

FAKULTNÍ NEMOCNICE BRNO  
A LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
MASARYKOVY UNIVERZITY



**KLINIKA DĚTSKÉ  
ANESTEZILOGIE  
A RESUSCITACE**

# Mimotělní kardiopulmonální resuscitace u dětí. Kde a jak?

Milan Kratochvíl, KDAR MU a FN Brno

**F** FAKULTNÍ  
NEMOCNICE  
BRNO

M U N I  
M E D

- Definice
- Specifika u dětí
- Rozhodování u IHCA
- Rozhodování u OHCA
- Indikace
- Kontraindikace
- Centra a spády v ČR, specifika

# Definice ECPR

- Rychlé nasazení VA ECMO, nebo kardiopulmonálního by-passu (CPB) k zajištění reperfúze s oxygenací a podporou oběhu v případě srdeční zástavy
- ECPR je nasazené v průběhu no-flow, nebo low-flow do 20 minut od obnovy oběhu

# Specifika u dětí

- Etiologie
- Outcome
- Kanylace
- Okruh ECMO

# IHCA

**Table 1. Baseline Characteristics of the Patients before Randomization.\***

Characteristic	Hypothermia Group (N = 166)	Normothermia Group (N = 163)
<b>Demographic characteristics</b>		
Age — yr		
Median	1.4	0.6
Interquartile range	0.3–5.7	0.2–6.3
Age category — no. (%)		
<2 yr	97 (58)	104 (64)
2 to <12 yr	48 (29)	35 (21)
≥12 yr	21 (13)	24 (15)
Male sex — no. (%)	97 (58)	99 (61)
<b>Characteristics of the cardiac arrest</b>		
Initial cardiac rhythm — no. (%)		
Asystole	14 (8)	10 (6)
Bradycardia	95 (57)	94 (58)
Pulseless electrical activity	33 (20)	36 (22)
Ventricular fibrillation or tachycardia	17 (10)	17 (10)
Unknown	7 (4)	6 (4)
Cardiac arrest occurred at a trial hospital — no. (%)	155 (93)	152 (93)
Time from cardiac arrest to CPR in 314 patients — min		
Median	0	0
Interquartile range	0–0	0–0
Duration of CPR in 321 patients — min		
Median	23.0	22.0
Interquartile range	7.0–42.0	7.0–51.0
No. of doses of epinephrine administered in 328 patients		
Median	4.0	5.0
Interquartile range	2.0–9.0	2.0–8.0
ECMO used after cardiac arrest and before randomization — no. (%)	87 (52)	95 (58)
ECMO used at the time of treatment initiation — no. (%)	85 (51)	95 (58)

\* There were no significant differences between the two groups at baseline. Percentages may not total 100 because of rounding. CPR denotes cardiopulmonary resuscitation, and ECMO extracorporeal membrane oxygenation.

# IHCA

## **Kardiální etiologie**

- Pacienti s nízkým srdečním výdejem, s nutností kompresí hrudníku
- Omezená plicní cirkulace a oxygenace při kompresích
- Omezená mozková perfúze

## **Nekardiální etiologie**

- Primární příčina (hypoxémie – asfyxie, respirační selhání)
- Dlouhá doba low-flow ev. hypotenze před no-flow (např. septický šok)

# OHCA

**Table 1. Baseline Characteristics of the Patients before Randomization.\***

Characteristic	Hypothermia Group (N=155)	Normothermia Group (N=140)
<b>Demographic characteristics</b>		
Age — yr		
Median	2.1	1.6
Interquartile range	0.6–10.1	0.4–7.0
Age category — no. (%)		
<2 yr	76 (49)	73 (52)
2 to <12 yr	48 (31)	45 (32)
≥12 yr	31 (20)	22 (16)
Male sex — no. (%)	102 (66)	94 (67)
<b>Medical history — no. (%)</b>		
No preexisting medical condition	81 (52)	71 (51)
Preexisting medical condition		
Lung or airway disease	33 (21)	34 (24)
Neurologic condition	30 (19)	19 (14)
Gastrointestinal disorder	19 (12)	22 (16)
Prenatal condition	15 (10)	22 (16)
Congenital heart disease	14 (9)	21 (15)
Other	34 (22)	37 (26)
<b>Characteristics of the cardiac arrest</b>		
Primary cause of the cardiac arrest — no. (%)		
Respiratory event	111 (72)	102 (73)
Cardiovascular event	14 (9)	18 (13)
Other	11 (7)	4 (3)
Unknown	19 (12)	16 (11)
Bystander witnessed cardiac arrest — no./total no. (%)	58/145 (40)	51/136 (38)
Bystander performed CPR — no./total no. (%)	101/149 (68)	85/134 (63)

**Table 1. (Continued.)**

Characteristic	Hypothermia Group (N=155)	Normothermia Group (N=140)
Initial rhythm noted by EMS or hospital — no. (%)		
Asystole	85 (55)	87 (62)
Bradycardia	9 (6)	10 (7)
Pulseless electrical activity	25 (16)	18 (13)
Ventricular fibrillation or tachycardia	14 (9)	9 (6)
Unknown	22 (14)	16 (11)
Time from cardiac arrest to CPR in 82 patients — min		
Median	3.0	2.0
Interquartile range	0.0–7.0	0.0–8.0
Duration of CPR in 186 patients — min		
Median	23.0	28.0
Interquartile range	15.0–35.0	19.0–45.0
First hospital patient arrived at was the study hospital — no. (%)	45 (29)	43 (31)
Chest compressions still required at time of arrival at first hospital — no./total no. (%)	97/152 (64)	100/137 (73)
No. of doses of epinephrine		
Administered by EMS in 270 patients†		
Median	2.0	1.0
Interquartile range	0.0–3.0	0.0–2.0
Administered at hospital in 289 patients†		
Median	1.0	2.0
Interquartile range	0.0–3.0	0.0–4.0
All doses administered by EMS and at hospital in 265 patients		
Median	3.0	3.0
Interquartile range	2.0–4.5	2.0–5.0

# OHCA

- Hluboká hypotermie při tonutí v ledové vodě, nebo u obětí laviny
- Zahřátí a zajištění perfúze
- Špatný výstup při hypoxické zástavě





Hypothermia Outcome Prediction after ECLS

## Hypothermia Outcome Prediction after Extracorporeal Life Support for Hypothermic Cardiac Arrest Patients. Estimation of the survival probability using HOPE.



HOPE is the result of an international collaborative project initiated and led by the Emergency Department of the University Hospital of Lausanne, Switzerland.

HOPE provides a prediction of the survival probability in hypothermic cardiac arrest patients undergoing Extra-Corporeal Life Support (ECLS) rewarming. The survival probabilities range from 0% to 100% chance of survival to hospital discharge.

A cutoff of 10% to decide which hypothermic patients in cardiac arrest would benefit or not from ECLS rewarming was evaluated in an external validation study. The negative predictive value of a HOPE probability <10% was of 97%, and the AUC under the ROC curve was of 0.825 which suggest excellent discrimination.

HOPE should not be considered a substitute for clinical judgment or assessment. Of note, one is of course free to use a different cut-off than the proposed threshold of 10% for different subgroups of the population (e.g. for children). The proportion of avalanche victims was low in the validation HOPE study (4%). We recommend to use HOPE cautiously in this specific group of patients.

Estimates are desirable if variables are not known (e.g. age, CPR duration and temperature).

Age (in years)	<input type="text"/>
Sex	<input type="radio"/> Male <input type="radio"/> Female
Hypothermia	<input type="radio"/> with asphyxia (head fully covered by water or snow) AND in cardiac arrest at extrication <input type="radio"/> without asphyxia (immersion, outdoor or indoor cold exposure)
CPR duration (min)	<input type="text"/>
Serum Potassium (mmol/L)	<input type="text"/>
Temperature scale	<input checked="" type="radio"/> Celsius <input type="radio"/> Fahrenheit
Temperature	<input type="text"/>
<p>If you are using the HOPE survival probabilities to guide your decision about a real case, we would appreciate if you could give us your email address. We may contact you for additional information, specifically if ECLS was provided, and whether the patient survived or not.</p>	
Validate / submit	<input type="button" value="Submit"/>

By submitting this form, you accept the transmission of the HOPE variables to the legal owner of the website. The data will be stored and processed in Switzerland for statistical purposes in order to administer the website, improve our services and further validate the HOPE performance.

**eExample** Example of HOPE survival probability calculation

Male is coded 1 for male gender and 0 for female gender. Asphyxia-related mechanism is coded 1 in the case of submersion or avalanche burial and 0 in the case of exposure or immersion. A dedicated calculator for HOPE survival probability is available online at [www.hypothermiascore.org](http://www.hypothermiascore.org)

$$\text{score} = 2.44 - 1.55 \times \text{male} - 1.95 \times (\text{asphyxia-related mechanism}) - 0.0191 \times \text{age} - 2.07 \times \log_2 \text{potassium} - 0.573 \times \log_2 (\text{CPR duration}) + 0.937 \times \text{temperature} - 0.0247 \times \text{temperature}^2$$

$$\text{HOPE survival probability} = \frac{\exp(\text{score})}{1 + \exp(\text{score})}$$

A **52** years old male with accidental hypothermia due to exposure to cold, potassium=**4**, CPR duration=**60** minutes, and temperature=**25**°C.

$$\text{score} = 2.44 - 1.55 \times 1 - 1.95 \times (0) - 0.0191 \times 52 - 2.07 \times \log_2 (4) - 0.573 \times \log_2 (60) + 0.937 \times 25 - 0.0247 \times 25^2 = 0.36$$
$$\text{HOPE survival probability} = \frac{\exp(0.36)}{1 + \exp(0.36)} = 59\%$$

With a potassium=3.5 mmol/L instead of 4 mmol/L i, this male patient would have a HOPE survival probability of 68%.

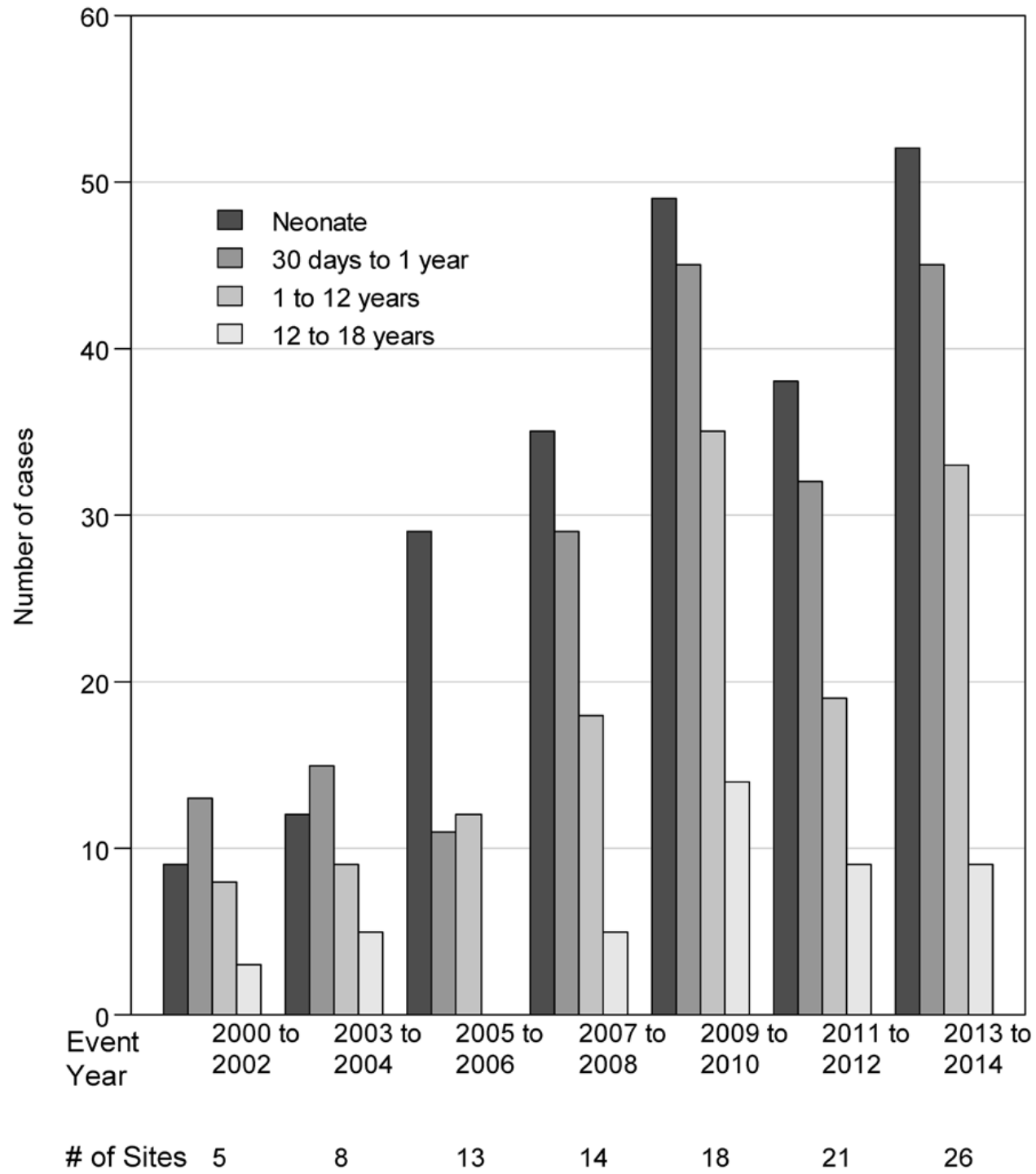
With a potassium=6 mmol/L instead of 4 mmol/L i, this male patient would have a HOPE survival probability of 30%.

**TABLE 1.** CHARACTERISTICS OF THE PATIENTS AT REWARMING AND FOLLOW-UP.\*

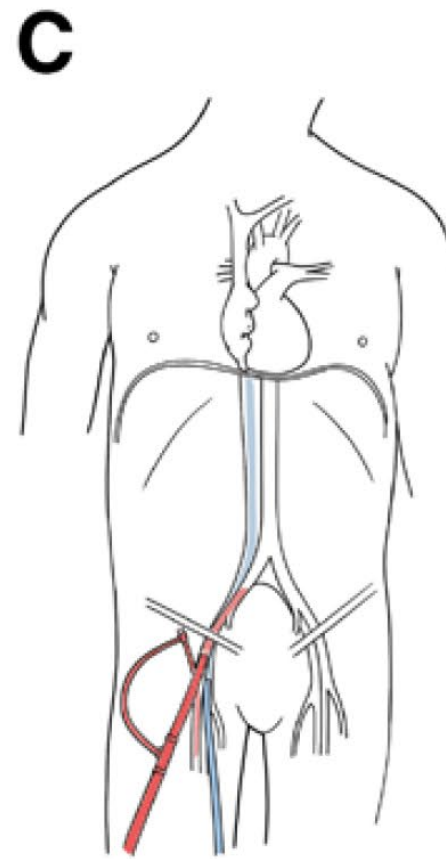
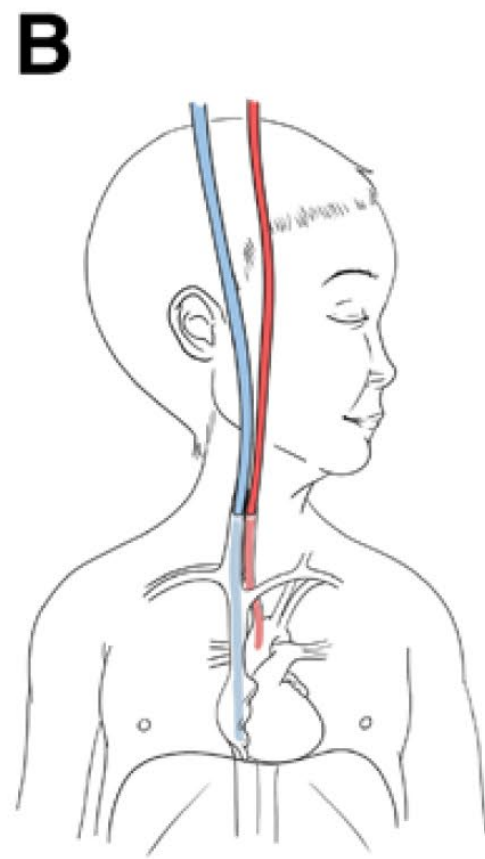
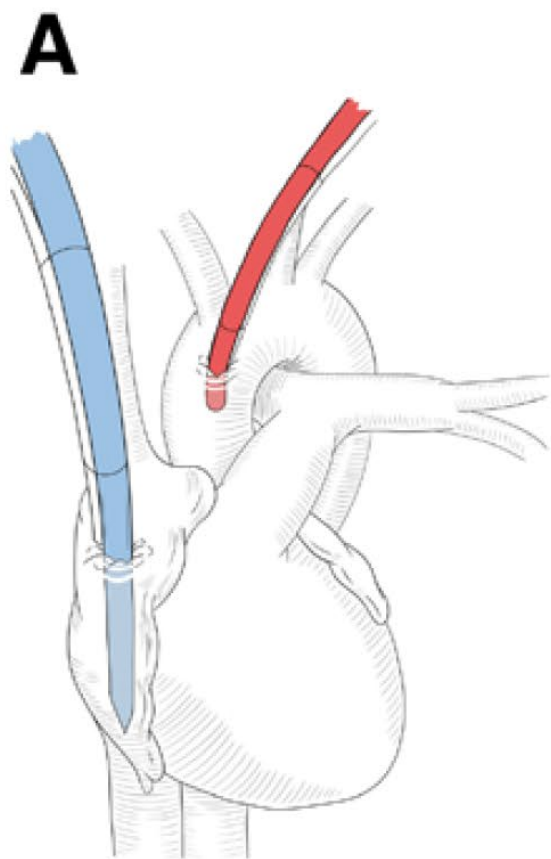
PATIENT NO.	SEX/AGE (YR)	CAUSE OF HYPOTHERMIA	ADDITIONAL INJURIES	CORE TEMPERATURE BEFORE REWARMING (°C)	NEUROLOGIC FINDINGS†		
					CNS	PNS	OVERALL
1	F/24	Fall into crevasse and ice water	Injury of left brachial plexus during rescue	24.0 (E)	Normal	Mild lesion of left-arm plexus with extension deficit of fingers due to injury during rescue	Borderline
2	F/25	Exposure while hiking	—	24.4 (E)	Normal	Normal	Normal
3	F/43	Avalanche	Shoulder fracture	19.6 (R)	Normal	Normal	Normal
4	F/31	Exposure after suicide attempt‡	—	25.0 (R)	Normal	Normal	Normal
5	M/42	Fall into crevasse and ice water	Femur fracture	20.0 (E)	Normal	Normal	Normal
6	M/9	Fall into crevasse and ice water	—	21.0 (E)	Mild abnormalities of coordination and fine finger movements	Normal	Borderline
7	M/25	Fall into crevasse	Frostbite	17.5 (E)	Mild abnormality of coordination of left hand, mild ataxia during tandem walking	Normal	Borderline
8	F/22	Exposure after suicide attempt‡	—	22.0 (E)	Normal	Normal	Normal
9	M/28	Fall into crevasse	—	22.1 (E)	Dysesthesia of left foot, reflex asymmetry, no motor impairment	Normal	Borderline
10	M/13	Exposure after attempted murder	Brain injury, bilateral anterior tibial compartment syndromes	24.0 (R)	Borderline (mild athetosis)	Bilateral foot drop and step-page gait after anterior tibial compartment syndromes	Pathologic
11	M/17	Exposure after suicide attempt‡	Rib fractures	20.0 (R)	Normal	Normal	Normal
12	M/13	Fall into crevasse	Injury of left brachial plexus during rescue	17.1 (E)	Normal	Mild lesion of left-arm plexus with extension deficit of fingers due to injury during rescue	Borderline
13	F/26	Exposure after suicide attempt‡	—	23.0 (R)	Normal	Normal	Normal
14	M/25	Prolonged immersion in cold water after boating accident	—	24.5 (R)	Preexisting hemicord syndrome on the right (no worsening after hypothermia)	Normal	Pathologic
15	F/35	Exposure after suicide attempt‡	—	23.5 (R)	Normal	Normal	Normal

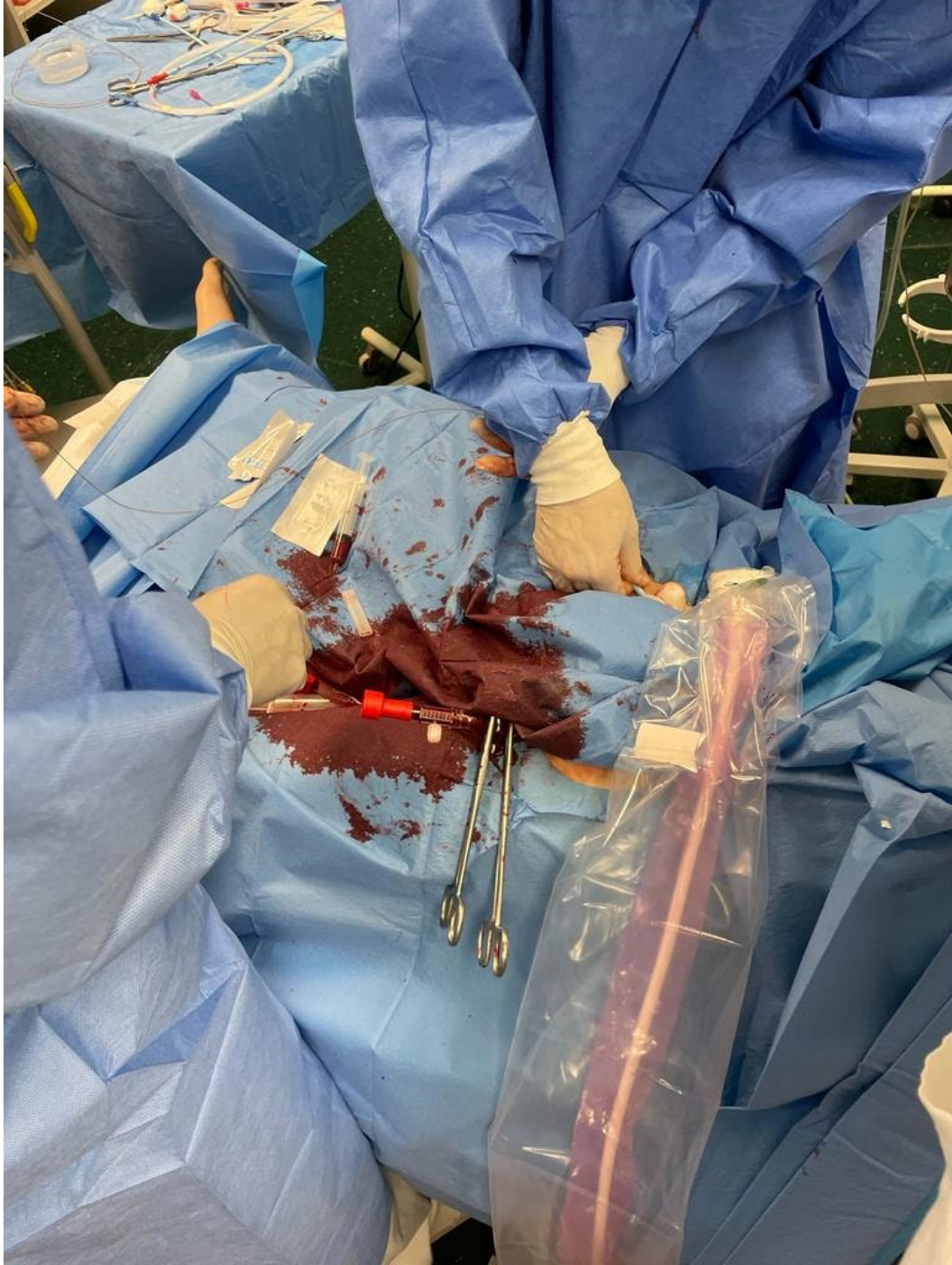
# Outcome

593 children  
overall survival 41%  
(range, 37–44%,  $p$  value for trend, 0.808)



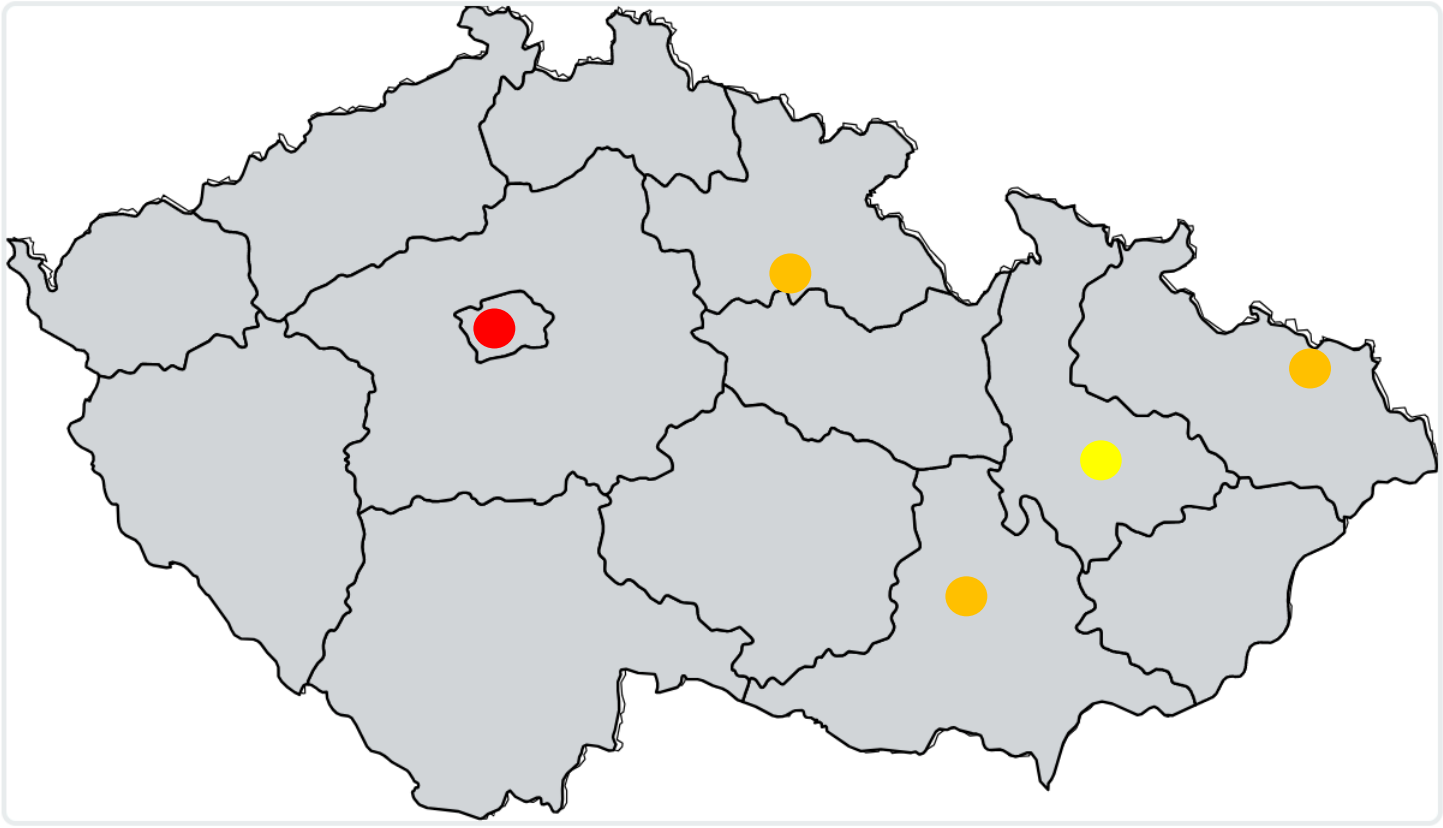
# Kanylace



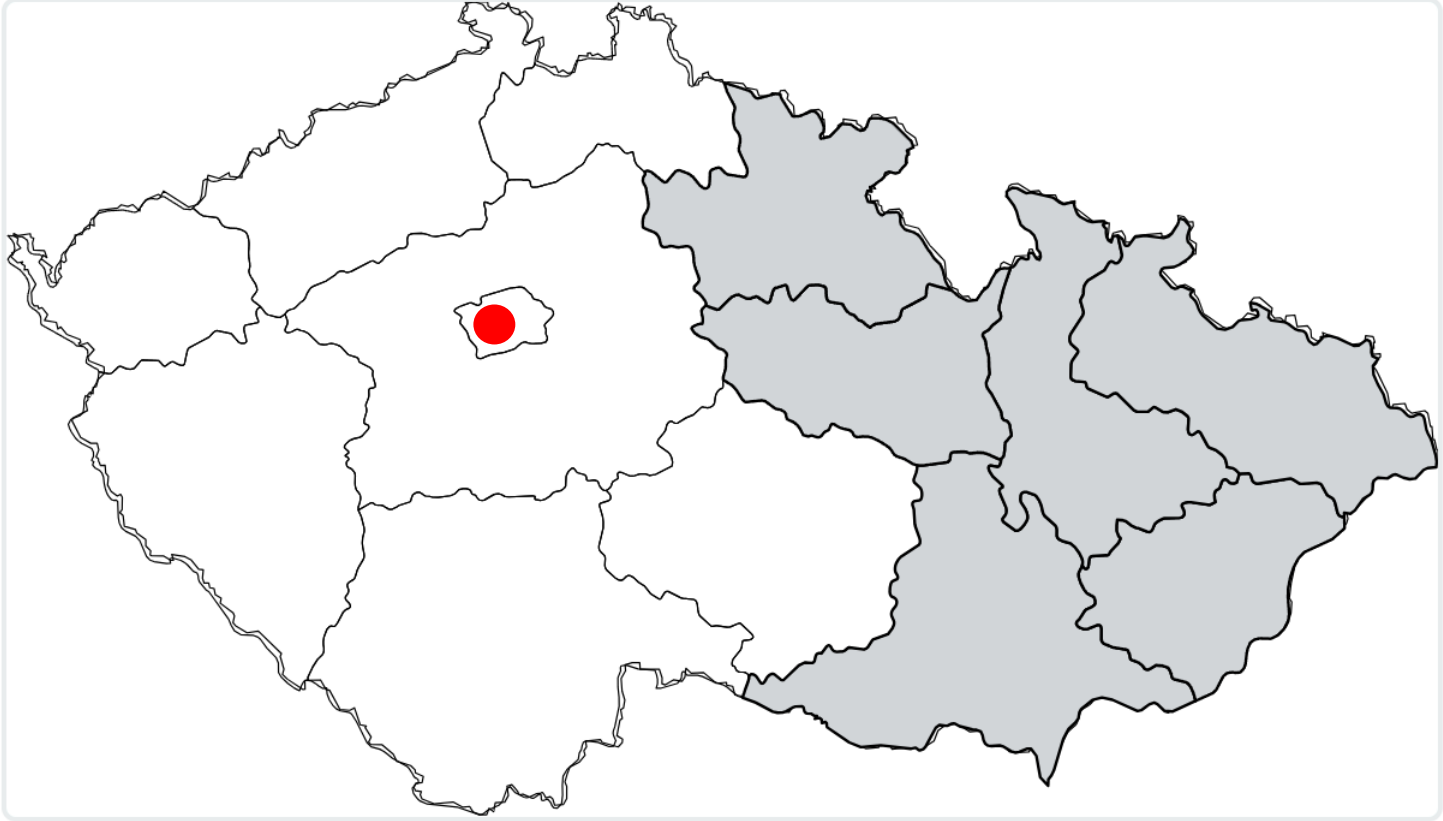


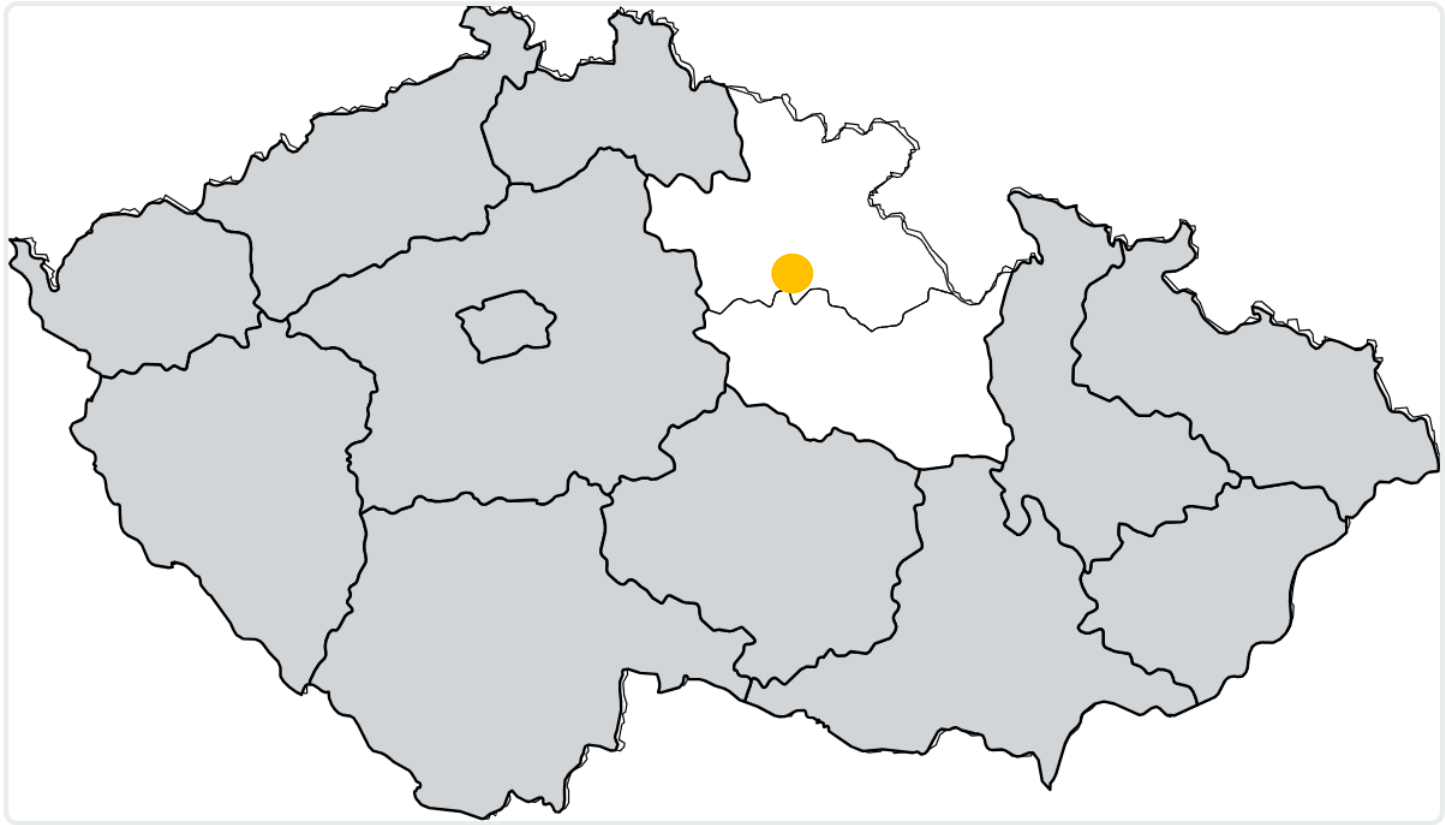
# Dotazník

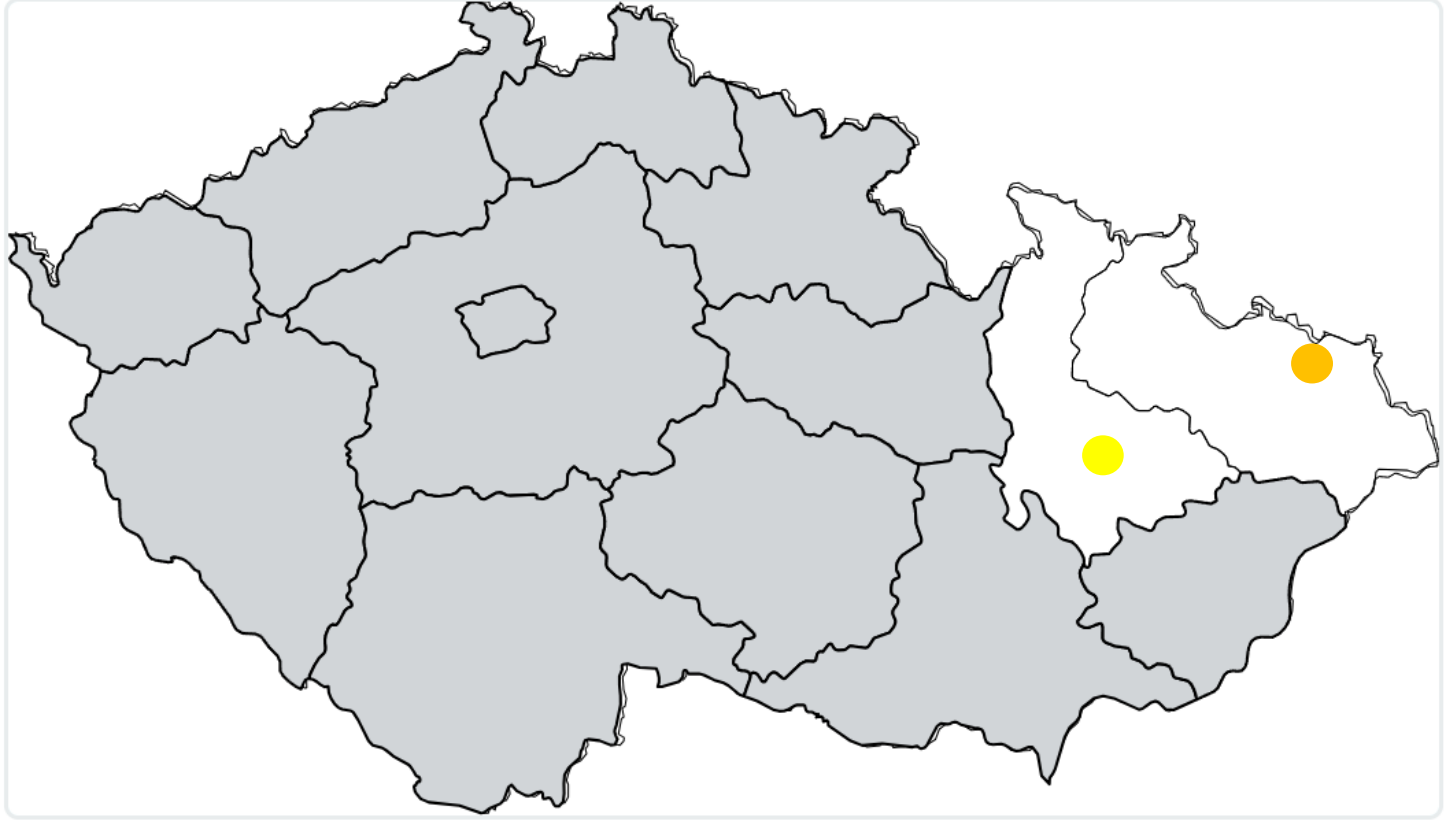
- Zajišťuje Vaše pracoviště ECPR u dětí?
- U jakých věkových/váhových kategoriích zajišťujete ECPR?
- Jaké máte v rámci protokolu ECPR indikace/kontraindikace pro ECPR?
- Jaké je časové okno pro zahájení ECPR od rozvoje srdeční zástavy?
- Jak máte nastavenou spolupráci se složkami přednemocniční péče?
- Je na Vašem pracovišti přítomen ECMO tým 24/7? Máte příslužby pro ECMO/ECPR?
- Kdo zajišťuje ECPR na Vašem pracovišti (oddělení resuscitační péče, kardiochirurgie...)
- Je možné poskytnout ke zveřejnění Váš protokol/postup pro ECPR u dětí?

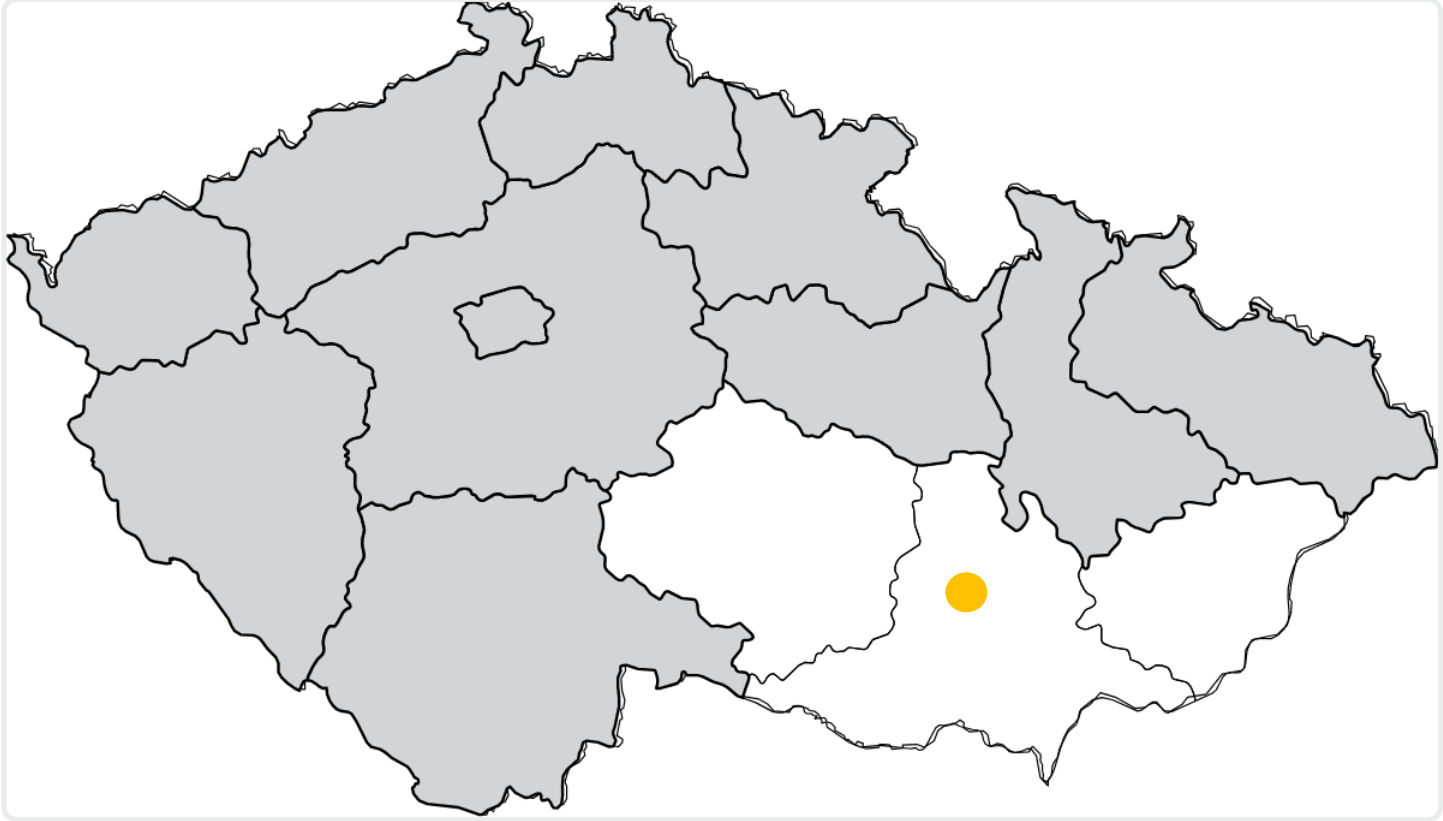












	ECPR u dětí	kdo nabízí	věk/váha dítěte	kontakt	indikace	kontraindikace	časové okno	spolupráce se ZZS	spád	24/7	protokol
FN Olomouc	ano	ECMO v rámci Kardiocentra	neohraničena	585 855 858	ne	ne				ne	ne
FN Hradec Králové	ano	lékař katetrizační laboratoře kardiocentra	20 kg/ 5 let	606 805 169	ne	ne	60 minut	společný postup formou protokolu	Královehradecký kraj, Pardubický kraj	ano - příslužba cathlab	ano
FN v Motole											
VFN Praha	ano	Jednotka intenzivní a resuscitační péče Klinika pediatrie a dědičných metabolických poruch VFN a 1.LF UK	všechny	224 911 453, 224 967 780, 224 967 779	srdeční zástava	jasné známky smrti	není	system časného avíza	Praha, Středočeský,	ano	ne
FN Ostrava	ano	KARIM, Kardiochirurgické centrum, Kardiiovaskulární oddělení Interní a kardiologické kliniky	>15 kg	703 433 383	ano	ano	není - viz indikace	ano, velmi těsná spolupráce, protokol je ve všech výjezdových skupinách, pravidelná školení	Moravskoslezský	ano	ano
FN Brno	ano	KDAR	>10 kg	77807529 6	ano	ano	30 minut	ano, společný protokol	JMK, Zlínský kraj, část kraje Vysočina		ano

# Indikace

- Pacienti s nedostatečným tepovým objemem s nutností kompresí hrudníku
- Pacienti s nedostatečným tepovým objemem s nedostatečnou odpovědí na standardní inotropní podporu
- Omezený průtok plicním řečištěm a oxygenace při kompresích hrudníku
- Plus omezený průtok mozem
- Při mimonemocniční srdeční zástavě například pacienti se zástavou na podkladě hypotermie, nebo pacienti s chronickým srdečním selháním (zejména na transplantačním waiting-listu), intoxikace (betablokátory, digoxin, Ca-blokátory), atd.
- Arytmická bouře

# Indikace FN HK

- I. Iniciální defibrilovatelný rytmus (prvním monitorovaným rytmem fibrilace komor nebo bezpulzová komorová tachykardie anebo stav po defibrilačním výboji z AED)
- II. Intoxikace (např. betablokátory, kalciovými blokátory, tiséem) s iniciálně defibrilovatelným i nedefibrilovatelným rytmem
- III. Velmi suspektní plicní embolie po podání systémové trombolýzy (CAVE: iniciální asystolie je absolutní kontraindikací pro přednemocniční trombolýzu a transport nemocného za kontinuální KPR do nemocnice!)

# Indikace/kontraindikace FN HK

- a. Spatřená zástava oběhu (svědci slyšeli nebo viděli kolaps) anebo zástava oběhu vzniklá v přítomnosti výjezdové skupiny zdravotnické záchranné služby
- b. Zástava oběhu refrakterní ke standardním resuscitačním postupům, např. k úvodním defibrilačním výbojům
- c. Věk nemocného  $\leq 70$  let
- d. Dobrý celkový stav pacienta s reálnou šancí na návrat ke kvalitnímu životu
- e. Resuscitace (včetně základní) zahájena do 5 minut od kolapsu (tzv. no flow time  $\leq 5$  min)
- f. Rozhodnutí o transportu za kontinuální resuscitace provedeno v časně fázi resuscitace, optimálně do 10 minut od zahájení rozšířené resuscitace (např. po třetím defibrilačním výboji) nebo se jedná o nemocného s nesetrvavým ROSC (např. krátkodobými epizodami spontánního oběhu s následnou refibrilací komor)
- g. ECMO tým aktivován včas z místa zásahu a nejpozději během transportu předány cílovému pracovišti všechny relevantní informace nezbytné pro rozhodnutí o případném zahájení ECPR formou nahrávaného konferenčního hovoru.
- h. Během transportu do nemocnice prováděna vysoce kvalitní srdeční masáž pomocí mechanického resuscitačního přístroje (např. LUCAS) a pokračováno v dalších postupech rozšířené resuscitace podle platných doporučení, včetně defibrilačních výbojů a farmakoterapie (ROSC může nastat během transportu).
- i. Maximální čas dojezdu  $\leq 60$  minut od výzvy do předání nemocného ECMO týmu v místě provádění kanylace (nikoliv do příjezdu do nemocnice).
- j. Hodnota EtCO<sub>2</sub>  $> 10$  mmHg před zahájením kanylace.



# Kontraindikace

- Všechny kontraindikace se konzultují s lékařem ECMO
  - Srdeční zástava, nebo oběhové selhání jiné než kardiogenní/hypotermní etiologie.
  - Závažná aortální regurgitace
  - Závažné poškození CNS
  - Kontraindikace k dlouhodobé antikoagulaci
  - Potřeba kardiochirurgického výkonu – primárně referovat na CKTCH (konzultovat s CKTCH)
- Relativní kontraindikace:
  - Jako důvod nenasazení ECPR je potřeba zvažovat zejména faktory rozhodující o špatném (zejména dlouhodobém, nebo neurologickém) výsledku léčby:
  - Etiologie – zejména hypoxická srdeční zástava, v závislosti na délce trvání hypoxie
  - Dlouhý interval od dokumentované srdeční zástavy do ROSC (interval od CA do transportu >30 min)
  - No-flow time >5 minut-10 minut
  - Stav primárně neindikované ke KPR (terminální stadia nemoci atd)

### NA MÍSTĚ:

ZHODNOTIT STAV PACIENTA A ANAMNESTICKÉ ÚDAJE

#### ZVÁŽENÍ ECMO PODPORY

**SPATŘENÝ KOLAPS**  
PŘEDPOKLÁDANÁ KARDIÁLNÍ PŘÍČINA

**TANR**  
PROVÁDĚNÁ PŘED PŘÍJEZDEM ZZS

**ZÁSTAVA OBĚHU** nebo  
**RIZIKO ZÁSTAVY OBĚHU** + **HYPOTERMIE**

**PODEZŘENÍ NA INTOXIKACI**  
(BETABLOKÁTORY apod.)

#### VYLOUČENÍ ECMO PODPORY

**VĚK** > 70 LET

**MALÉ DĚTI** S HMOTNOSTÍ < 15 KG

**TERMINÁLNÍ STAV**  
MALIGNÍHO ONEMOCNĚNÍ

**TERMINÁLNÍ STAV**  
ZÁVAŽNÉHO CHRONICKÉHO ONEMOCNĚNÍ

### NA MÍSTĚ:

ADVANCED LIFE SUPPORT  
SYMPTOMATICKÁ TERAPIE

UPŘEDNOSTNĚNÍ MECHANICKÉ SRDEČNÍ MASÁŽE (LUCAS)

### ZVÁŽENÍ ECMO

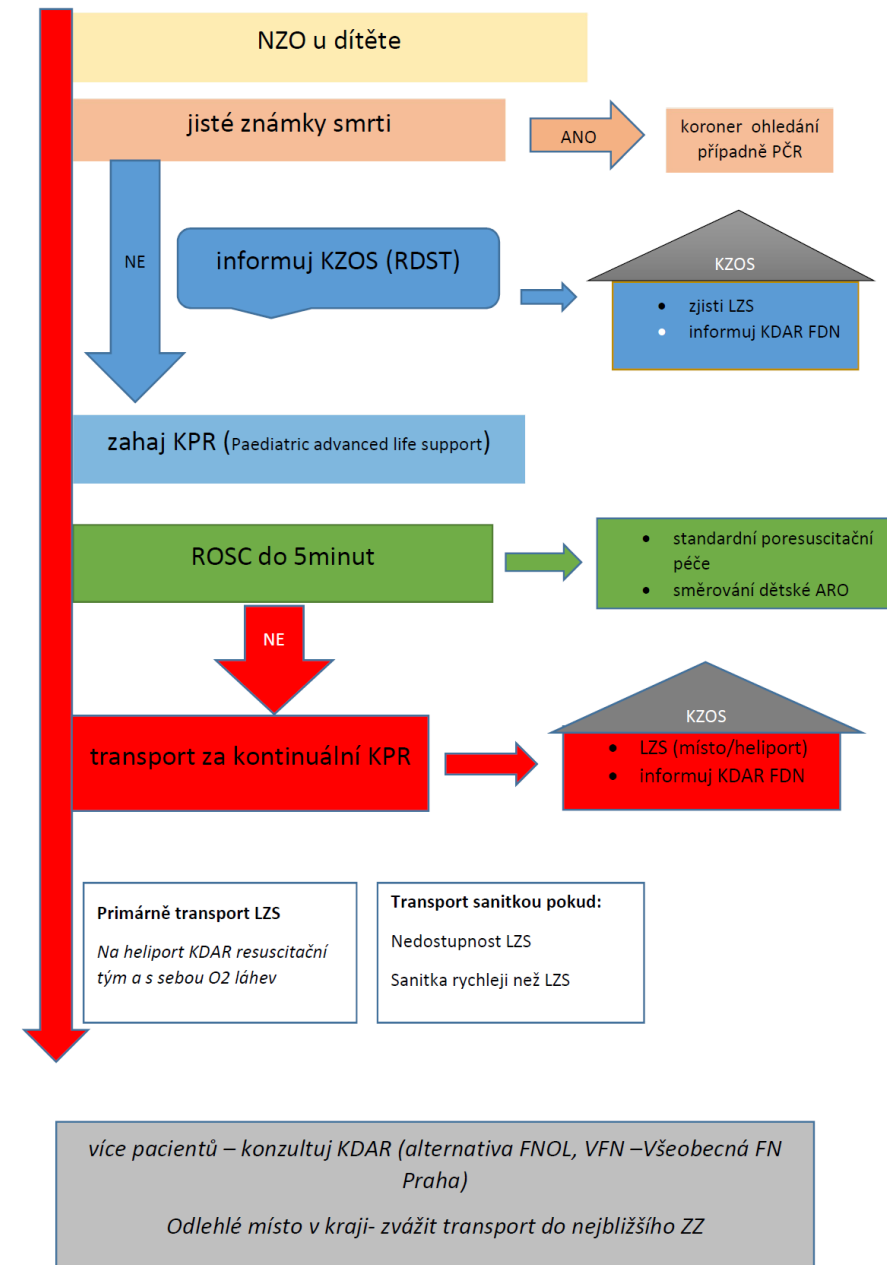
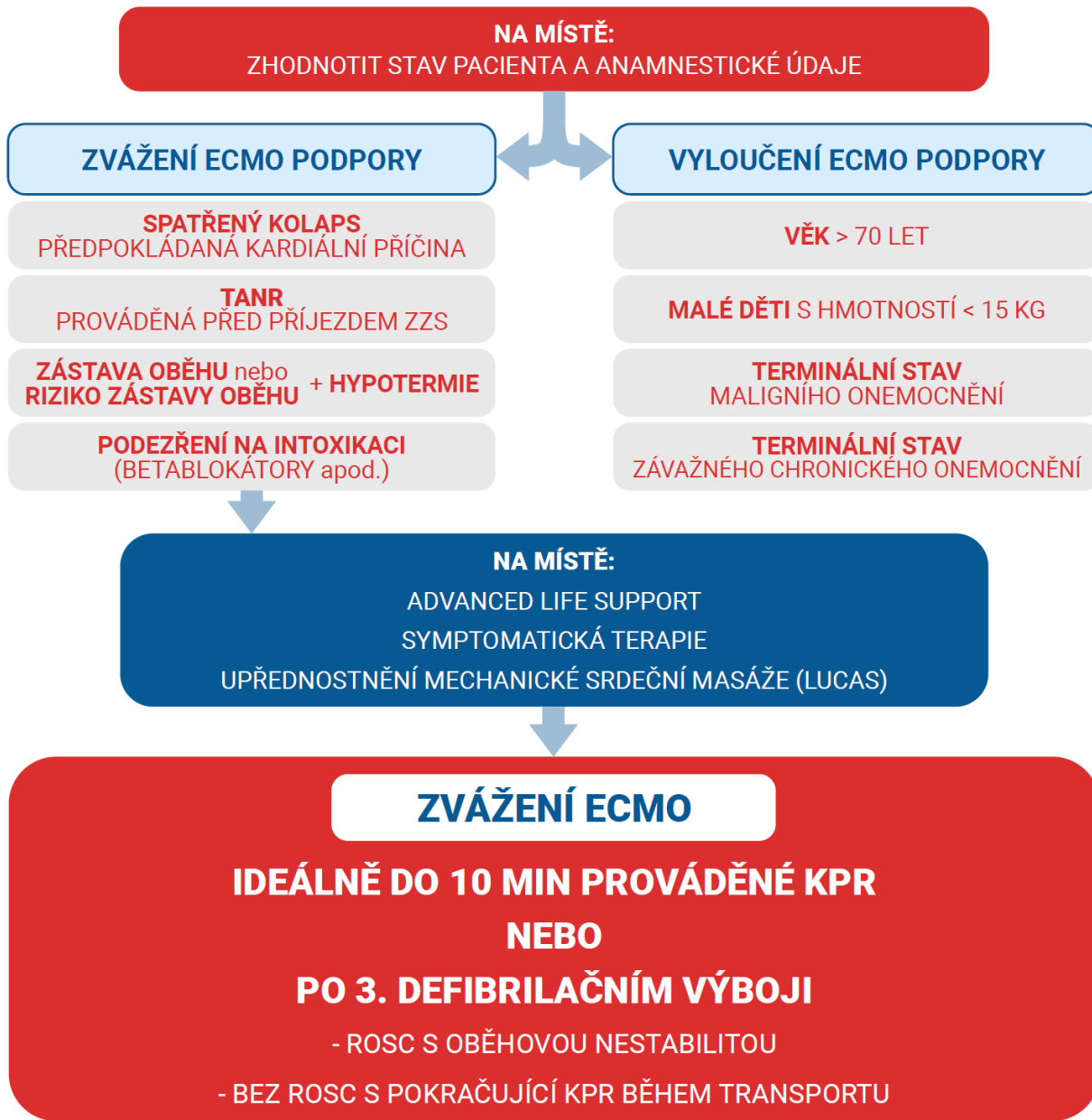
**IDEÁLNĚ DO 10 MIN PROVÁDĚNÉ KPR**

**NEBO**

**PO 3. DEFIBRILAČNÍM VÝBOJI**

- ROSC S OBĚHOVOU NESTABILITOU

- BEZ ROSC S POKRAČUJÍCÍ KPR BĚHEM TRANSPORTU



# Závěr

- Neznámá incidence
- Neznámé outcome
- Indikace u OHCA v podstatě zejména hypotermická CA/kardiogenní šok
- Děti <10 kg Jednotka intenzivní a resuscitační péče Klinika pediatrie a dědičných metabolických poruch VFN a 1.LF UK
- Spolupráce se ZZS standard

**Děkuji za pozornost**