mg/kg	5–50 µg/kg/min (0,3–3 mg/kg/tim). Öka med 5–10 µg/kg/min var 5–10 min
Opioider		
Fentanyl	1–2 µg/kg	1–2 µg/kg/tim
Remifentanil	0,5–1,5 µg/kg	0,05–2 µg/kg/min
Dexmedetomidin	1 µg/kg under 10 min	0,2–0,7 µg/kg/tim

Management of electrical storm

Mild to moderate sedation is recommended in patients with electrical storm to alleviate psychological distress and reduce sympathetic tone.

I

C

Deep sedation/intubation should be considered in patients with an intractable electrical storm refractory to drug treatment.³²⁵

IIa

C

Overdrive pacing vid elektrisk storm

- Förebygga kammar arytmi
 - Pacing 10-20 slag högre än egen rytm
 - Kan minska risken för R på T VES som startar arytmi
 - Särskilt relevant vid bradymedierad polymorf VT
 - Minska risken för kort-lång-kort sekvenser och således nya kammararytmier

Autonom modulering



Ganglion Stellate blockad



Thoracic epidural anaesthesia (TEA)



Kardiell sympatikus denervering (permanent)



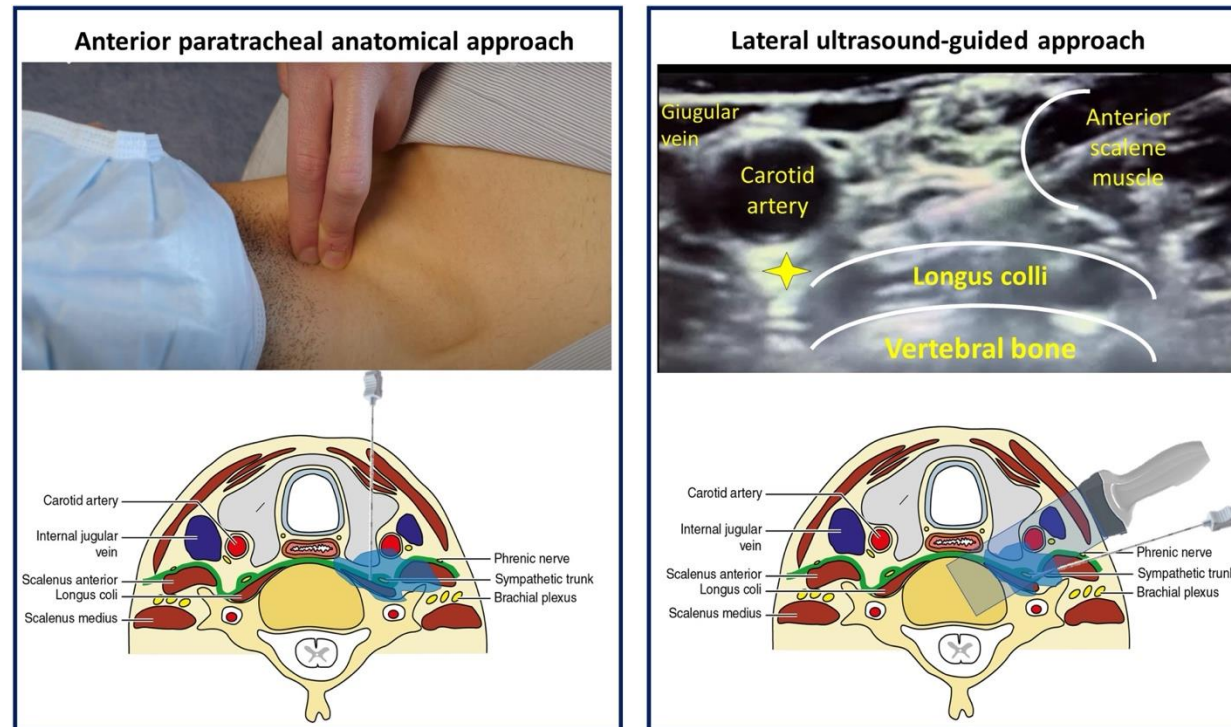
Renal denervering



Technique	Mechanism/Agent	Duration	Guidance/Access	Representative Refs.
SGB—single injection	Local anaesthetic (e.g., bupivacaine/ropivacaine); reversible conduction block	Hours	Ultrasound and/or fluoroscopy; C6–C7 anterior/lateral	STAR [14]; Tian [6]; Fudim [8]
SGB—continuous catheter	Local anaesthetic infusion via indwelling catheter	Days (while infused)	Ultrasound-guided catheter placement	Sanghai [5]; Patel [13]; Dusi [54]
Percutaneous RF neurolysis	Thermal lesioning of ganglion/fibres	Weeks–months (variable)	Fluoroscopy ± ultrasound; sensory/motor testing	Rao [16]
Percutaneous chemical neurolysis	Phenol (3–6%) or alcohol (50%)	Variable; reinnervation possible	Strict imaging control of spread	Racz [50]
Thoracic epidural anaesthesia	Neuraxial local anaesthetic	Hours–days	Fluoroscopy/landmark; thoracic epidural	Lenarczyk [49]; Dusi [54]
Surgical CSD (VATS)—left or bilateral	Resection of lower stellate + T2–T4 ganglia	Permanent	Video-assisted thoracoscopic surgery	Schwartz [40]; Damiani [38]; Vaseghi [17]; Dusi [55];
Stellate-sparing LCSD	Resection sparing the stellate ganglion	Permanent (preliminary)	Video-assisted thoracoscopic surgery	Krieger [47]

Abbreviations: SGB, stellate ganglion block; RF, radiofrequency; CSD, cardiac sympathetic denervation; VATS, video-assisted thoracoscopic surgery; LCSD, left cardiac sympathetic denervation.

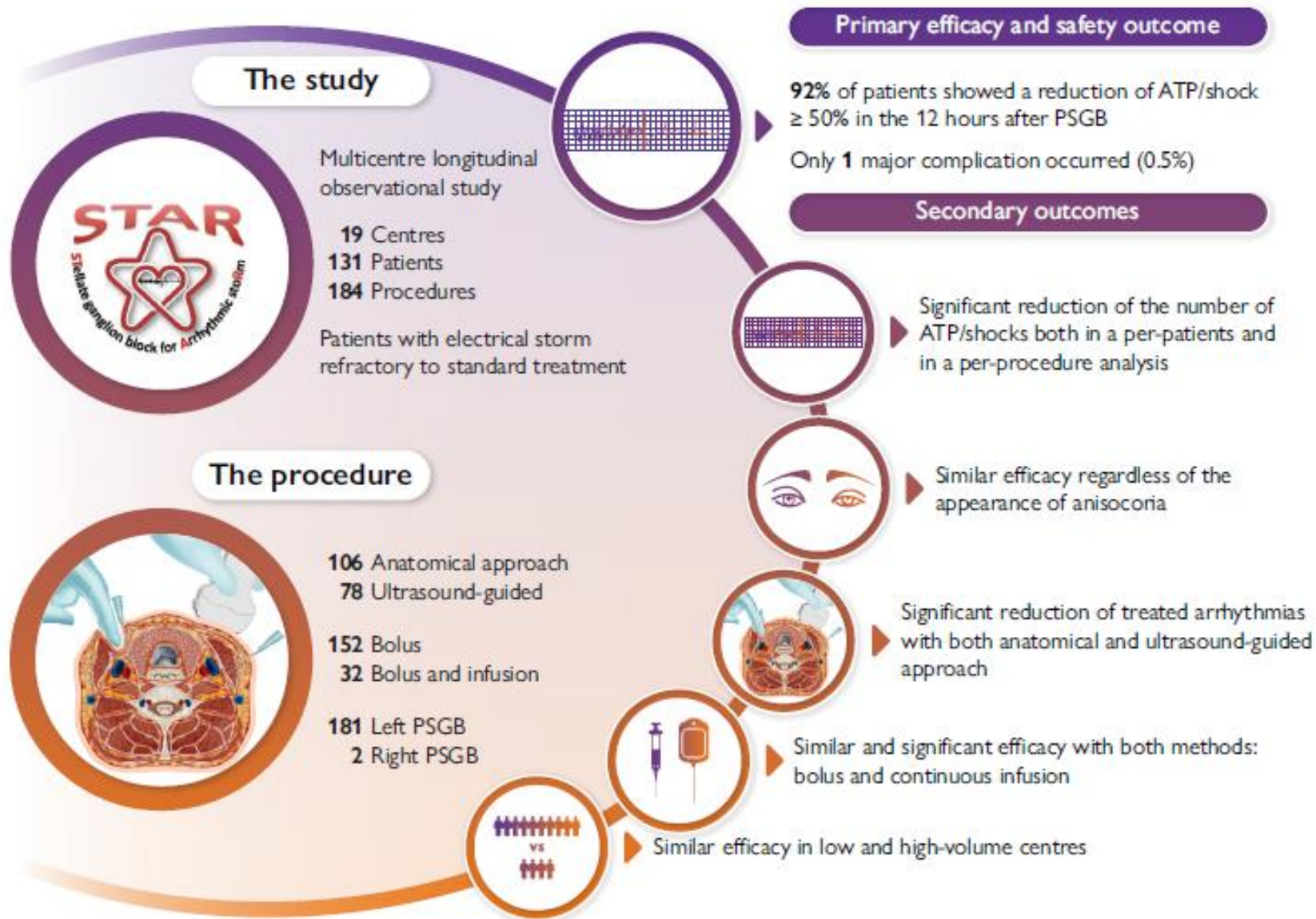
Figure 1 Schematic depiction of the two approaches. On the left, the anterior paratracheal anatomical approach is ...



Autonomic modulation may be considered in patients with electrical storm refractory to drug treatment and in whom catheter ablation is ineffective or not possible.^{326,328,340}

IIb

C



Återfall i Elektrisk Storm

- >50% av patienter med Strukturell hjärtsjukdom får återkommande storm
- Högst risk första året
- Prediktorer
 - EF<30%
 - Ålder >65
 - Ej optimalt behandlade mot hjärtsvikt
 - Ej komplett revaskulariserade
 - Elektrolytrubbningar

Fallet

Vad vet vi?

- Polymorf VT
- R på T VES
- Bradykardi episoder



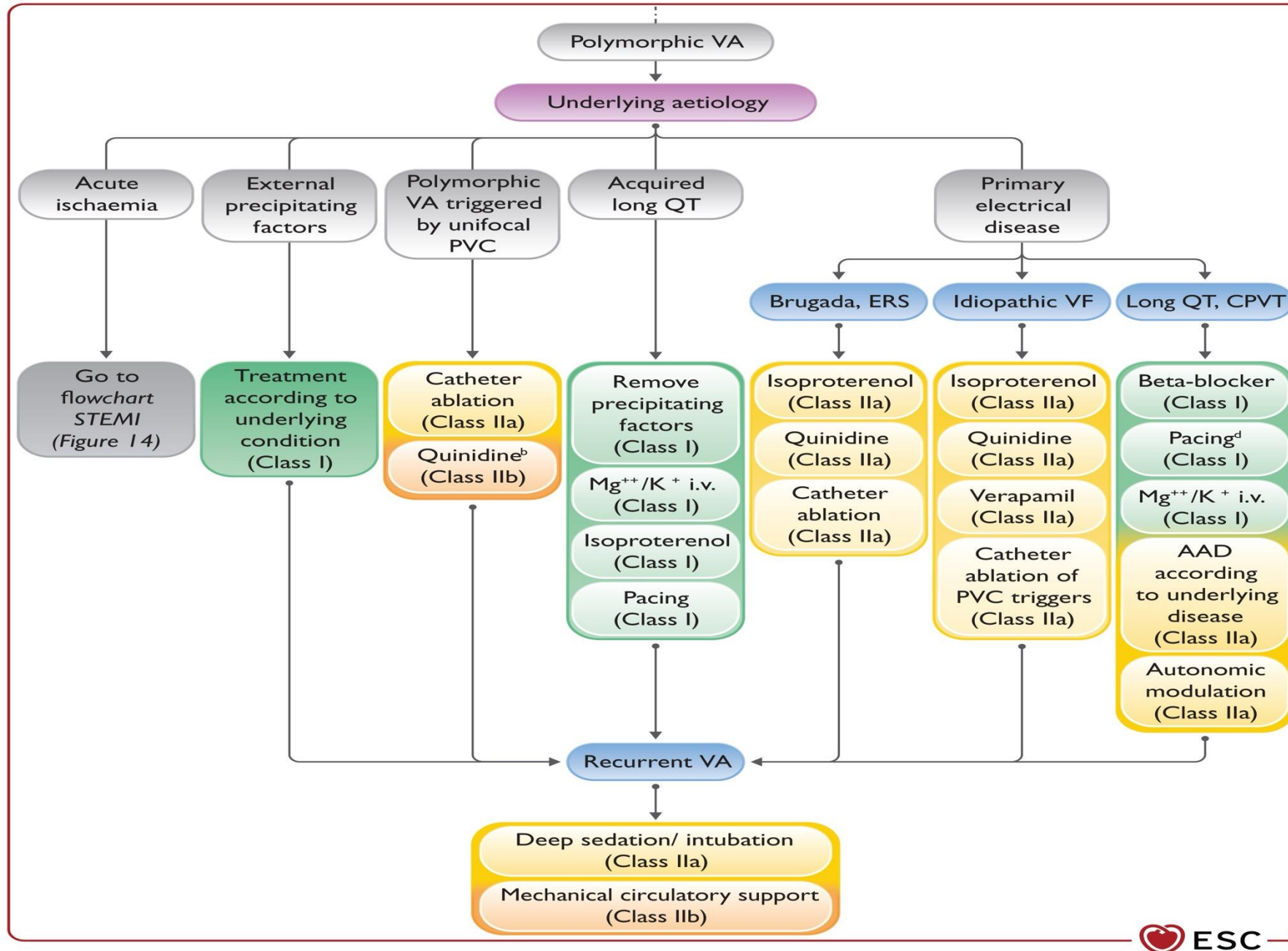
Behandling?

- Betablockad
- Seding
- Overdrive pacing
- Cordarone
- Lidokain
- Mexitil
- Kinidin
- Isoprenalin



- Fick Magnesium, cordarone. Ingen effekt
- Sederad / sövd
- Atropin och isoprenalin när bradykard
- Tillägg av lidokain. Ingen effekt
- propranolol
- Overdrive pace
- Kinidin. QT förlängning – utsättning
- Till slut propranolol, overdrive pace och stabiliserar på det, abladerad. ICD.





Akut VT storm

12 Avl EKG

Elkonvertering

Betablockad –icke selektiv propranolol eller esmolol föredras

Amiodarone iv + tabletter

Sedering

Lidokain/Mexitil eller Kinidin

Skicka till Universitetssjukhus

Overdrive pacing >80-90 sl/min

ECMO

Ganglion stellatum blockad

Ablationsbehandling

Frågor?



Tack!

