

Patofyziologie zástavy oběhu, dělení, poresuscitační péče a prognostikace

MUDr. Viktor Agalarev



Úvodem

- OHCA u 35–40 jedinců na 100 000 obyvatel za rok, IHCA v 1–5 případech z 1 000 hospitalizací
- cca 75 % OHCA vs 25% IHCA
- mortalita pacientů po IHCA 78%, po OHCA 85%
- i přes rozvoj v medicíně po zástavě oběhu velmi nepříznivá prognóza
- propuštění z nemocnice cca 17% pacientů
- šance na přežití do propuštění nemocného je cca 10 % u OHCA (u fibrilace komor jako primárního rytmu je tato šance 20%)
- u oběhových zástav v nemocnici je přežití 15–20 %, u defibrilovatelných rytmů (fibrilace komor, komorová tachykardie) až 25 %

Zdroj: Anesteziologie (nejen) k atestaci, str 1087

Etiologie zástavy oběhu

- **Kardiální příčiny (60-70 % náhlých zástav oběhu)**

- Ischemické

- Akutní IM (50% u dospělých)

- Neischemické

- Srdeční selhání
- Kardiomyopatie
- Vrozené srdečné vady
- Poruchy převodního systému – Brugada sy, long QT ..

- **Nonkardiální příčiny**

- Plicní embolie (10% u dospělých)
- Hypoxie
- Trauma
- Krvácení
- Hypovolemie
- Intoxikace
- Tonutí
- Metabolické poruchy

POTENCIÁLNĚ REVERZIBILNÍ PŘÍČINY ZÁSTAVY OBĚHU

4H

- Hypoxie
- Hypotermie (+ maligní hypertermie)
- Hypovolemie
- Hypokalémie a další

4T

- Tenzní pneumothorax
- Tamponáda srdeční
- Trombembólie (IM/PE)
- Toxiny



Principy KPR

Šance na přežití je dána:

- celkovým stavem nemocného před srdeční zástavou
- časem, kdy je zahájena laická resuscitace (včetně její efektivity)
- co nejrychlejší defibrilací u defibrilovatelných rytmtů
- komplexní poresuscitační péčí

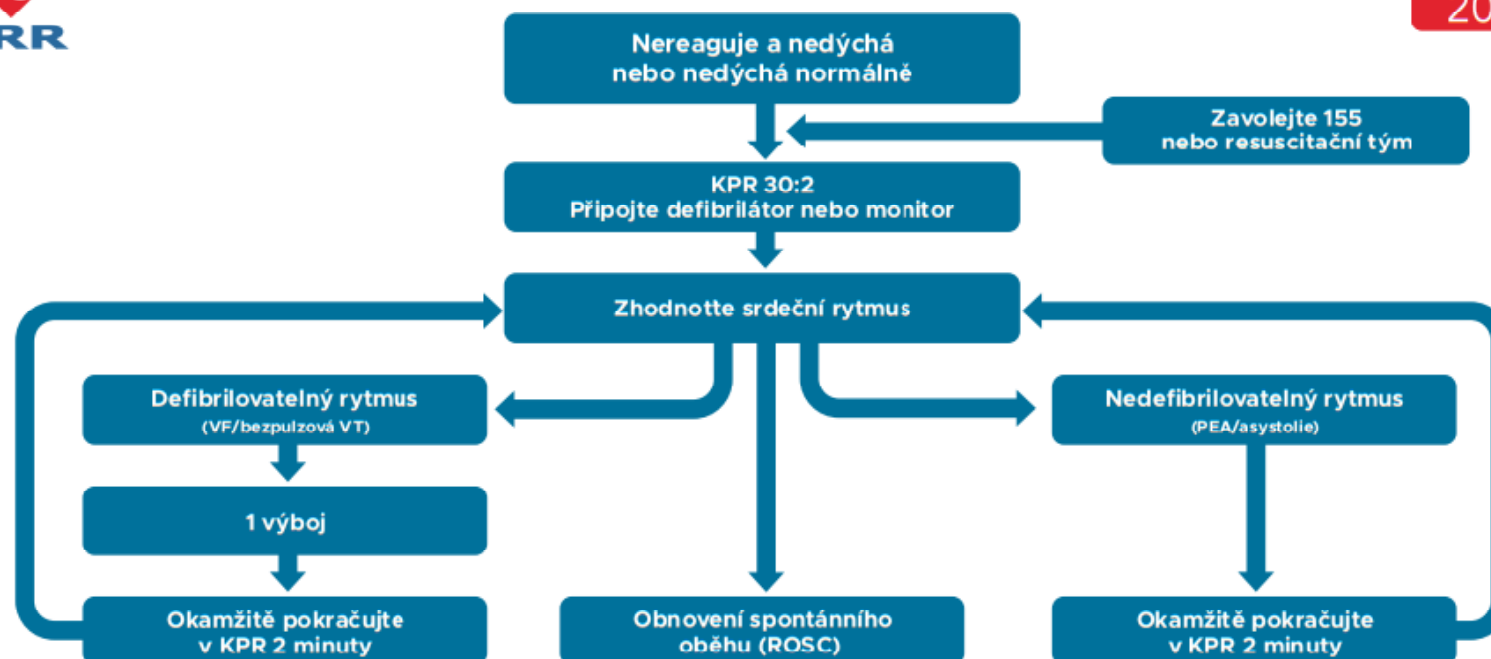


„řetězec přežití“ - čtyři kruhy:

1. časné rozpoznání kritické situace a časné přivolání kvalifikované pomoci
2. časně zahájená KPR
3. časná defibrilaci
4. poresuscitační péče

Vzhledem k tomu, že oběhová zástava je nejčastěji primárně kardiální příčiny (> 80 %), je kladen důraz na **účinnou a nepřerušovanou zevní srdeční masáž a časnou defibrilaci**





Zajistěte vysokou kvalitu srdeční masáže

- Podejte kyslík
- Použijte kapnografii
- Po zajištění dýchacích cest srdeční masáž nepřerušujte
- Minimalizujte přerušování srdeční masáže
- Intravenózní nebo intraoseální vstup
- Podejte adrenalin každých 3-5 minut
- Podejte amiodaron po 3. výboji
- Rozpoznejte a řešte reverzibilní příčiny

Rozpoznejte a řešte reverzibilní příčiny

- Hypoxie
- Hypovolémie
- Hypokalémie/hyperkalémie/metabolické příčiny
- Hypotermie/hypertermie
- Trombóza (koronární tepny nebo plicní embolie)
- Tenzní pneumotorax
- Tamponáda srdeční
- Toxické látky

Pro rozpoznání reverzibilních příčin zvažte použití ultrazvuku

Zvažte

- Koronární angiografii/perkutánní koronární intervenci
- Mechanickou srdeční masáž pro usnadnění transportu/další léčby
- Mímotělní KPR

Po obnovení oběhu

- Postup ABCDE
- Cílová hodnota SpO₂ 94-98 % a normální PaCO₂
- 12svodové EKG
- Rozpoznejte a řešte vyvolávající příčinu
- Cílená regulace tělesné teploty

Patofyziologie zástavy oběhu

→ lze rozdělit do 3 fází:

– Ischemicko – anoxická fáze

Úplná zástava cirkulace – nedostatek energetických substrátů k udržení integrity buněk

– Hypoxická fáze s hypoperfuzí

Během KPR dosahováno maximálně 25-30 % bazálního srdečního výdeje

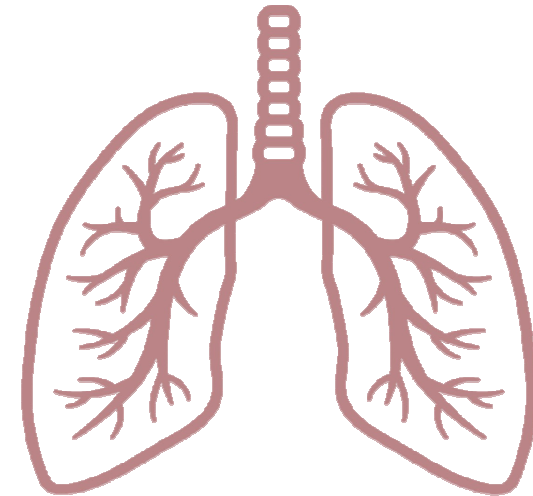
– Reperfuzní fáze

Po obnovení oběhu – během hodin se rozvíjí celotělová ischemicko – reperfuzní reakce organismu, stav popisován jako poresuscitační nemoc, neboli post cardiac arrest syndrome (PCAS) charakterizovaný generalizovanou zánětlivou reakcí organismu („sterilní sepe“)



Dýchání po srdeční zástavě

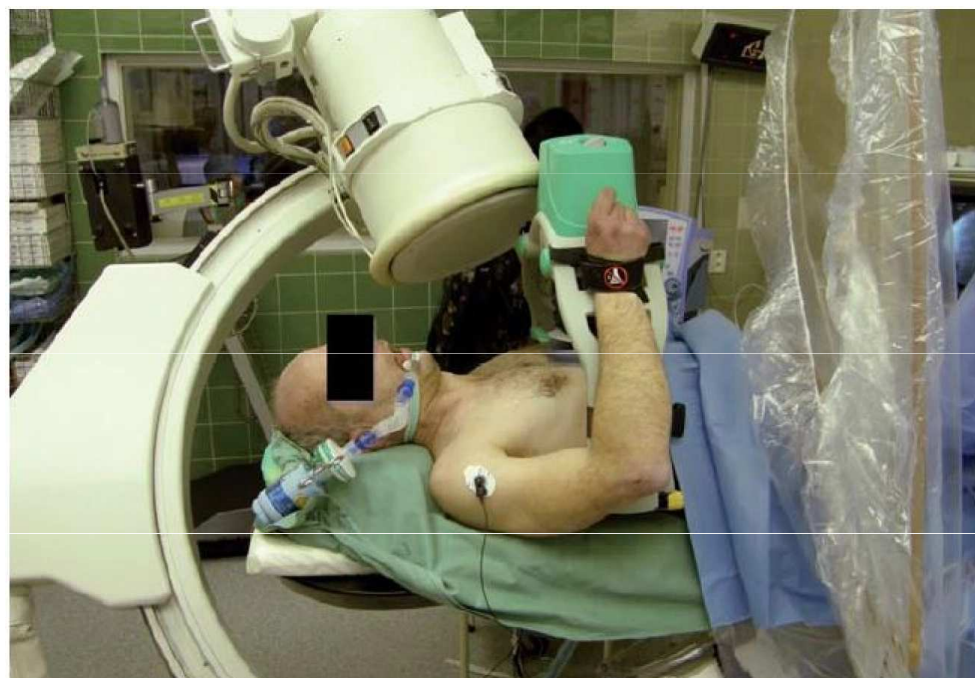
- Zástava dýchání v rámci sekund po zástavě oběhu
- Riziko záměny za adekvátní dýchání u laiků !
- Gasping – lapavé dýchání
 - terminální zbytková spontánní dechová aktivita
 - intervaly dechů se prodlužují s prohlubováním hypoxie a s přechodem na anaerobní metabolismus v oblasti mozkového kmene
 - přítomnost gaspingu = pozitivní prognostický faktor
 - *na zvířecích modelech potvrzen při gaspingu také vyšší srdeční výdej během resuscitace*



(Během inspiria snížený nitrohruční tlak -> zvýšený venózní návrat, při expiriu zvýšením nitrohručního tlaku zlepšení koronární perfúze)

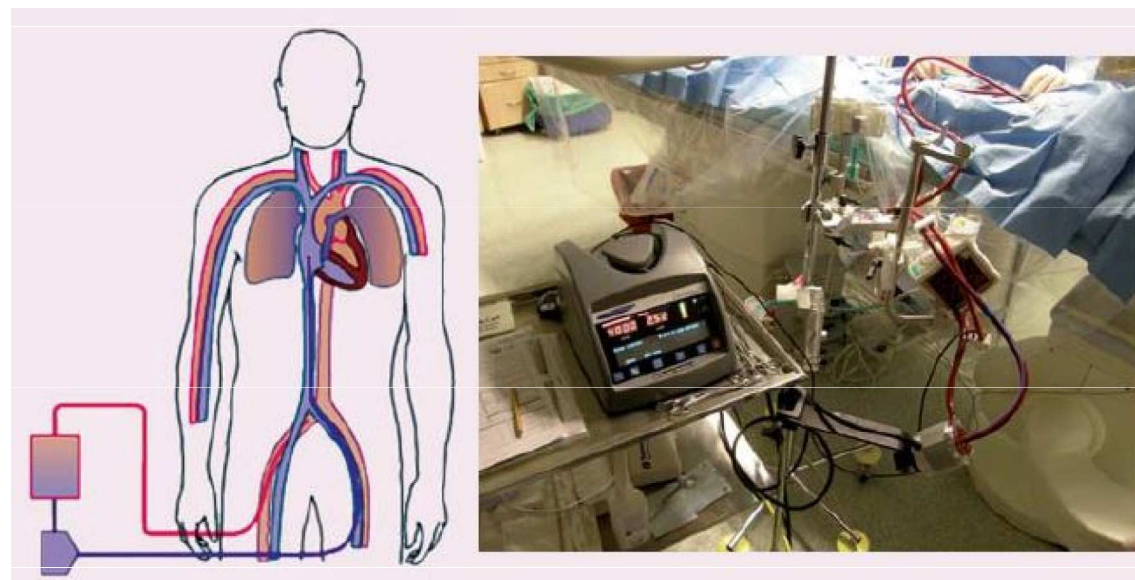
LUCAS (The Lund University Cardiopulmonary Assist System)

- umožňuje efektivně provádět zevní srdeční masáž a příp. převést pacienta za kontinuální masáže do specializovanějšího centra s možností akutní koronarografie nebo k aplikaci ECLS (extracorporeal life support) u nemocných s refrakterní srdeční zástavou
- dle studie LINC (srovnávání mechanické vs. manuální komprese) nebyl zjištěn významný rozdíl jak ve čtyřhodinovém (23,6 vs. 23,7 %), tak v šestiměsíčním (8,5 vs. 7,6 %) přežití (prokázána noninferiorita zevního masážního systému ve srovnání s manuální kompresí hrudníku)
- možnost při pokračující resuscitaci provádět za kontinuální srdeční masáže skiaskopii, koronarografii a případně koronární intervenci



ECLS (ExtraCorporal Life Support)

- metoda schopna kompletně nahradit funkci srdce a plic u srdeční zástavy refrakterní ke standardní KPR
- akutní zavedení mimotělního oběhu, kdy nasáváme žilní neokysličenou krev z pravé síně, odkud je krevní pumpou vháněna do oxygenátoru, zde dochází k výměně plynů a již okysličená krev se vrací zpět do velkých tepen
- např. u intoxikace betablokátory, těžké hypotermie



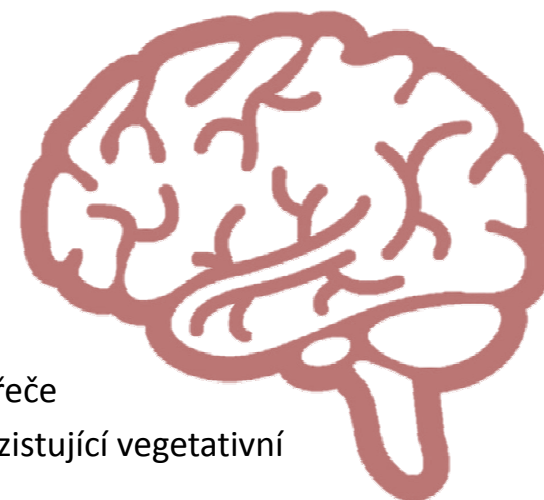
Poresuscitační syndrom (post cardiac arrest syndrome)

- Stav vyvolaný celotělovou ischemií a reperfuzí v kombinaci s primární příčinou zástavy oběhu
- Tíže dle celkového stavu organismu a délky trvání srdeční zástavy
- Orgánová dysfunkce až multiorgánové selhání
- Zahrnuje:
 - Poresuscitační hypoxicko ischemické poškození mozku
 - Poresuscitační myokardiální dysfunkci
 - Systémovou ischemicko – reperfuzní reakci
 - Přetrvávající patologie předcházející srdeční zástavě



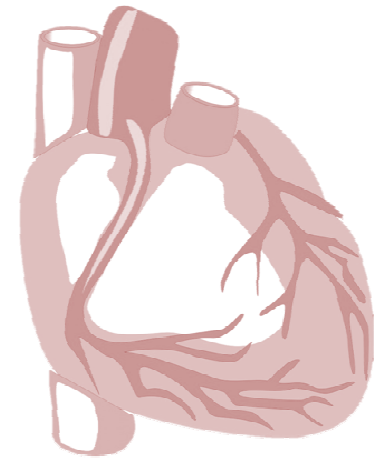
Poškození mozku po srdeční zástavě

- jedná se o nejčastější příčinu úmrtí po ROSC
- limitovaná tolerance ischemie mozku, mozek nemá téměř žádné metabolické rezervy, závislý na kont. dodávce O₂ a glukózy, přitom konsumuje 20-25% celkové spotřeby O₂
- selhání mozkové mikrocirkulace -> drobné infarkty, perzistující ischemie („no-reflow“)
Poruchy mozkové cirkulace:
 - hypoperfúze/ischemie během NZO a KPR
 - specifická odpověď mozku na reperfúzi
hyperemická makrocirkulace časně po ROSC jako odpověď mozku na reperfúzi (vzestup CPP, porucha autoregulace), později s rozvojem otoku mozku hypoperfúze
 - poškození HEB
 - edém mozku (vazogenní a cytotoxický)
 - časný edém může být přechodný, elevace ICP vzácně
 - pozdní edém mozku pravděpodobně již důsledek neurodegenerace
- Příčiny sekundárního poškození: hypotenze, hypoxémie, hyperoxie, anémie, hyperglykémie, křeče
- Příznaky: kognitivní dysfunkce, bezvědomí, křeče, myoklonie, sekundární parkinsonismus, perzistující vegetativní stav, CMP, smrt mozku...



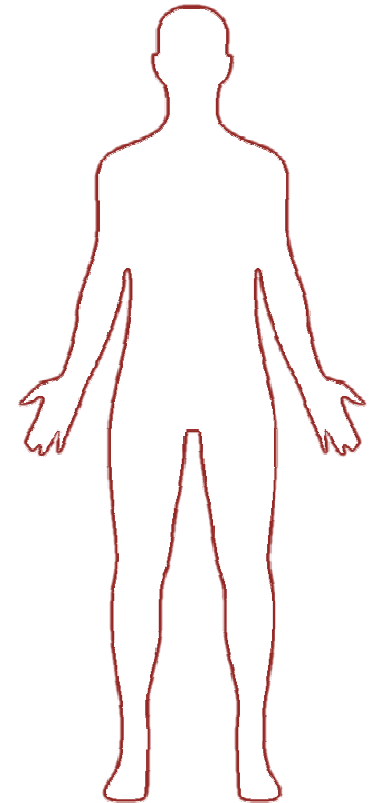
Poresuscitační myokardiální dysfunkce

- Výskyt u kardiálních i nekardiálních příčin zástavy oběhu
- Systolická i diastolická dysfunkce, elektrická nestabilita – terén pro časně arytmie
- Myocardial stunning („omráčený mokard“) - těžké, ale reverzibilní postischemické poškození srdce
- Mechanismus :
 - Porucha perfúze s následnou reperfúzí/rekanalizací
 - Strukturální a biochemické změny na buněčné úrovni vedoucí k edému kardiomyocytů nebo až k disperzním nekrotickým myokardu
- Začátek obvykle opožděn 4-7 hod po přijetí do nemocnice
- Zotavování kardiálních funkcí 2. – 3. den po ROSC



Zástava oběhu a systémová zánětlivá odpověď

- Srdeční zástava je „extrémní formou septického šoku“
 - Po ROSC dodávka kyslíku snižena díky myokardiální dysfunkci, hemodynamické nestabilitě a poruše mikrocirkulace
 - Dysfunkce endotelu, generalizovaná vazodilatace
 - Systémová zánětlivá odpověď (vzestup prozánětlivých cytokinů, aktivace komplementu a leukocytů..)
 - Porucha koagulační rovnováhy, mikrovaskulární trombózy



Perzistující vyvolávající příčiny srdeční zástavy

- specifické dle dané příčiny (hyperkalémie, ischemie myokardu, hypoxie, hypovolémie, PE, intoxikace)
- diagnostika a adekvátní léčba co nejrychleji
- AIM
- absence stenokardií před zástavou či absence ST elevací nevylučuje okluzi koronární tepny
- laboratorní markery (Trop T, CK-MB) mají po KPR nižší specifitu
- vždy vyloučit PE!



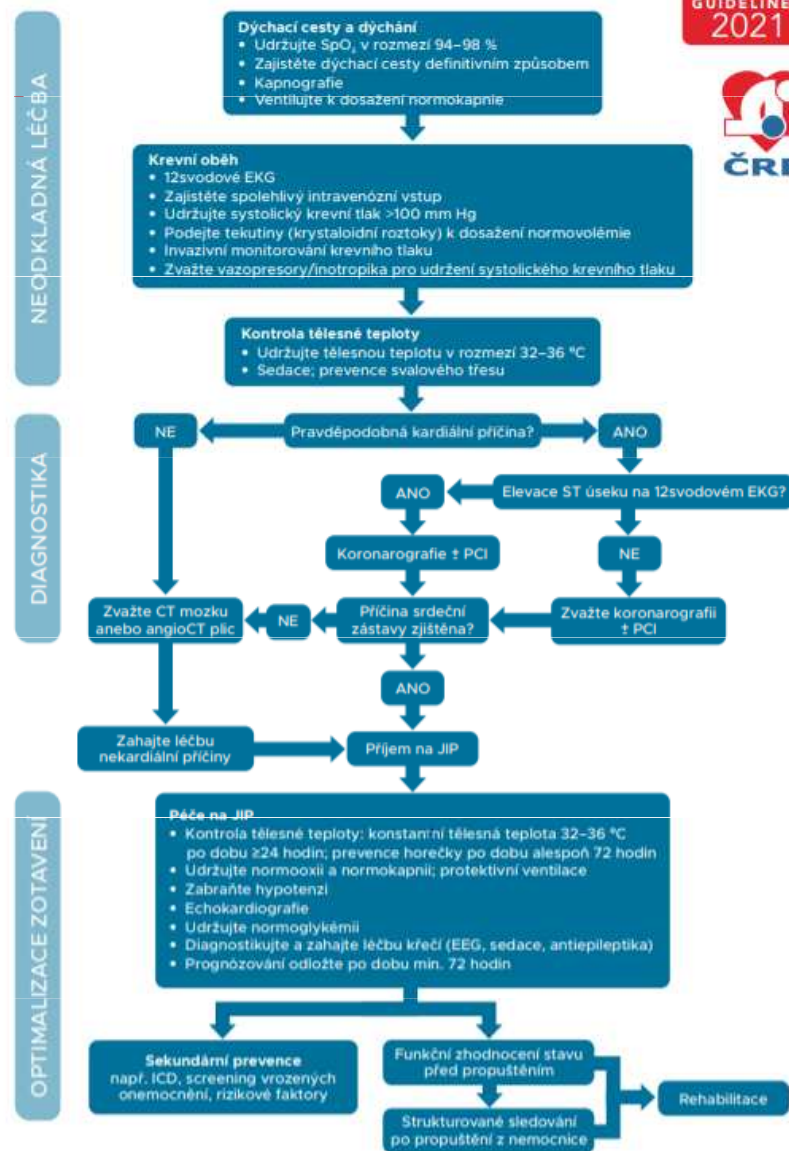
Poresuscitační péče

<https://www.resuscitace.cz/files/files/0/yhj6s/gl-2021-summary-final-cz.pdf>



ALGORITMUS ERC 20

PORESUSCITAČNÍ PÉČE



Dýchací cesty a dýchání

- Udržujte SpO₂ v rozmezí 94–98 %
- Zajistěte dýchací cesty definitivním způsobem
- Kapnografie
- Ventilujte k dosažení normokapnie

- Protektivní ventilace 6- 8 ml /kg
- Zabránit hypoxii + hyperoxii!

Krevní oběh

- 12svodové EKG
- Zajistěte spolehlivý intravenózní vstup
- Udržujte systolický krevní tlak >100 mm Hg
- Podejte tekutiny (krystaloidní roztoky) k dosažení normovolémie
- Invazivní monitorování krevního tlaku
- Zvažte vazopresory/inotropika pro udržení systolického krevního tlaku

- Vstupy
- MAP > 65 torr
- Laktát !
- Diuréza > 0,5 ml/kg/h
- časný ECHO
- Monitorace hemodynamiky
- normokalemie
- Zvážit IABK, ECMO...?

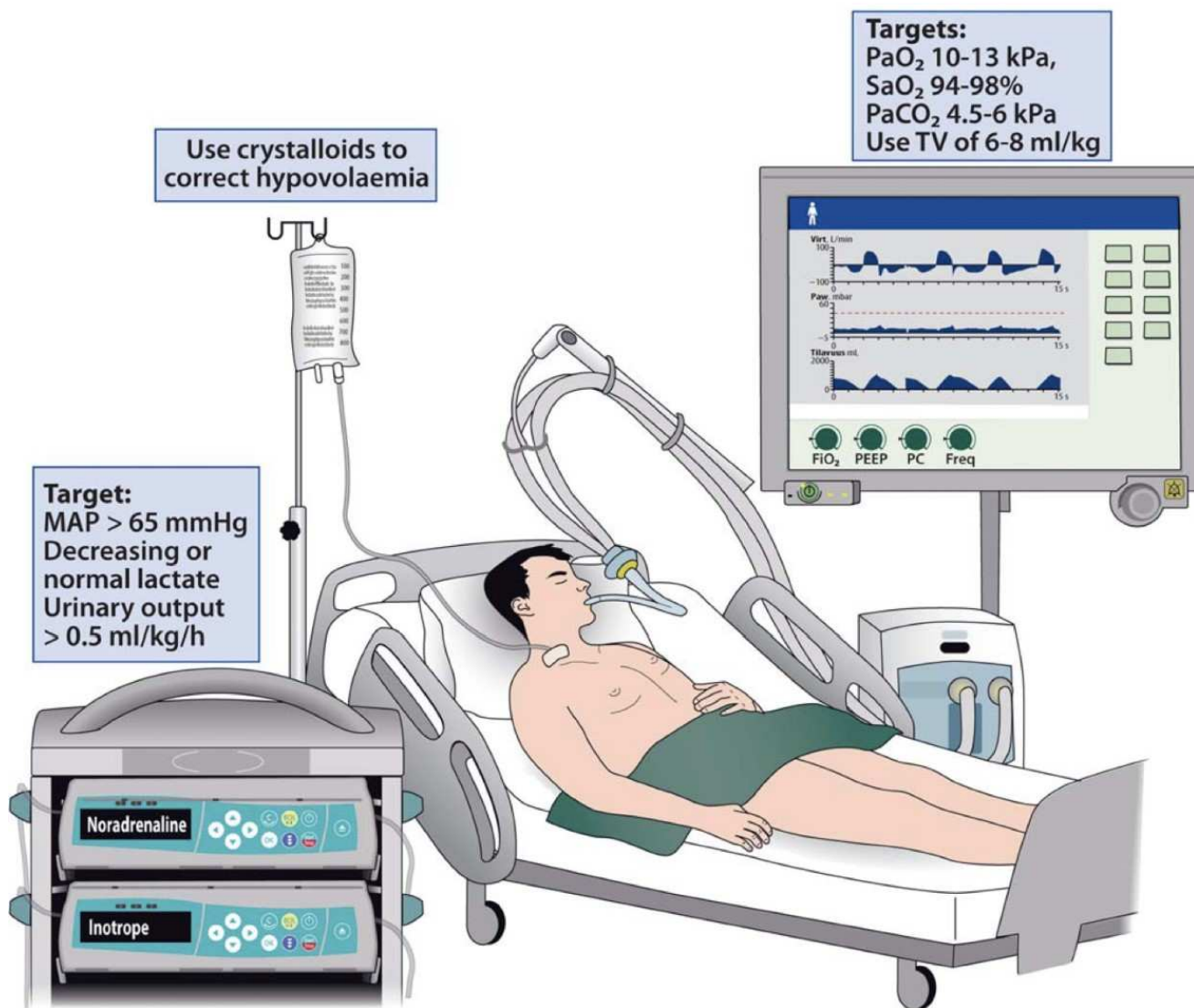
** Troponin může být ovlivněn KPR

Kontrola tělesné teploty

- Udržujte tělesnou teplotu v rozmezí 32–36 °C
- Sedace; prevence svalového třesu

- EEG, kontrola křečí
- Prevence hyperpyrexie
- Target temperature management *





Use crystalloids to correct hypovolaemia

Targets:
 PaO₂ 10-13 kPa,
 SaO₂ 94-98%
 PaCO₂ 4.5-6 kPa
 Use TV of 6-8 ml/kg

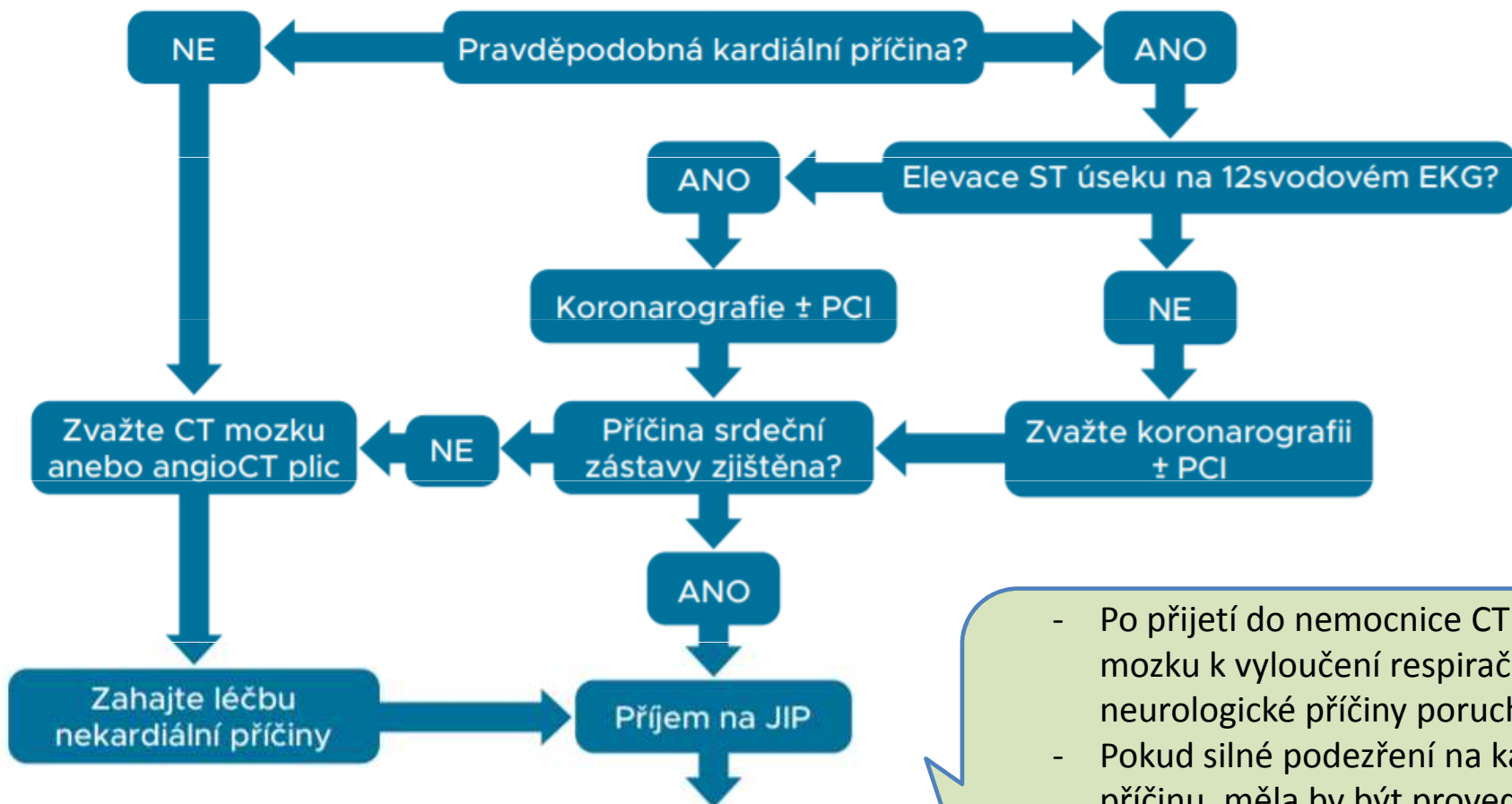
Target:
 MAP > 65 mmHg
 Decreasing or normal lactate
 Urinary output > 0.5 ml/kg/h

- Protektivní ventilace 6- 8 ml /kg
- Zabránit hypoxii + hyperoxii!

- Vstupy
- MAP > 65 torr
- Laktát !
- Diuréza > 0,5 ml/kg/h
- časný ECHO
- Monitorace hemodynamiky
- normokalemie
- Zvážit IABK, ECMO...?

** Troponin může být ovlivněn KPR

- EEG, kontrola křečí
- Prevence hyperpyrexie
- Target temperature management *



- Po přijetí do nemocnice CT hrudníku a mozku k vyloučení respirační či neurologické příčiny poruchy vědomí
- Pokud silné podezření na kardiální příčinu, měla by být provedena jako první koronarografie
- Ke zvážení UZ břicha

NSTEMI po ROSC – co je vysoké riziko okluze koronární tepny?

Individuální posouzení pacienta:

- hemodynamická nestabilita (kardiogenní šok, zástava oběhu)
- elektrická nestabilita myokardu
- potíže před zástavou oběhu (stenokardie nebo jejich ekvivalent)
- nález na TTE
- recidiva stenokardií
- dynamika troponinu
- komorbidity



Péče na JIP

- Kontrola tělesné teploty: konstantní tělesná teplota 32–36 °C po dobu ≥ 24 hodin; prevence horečky po dobu alespoň 72 hodin
- Udržujte normooxii a normokapnii; protektivní ventilace
- Zabraňte hypotenzi
- Echokardiografie
- Udržujte normoglykémii
- Diagnostikujte a zahajte léčbu křečí (EEG, sedace, antiepileptika)
- Prognózování odložte po dobu **mir. 72 hodin**

Léčba křečí

- Levetiracetam nebo valproát + sedace
- Kontinuální EEG
- NE rutinní profylaxe

Sekundární prevence
např. ICD, screening vrozených onemocnění, rizikové faktory

Funkční zhodnocení stavu
před propuštěním

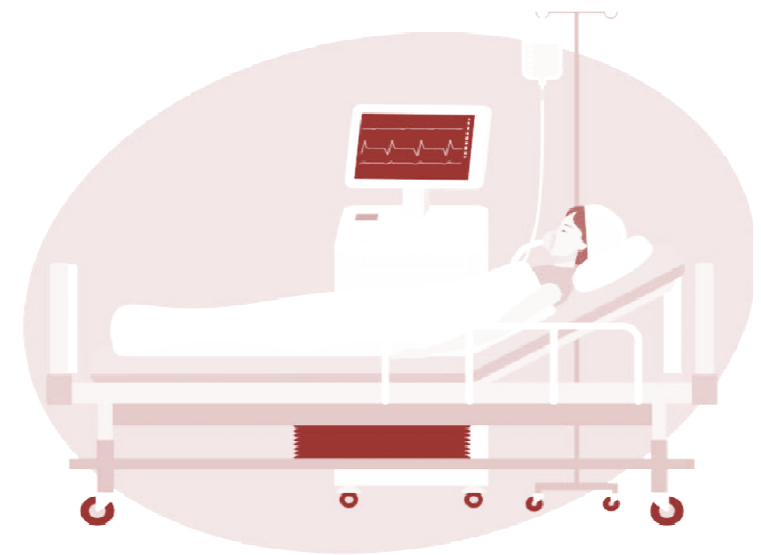
Strukturované sledování
po propuštění z nemocnice

Rehabilitace



Další obecné principy intenzivní poresuscitační péče

- Sedativa a opioidy s krátkodobým působením
- Nepoužívat rutinně myorelaxaci
- Profylaxe stresového vředu
- Profylaxe trombembolických komplikací
- Kontrola glykémie 6 - 10 mmol/l
- Časné zahájení enterální výživy
- Rutinní podávání ATB není doporučeno



Terapeutická hypotermie ?? teorie

- Řízené ochlazení pacienta na 32 – 36°C
- Cíl = zlepšení neurologického outcomu
- Princip – teorie:
 - Snížení metabolismu o 7 % na každý 1°C
 - Tlumí děje vedoucí k apoptóze neuronů
 - Redukuje produkci kyslíkových radikálů
 - Tlumí aktivaci lipáz, proteáz....
- Nežádoucí účinky:
 - Třesavka, zvýšení SVR, arytmie, zvýšení diurézy, iontové abnormality, nižší citlivost k inzulinu, zhoršení hemokoagulace, snížení imunitní odpovědi, častější infekční komplikace



Teplotní management - doporučení

- ERC 2021
 - Doporučeno udržovat konstantní TT 32 – 36 °C po dobu min 24 hod
 - Prevence horečky min 72 hod
 - TTM 2 trial 2021
 - Absence lepšího neurologického výstupu i mortality při hypotermii
 - Neprokázan významný rozdíl v neurologickém výstupu u pacientů v hluboké – střední – mírné hypotermii a normotermii *
- striktní chlazení pravděpodobně není potřebné

ORIGINAL ARTICLE

Hypothermia versus Normothermia after Out-of-Hospital Cardiac Arrest

Josef Dankiewicz, M.D., Ph.D., Tobias Cronberg, M.D., Ph.D., Gisela Lilja, O.T., Ph.D., Janus C. Jakobsen, M.D., Ph.D., Helena Levin, M.Sc., Susann Ullén, Ph.D., Christian Rylander, M.D., Ph.D., Matt P. Wise, M.B., B.Ch., D.Phil., Mauro Oddo, M.D., Alain Corcos, M.D., Ph.D., Jan Břeháček, M.D., Ph.D., Jan Havelange, M.D., Ph.D.

Hypothermia vs. Normothermia after Out-of-Hospital Cardiac Arrest

OPEN-LABEL TRIAL WITH BLINDED OUTCOME ASSESSMENT

1850 Comatose adults after out-of-hospital cardiac arrest	Hypothermia (target body temperature, 33°C) N=925	Normothermia (target body temperature, ≤37.5°C) N=925
Death from any cause at 6 mo	50% RR, 1.04; 95% CI, 0.94 to 1.14; P=0.37	48%
Modified Rankin scale score ≥4 at 6 mo	55% RR, 1.00; 95% CI, 0.92 to 1.09	55%
Arrhythmia with hemodynamic compromise	24%	17%

Hypothermia did not lead to a lower 6-mo incidence of death than normothermia.

Teplotní management – aktualizace doporučení

ICM RAPID PRACTICE GUIDELINE

ERC-ESICM guidelines on temperature control after cardiac arrest in adults



Abstract

Claudio Sano
Tobias Cron

The aim of these guidelines is to provide evidence-based guidance for temperature control in adults who are comatose after resuscitation from either in-hospital or out-of-hospital cardiac arrest, regardless of the underlying cardiac rhythm. These guidelines replace the recommendations on temperature management after cardiac arrest included in the 2021 post-resuscitation care guidelines co-issued by the European Resuscitation Council (ERC) and the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). The guideline panel included thirteen international clinical experts who authored the 2021 ERC-ESICM guidelines and two methodologists who participated in the evidence review completed on behalf of the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) of whom ERC is a member society. We followed the Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE) approach to assess the certainty of evidence and grade recommendations. The panel provided suggestions on guideline implementation and identified priorities for future research. The certainty of evidence ranged from moderate to low. In patients who remain comatose after cardiac arrest, we recommend continuous monitoring of core temperature and actively preventing fever (defined as a temperature > 37.7 °C) for at least 72 h. There was insufficient evidence to recommend for or against temperature control at 32–36 °C or early cooling after cardiac arrest. We recommend not actively rewarming comatose patients with mild hypothermia after return of spontaneous circulation (ROSC) to achieve normothermia. We recommend not using prehospital cooling with rapid infusion of large volumes of cold intravenous fluids immediately after ROSC.

Keywords: Cardiac arrest, Coma, Prognosis, Hypothermia, Practice guidelines



We **recommend** continuous monitoring of core temperature in patients who remain comatose after ROSC from cardiac arrest.



We **recommend** actively preventing fever (defined as a temperature $> 37.7^{\circ}\text{C}$) in post-cardiac arrest patients who remain comatose.



We **recommend** actively preventing fever for at least 72 hours in post-cardiac arrest patients who remain comatose.



Temperature control can be achieved by exposing the patient, using anti-pyretic drugs, or if this is insufficient, by using a cooling device with a target temperature of 37.5°C .



There is currently insufficient evidence to recommend for or against temperature control at $32\text{-}36^{\circ}\text{C}$ in sub-populations of cardiac arrest patients or using early cooling, and future research may help elucidate this. We **recommend not** actively rewarming comatose patients with mild hypothermia after ROSC to achieve normothermia.

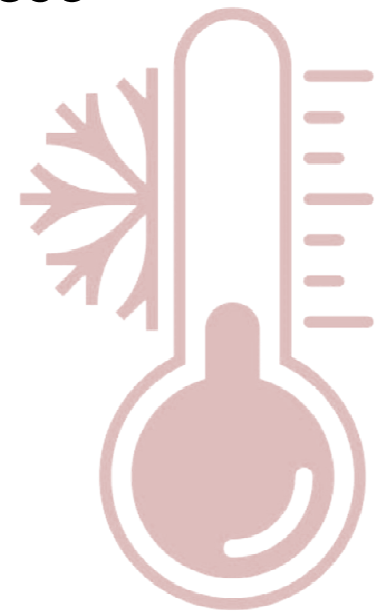


We **recommend not** using prehospital cooling with rapid infusion of large volumes of cold IV fluid immediately after ROSC.



Temperature control – aktualizace doporučení

- Kontinuální monitorace teploty tělesného jádra u pacientů, kteří po ROSC zůstanou v bezvědomí
- aktivní hypotermii v přednemocniční péči nenavozovat podáváním chlazených roztoků
- není doporučeno aktivní ohřívání pacientů s mírnou hypotermií
- není dostatek důkazů pro nebo proti udržování teploty 32 – 36 °C či časnému chlazení po srdeční zástavě
- aktivní prevence horečky (TT > 37,7°C) min. po 72 hodin
 - Antipyretika
 - Přístrojové ochlazování pacienta, cíl = 37,5 °C

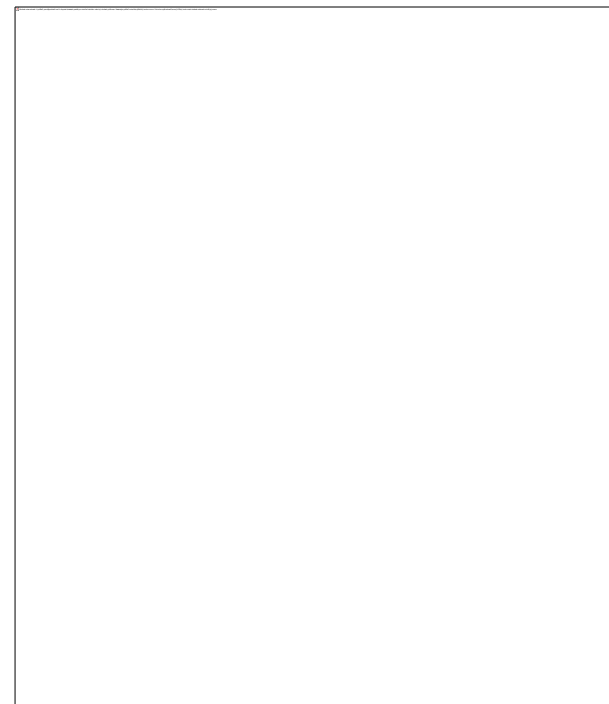


TTM - Artic Sun 5000

- Přístrojová konzole + gelové přilnavé jednorázové pady, ve kterých proudí tekutina
- Řízení a monitorace teploty pacienta v rozmezí 32 – 38,5 °C
- Hypotermie / normotermie
- Výměna tepla neinvazivně indukci



TTM – Cincinnati Sub-Zero Blanketrol Hypothermia system



Thermogard XP Temperature Management – nitrožilní management TT



Prognózování klinického výsledku



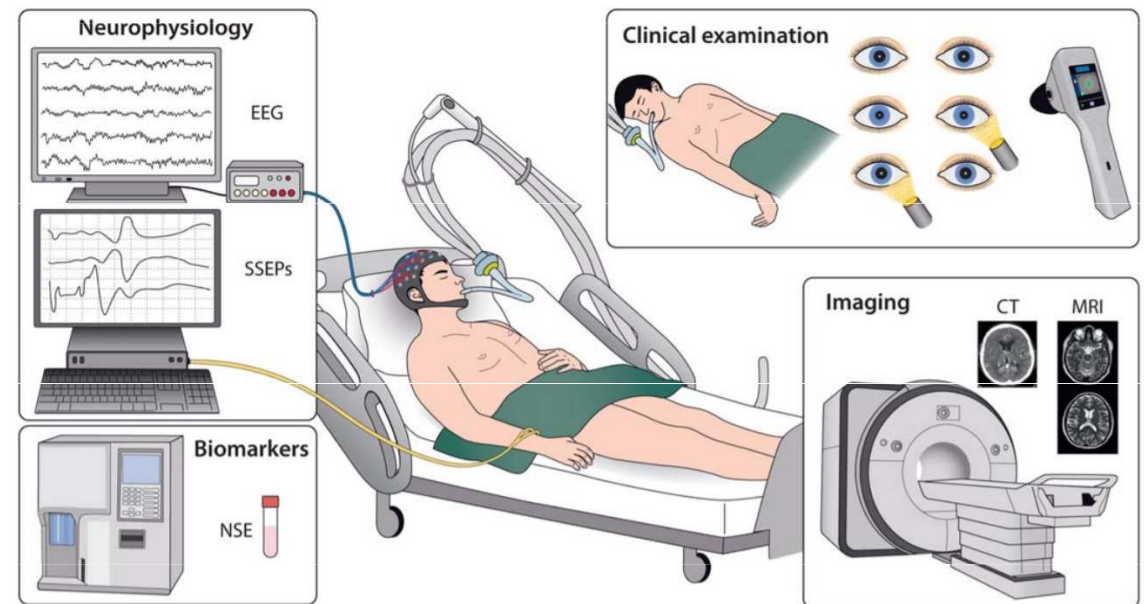
Prognostikace

- 2/3 úmrtí po KPR je způsobeno hypoxicko-ischemickým postižením mozku
 - Většinou na podkladě odebrání terapie při velmi nepříznivém nálezu
 - **Správná prognostikace má tedy zásadní vliv na další péči**
- **Pro stanovení závažnosti poškození mozku využíváme:**
 - **Klinické vyšetření**
 - **Elektrofyzilogická vyšetření**
 - **Biomarkery**
 - **Zobrazovací metody**
- Žádný prediktor nemá 100 % přesnost
 - multimodální strategie!
 - snaha o **vysokou specifitu a přesnost**
 - vyvarovat se předčasných závěrů, zahájit po 72 hod od zástavy
- Neméně důležitá je také komunikace s rodinou

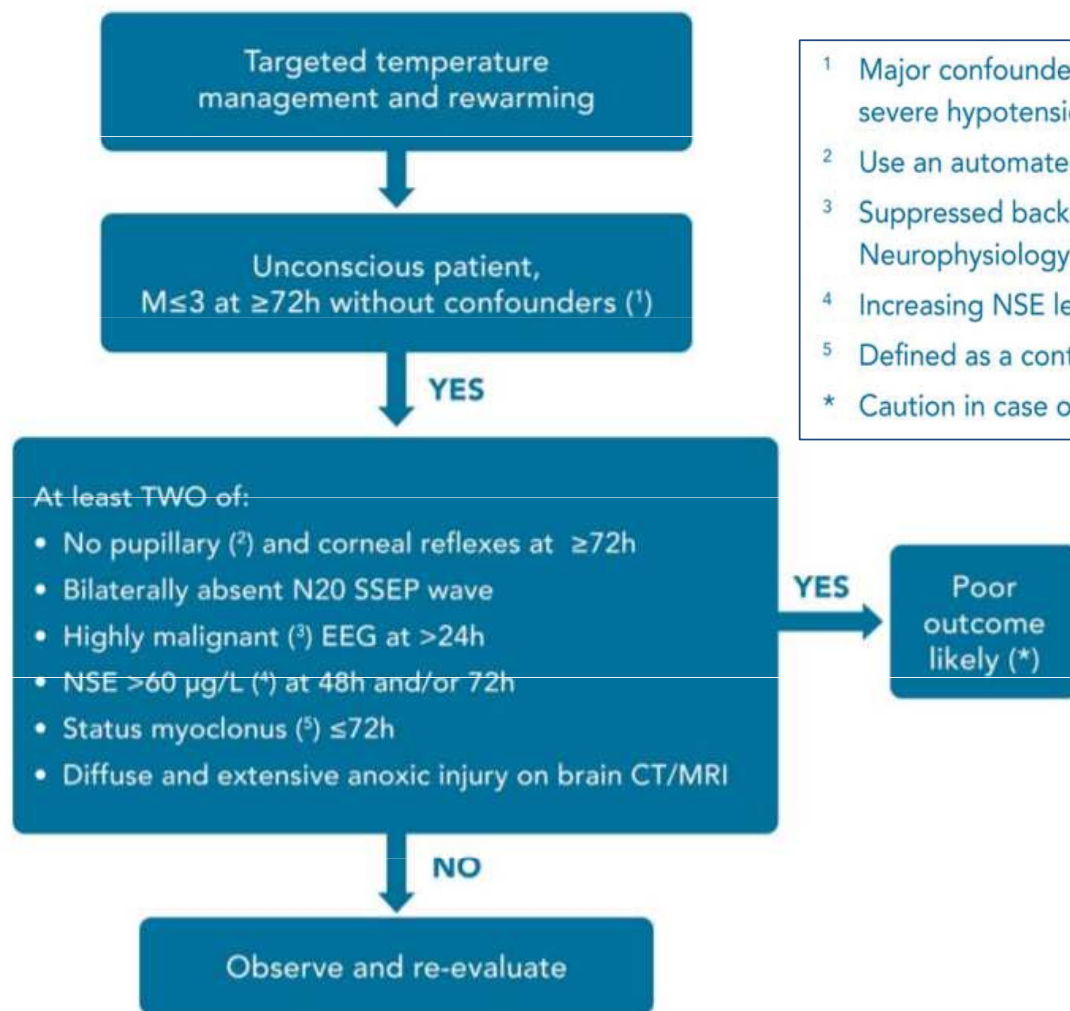


Multimodální prognózování

- Klinické vyšetření
 - Vyloučit vliv sedativ, opioidů, hypotermie, svalové relaxace... ! (5x poločas eliminace léku s nejdelším poločasem)
 - Motorická reakce
 - Pupilární a korneální reflex, pupilometrie
 - Myoklonické křeče či status myoclonicus
- Neurofyziologie
 - EEG u trvajícího bezvědomí
 - SSEP, zejména oblast N20
- Biomarkery
 - Neuron specifická enoláza
- Zobrazovací metody
 - CT či MRI mozku
- Vyšetření opakovat min 1x/24 hod



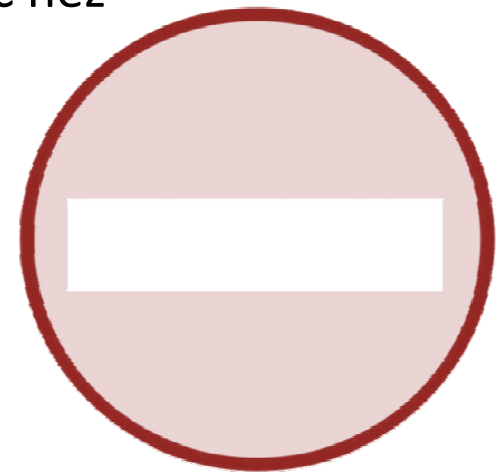
NEUROPROGNOSTICATION FOR THE COMATOSE PATIENT AFTER RESUSCITATION FROM CARDIAC ARREST



- 1 Major confounders may include analgo-sedation, neuromuscular blockade, hypothermia, severe hypotension, hypoglycaemia, sepsis, and metabolic and respiratory derangements
 - 2 Use an automated pupillometer, when available, to assess pupillary light reflex
 - 3 Suppressed background ± periodic discharges or burst-suppression, according to American Clinical Neurophysiology Society
 - 4 Increasing NSE levels between 24h-48h or 24/48 and 72h further support a likely poor outcome
 - 5 Defined as a continuous and generalised myoclonus persisting for 30 minutes or more
- * Caution in case of discordant signs indicating a potentially good outcome (see text for details).

Negativní prognostické faktory

- Hluboká porucha vědomí přetrvávající po 3-4 dnech, (CAVE sedativa!)
- Absence motorické reakce, extenční nebo flekční motorická reakce na bolestivý podnět po více než 72 hodinách (M1, M2, M3)
- Absence korneálního a pupilárního reflexu, fixovaná mydriáza po víc než 72 hod od KPR
- Absence spontánní dechové aktivity a kašle
- Trvajících křeče či myoklonie
- Patologické EEG
- Difuzní poškození mozku na CT/MR



Biomarkery postižení mozku

= biomarkery poškození mozkových buněk

- **NSE**
- *Serum neurofilament light chain*
- S100B
- Glial fibrillary acidic protein (GFAB)
- Sérový Tau protein

- We suggest using neuron specific enolase (NSE) within 72 h after ROSC, in combination with other tests, for predicting neurological outcome of adults who are comatose after cardiac arrest (weak recommendation, very-low-certainty evidence). There is no consensus on a threshold value.
- We suggest against using S-100B protein for predicting neurological outcome of adults who are comatose after cardiac arrest (weak recommendation, low-certainty evidence).
- We suggest against using serum levels of glial fibrillary acidic protein (GFAP), serum tau protein, or neurofilament light chain (Nfl) for predicting poor neurological outcome of adults who are comatose after cardiac arrest (weak recommendation, very low-certainty evidence).

Zdroj: ERC a ESICM guidelines, post-resuscitation care 2021



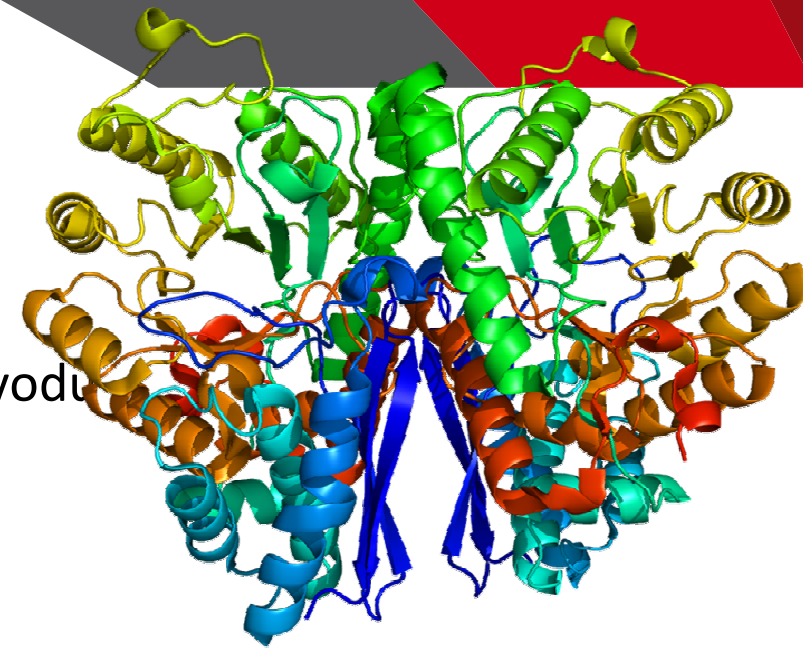
Neuron specifická enoláza (NSE)

Glykolytický enzym ve tkáních neuroektodermálního původu

→ v dospělosti vázán především v neuronech

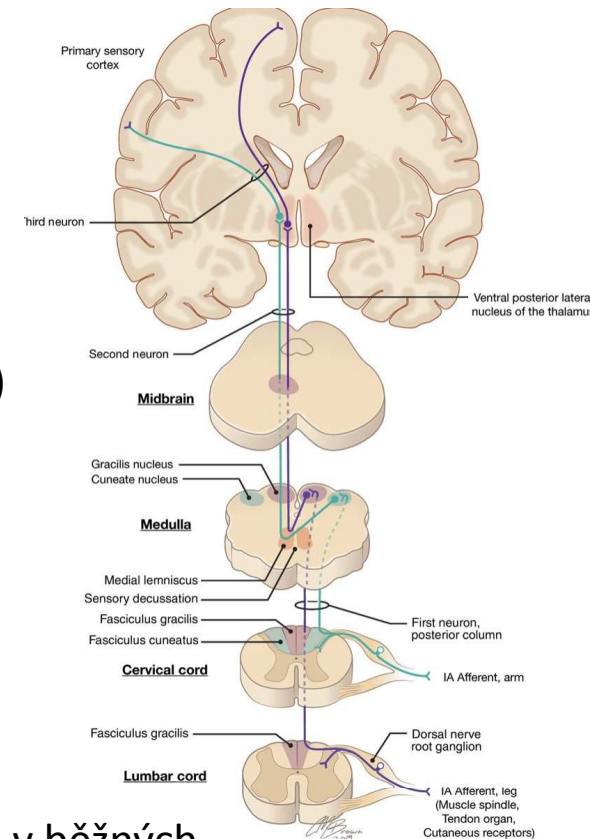
→ u plodu nervová a plicní tkáň

- Vyšetření se provádí výhradně ze séra, vzhledem k obsahu NSE v červených krvinkách a destičkách nutno provést oddělení krevních elementů do 1 hod, jinak hrozí falešná pozitivita
- Mj také produkce maligními nádory neurálního a neuroendokrinního původu, seminomy a adenoca ledvin



Somatosenzorické evokované potenciály

- Stimulace senzitivních vláken periferního nervu
- Vyšetření dráhy citlivosti
 - Periferní nerv – mícha – mozkový kmen – mozková kůra
 - při fokální lézi této dráhy (avulze pl. brachialis, transversální léze míšní..) vždy nevýbavné
 - Epileptogenní aktivita znemožňuje provedení SSEP
- Série mírných elektrických impulsů, nejčastěji n. medianus, n. tibialis
- Snímací elektrody na lebce, v oblasti šíje, krční páteře, dolní hrudní páteře
- **Bilaterální absence kortikální komponenty N20 nad senzitivním kortexem 72 hod po zástavě => špatná prognóza**
- K eliminaci artefaktů lze pacienta relaxovat, možno sedovat (opioid, propofol v běžných dávkách)
- Visual evoked potentials (VEP), auditory evoked potentials (AEP) – předmětem dalšího zkoumání



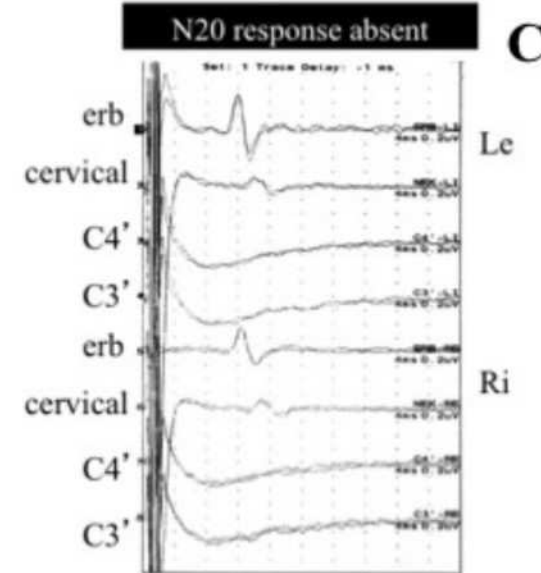
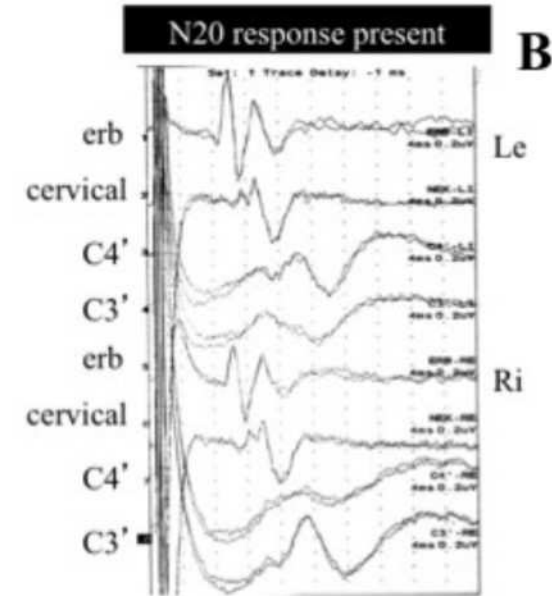
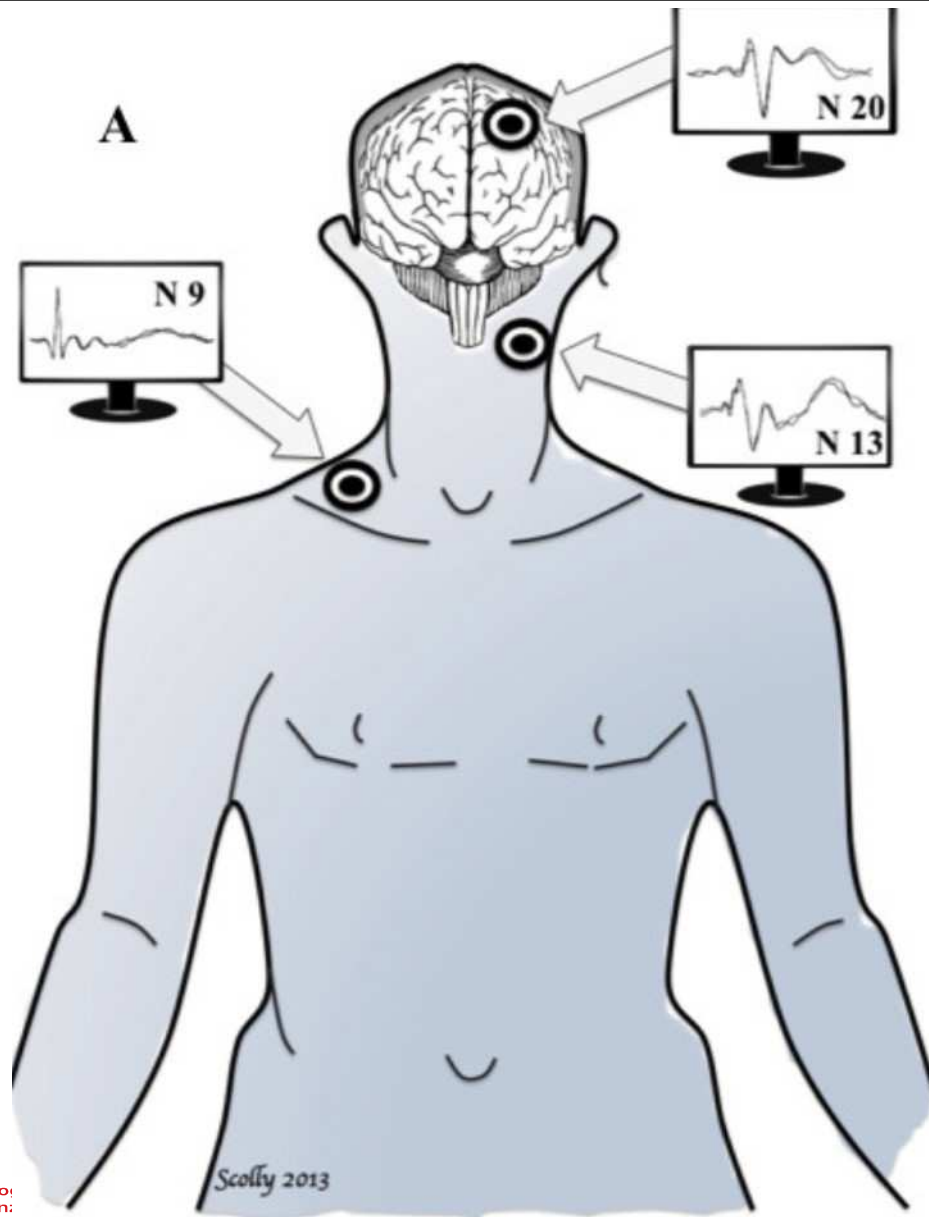


Table 3. Effect of Intravenous Anesthetics on Somatosensory Evoked Potentials

Drug/Dose	Early Cortical Waveform§		Subcortical Waveform
	Latency	Amplitude	
Thiopental ^{43,50,51,53}			
2.5–5.0 mg/kg	<10% ↑	5–30% ↓	Negligible
75 mg/kg	15% ↑	60% ↓	Negligible
Pentobarbital ^{54,55}			
Up to 20 mg/kg	≈10% ↑	45% ↓	None (latency) 20% ↓ (amplitude)
Ketamine ^{44,63,236,237}			
0.5 mg/kg	No effect	No effect	No effect
2–3 mg/kg + 2 mg · kg ⁻¹ · h ⁻¹	No effect	0–30% ↑	Negligible
Etomidate ^{43,50,56}			
0.3–0.4 mg/kg + 2 mg · kg ⁻¹ · h ⁻¹	<10% ↑	40–180% ↑	None (latency) 50% ↓ (amplitude)
1 mg/kg	10% ↑	150% ↑	Negligible
Propofol ⁵²			
2.5 mg/kg	< 10% ↑	No change	Negligible
Propofol			
2.5 mg/kg, then 10 mg · kg ⁻¹ · h ⁻¹	10–15% ↑	50%	NA
+ sufentanil ⁴⁸			
0.5 μg/kg, then 0.25 μg · kg ⁻¹ · h ⁻¹			
Midazolam ^{43,63,65,238}			
0.1–0.3 mg/kg*	< 5% ↑	25–40% ↓	Negligible
Diazepam ^{66,69}			
0.1–0.25 mg/kg	Minimal	↓	NA
Morphine ⁷²			
0.25 mg/kg	< 10% ↑	≈20% ↓	NA
Lidocaine ^{74, 239, 240}			
1.5 mg/kg, then 3 mg · kg ⁻¹ · h ⁻¹	5% ↑	25–30% ↓ †	Negligible
Fentanyl ^{28,50,71,72}			
2.5 μg/kg + N ₂ O	5–10% ↑	Variable ‡	No change
25–100 μg/kg	<10% ↑	10–30% ↓	Negligible
Sufentanil ^{68,73,74}			
Sufentanil + N ₂ O + 0.5% isoflurane/1 μg/kg + infusion	5–10% ↑	≈50% ↓	No change
5 μg/kg Sufentanil (alone)	≈5% ↑	≈40% ↓	No change (latency) Amplitude: 40% ↓
1 μg/kg + Sufentanil propofol	5–10% ↑	No change	NA
Remifentanyl ⁷⁶ (with 0.4 MAC isoflurane)			
1 μg/kg + 0.2 μg · kg ⁻¹ · min ⁻¹	NA	15–30% ↓	NA
2.5 μg/kg + 0.5 μg · kg ⁻¹ · min ⁻¹		30–40% ↓	
5.0 μg/kg + 1.0 μg · kg ⁻¹ · min ⁻¹		≈40% ↓	
Clonidine ^{84–86}			
2–10 μg/kg	No effect	No effect	10% Amplitude ↓ No effect (latency)
Alfentanil ^{75,241}			
10 μg/kg alone	NA	50% ↓	NA
100 μg/kg + 2 with N ₂ O	No effect	40% ↓	NA
Dexmedetomidine ⁸⁷			
Low sedative dose	NA	≈10% ↓	≈20% Amplitude ↓
High sedative dose	NA	≈30% ↓	≈10% Amplitude ↓

All data are from humans.

* In several studies, <10 μg/kg fentanyl was added. † In isolated cases, bolus administration of 1–1.5 mg/kg resulted in loss of severe attenuation of the cortical somatosensory evoked potential (SSEP) with preservation of subcortical components.²⁴⁰ ‡ At times, amplitude depression was severe.⁷⁶ § For example, N-20 for median nerve SSEPs (Fig. 3).

MAC = minimum alveolar concentration; NA = data not available; N₂O = nitrous oxide; ↑ = increase; ↓ = decrease.



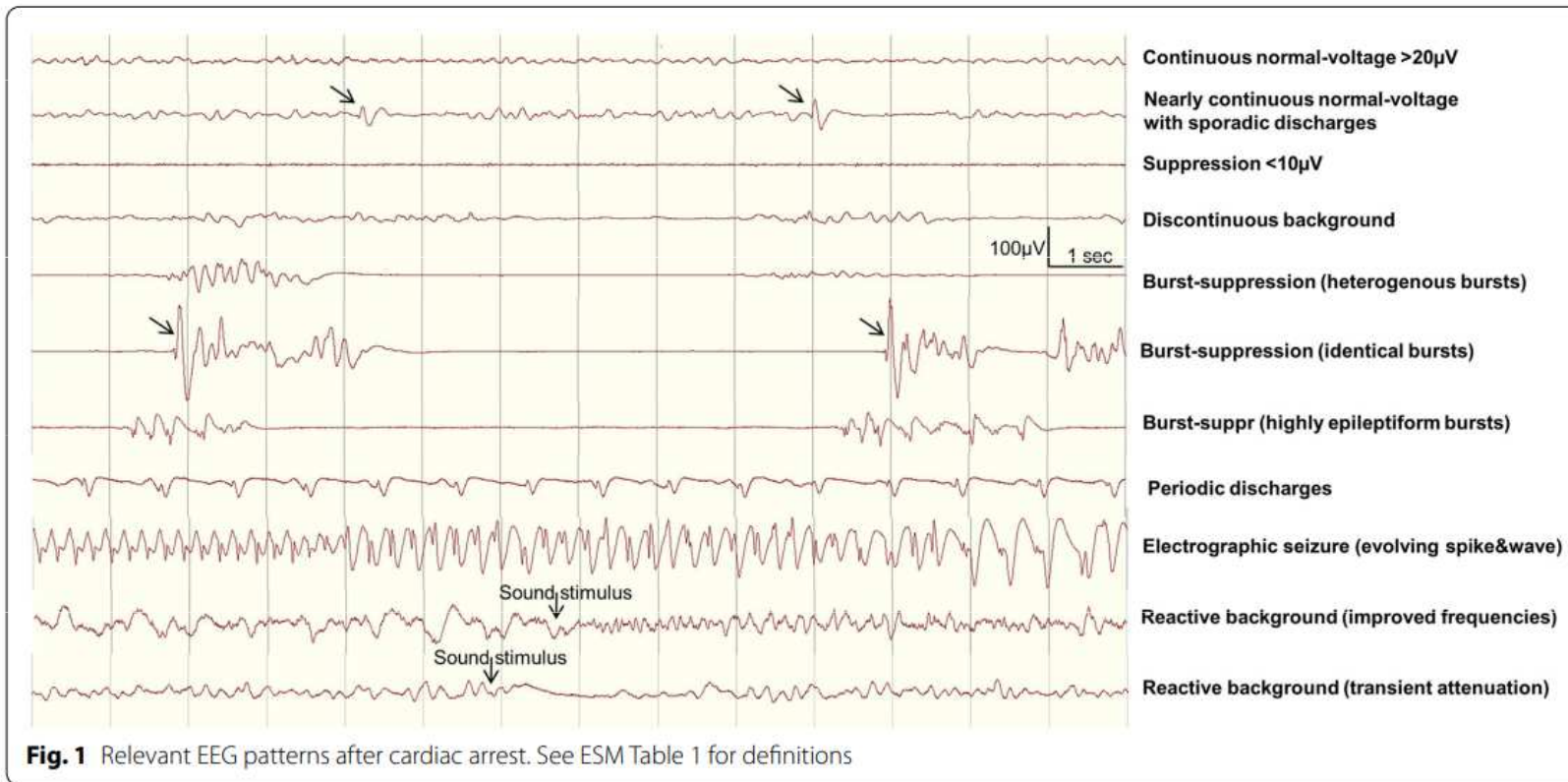
EEG

- Vždy provádí lékař s dostatečnou zkušeností
 - Rozhodující je tzv. „reaktivita pozadí“
 - Nepříznivé známky:
 - areaktivní EEG pozadí
(sledována reakce na akustický, optický a silný algický podnět)
 - epileptiformní aktivita
- Patologické EEG vzorce
- burst – supression
 - background supression



!!! Použití anestetik, hypnotik a sedativ ovlivňuje interpretaci EEG !!!

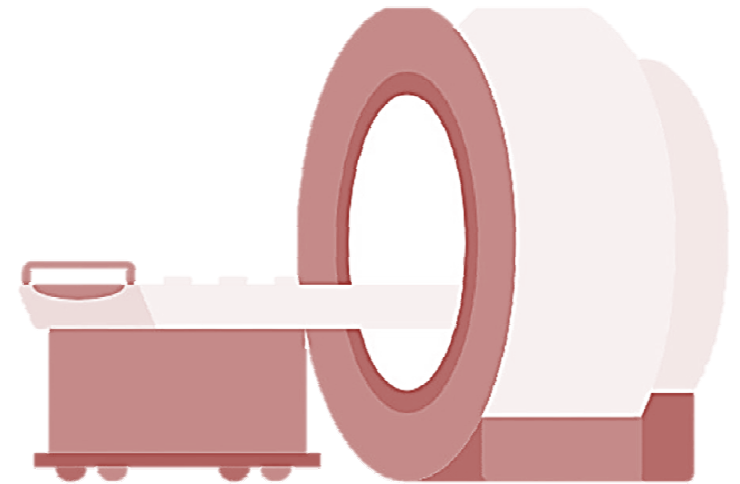
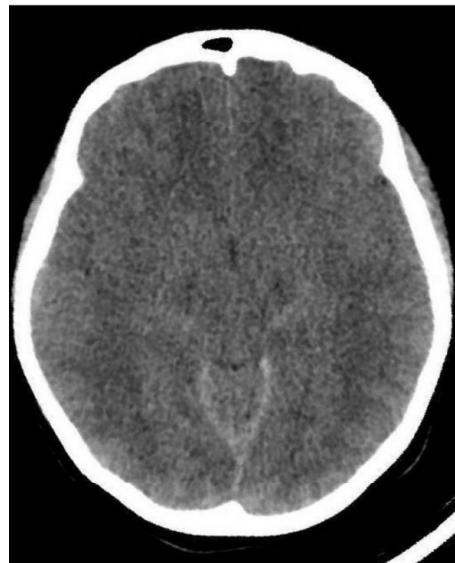




Intensive Care Med (2022) 48:1439–1442

Zobrazovací metody

- CT / MRI mozku
- Generalizovaný edém mozku, redukce poměru šedé a bílé hmoty



Vysazení život zachraňující léčby

- Diskuzi ohledně WLST (withdrawal of life sustaining treatment) a posouzení prognózy neurologického zotavení je vhodné oddělit.
- Do rozhodování o WLST by měly být mimo poškození mozku zahrnuty i další aspekty jako je **věk, průvodní onemocnění, stav orgánových funkcí a přání nebo preference pacienta**.
- Komunikaci o rozhodování o stupni péče je nutné věnovat dostatek času jak v ošetřujícím týmu, tak s blízkými osobami pacienta.



Dlouhodobý klinický výsledek

- Před propuštěním pacienta z nemocnice je nutné provést posouzení rozsahu jeho funkčního poškození pro rozpoznání potřeby rehabilitační péče a její nastavení.
- Je doporučeno zajistit dlouhodobé sledování nemocných v průběhu 3 měsíců po propuštění z nemocnice, které obsahuje:
 - screening kognitivních problémů a dysfunkce
 - screening emočních problémů a únavnosti
 - poskytování informací a podpory přeživšímu pacientovi a jeho rodině nebo osobám blízkým



Dárcovství orgánů

- Všechna rozhodnutí týkající se dárcovství orgánů musí splňovat právní a etické požadavky.
- Darování orgánů by mělo být zvaženo u těch, kteří dosáhli ROSC a kteří splňují neurologická kritéria pro smrt mozku.
- U pacientů ventilovaných v kómatu, kteří nesplňují neurologická kritéria pro smrt, je v případě rozhodnutí o zahájení péče na konci života a ukončení podpory života třeba zvážit darování orgánu při zástavě oběhu.



Hlavní zdroje:

- *ERC guidelines* [online]. 2021. Dostupné z: <https://cprguidelines.eu/>
- MALÁSKA, Jan, Jan STAŠEK, Milan KRATOCHVÍL a Václav ZVONÍČEK. *Intenzivní medicína v praxi*. Praha: Maxdorf, [2020]. Jessenius. ISBN 978-80-7345-675-7.
- ŠEBLOVÁ, Jana a Jiří KNOR. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 2., doplněné a aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0596-0.
- VYMAZAL, Tomáš, Pavel MICHÁLEK a Olga KLEMENTOVÁ. *Anesteziologie (nejen) k atestaci*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-1230-2.
- ČERNÝ, Vladimír, Martin MATĚJOVIČ a Pavel DOSTÁL. *Vybrané doporučené postupy v intenzivní medicíně*. Praha: Maxdorf, c2009. Intenzivní medicína. ISBN 978-80-7345-183-7.
- Další:
 - https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/44232/IPTX_2004_1_11120_0_45092_0_13516.pdf?sequence=1

