

Perioperačný teplotný manažment u detí a riziká hypotermie

Jozef Köppl
DKAIM DFNsP Bratislava

VII. konferencie Akutně.cz, Brno 2015

Regulácia telesnej teploty

- Človek je homeotermný organizmus
- V bežných teplotných podmienkach si udržiava konštantnú teplotu telesného jadra nezávisle od teploty okolia → $37,0 \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- 3 kompartmentový termodynamický model
 - **jadro** - dobre prekrvené orgány (mozog, srdce, pľúca, pečeň, obličky, etc.)
 - **periféria** - muskuloskeletálny systém
 - **koža**

Regulácia telesnej teploty

- Hoci centrálna teplota, podlieha cirkadiálnemu rytmu, je tesne regulovaná sofistikovaným a efektívnym systémom vyváženosti medzi produkciou a stratami
- Rovnováha môže byť narušená externými faktormi – extrémne zmeny okolitej teploty a hlavne nedostatočná ochrana tela pred týmito zmenami (oblečenie, tieň, etc.)
- Anestézia a operačný výkon narúša normálnu termoreguláciu - tkanivová dysfunkcia

Regulácia telesnej teploty

- **Hypotermia**

- pokles teploty telesného jadra pod 36,1 °C
- **mierna** 33,9 – 36,0 °C
- **stredná** 32,2 – 33,8 °C
- **ťažká** < 32,2 °C

- Komplikácia CA u detí všetkých vekových skupín
– konsekvencia s anestéziou a operačným výkonom

- dôsledné a správne perioperačné monitorovanie
- zabrániť stratám a závažným výkyvom v TT

Monitorovanie teploty

- Súčasť minimálneho monitorovacieho štandardu (guidelines ASA, metodický pokyn SSAIM)
- Teplotné čidlá → termistory, termokuplety
- Variabilita v závislosti od miesta merania - presnosť a aktuálna správnosť
- **Centrálna teplota** teplota telesného jadra
 - ušný bubienok
 - nazofaryng
 - pľúcna artéria
 - distálna časť ezofágu
 - rektum
 - močový mechúr

Monitorovanie teploty

- **Ideálne miesto** - teplota telesného jadra, minimálna alebo žiadna invazivita (komplikácie), operačný výkon, pacient
- **Ušný bubienok** - tympanická teplota
 - ideálne miesto merania teploty telesného jadra
 - vyžaduje priamy kontakt s bubienkom
 - **limitácie** - novorodenci a malé deti, včasná perióda po kardiochirurgickom výkone
 - **riziká** - perforácia bubienka
 - **klinická využiteľnosť** - malá

Monitorovanie teploty

- **Nosohltan**

- dobrá korelácia s teplotou hypotalamu a jadra
- nazofaryng v blízkosti mäkkého podnebia
- **limitácie** - únik okolo nebalónikovej ETK, adenoidy, anestézia tvárovou maskou
- **riziká** - krvácanie z nosa
- **klinická využiteľnosť** - výborná

- **Artéria pulmonalis** - pľúcnicový katéter

- výborná korelácia, limitované použitie
- **alternatívy** - CVK alebo arteriálny katéter v a. femoralis event. a. axilaris

Monitorovanie teploty

- **Pažerák** - ezofageálna teplota
 - dobrá korelácia s teplotou telesného jadra
 - distálna tretina ezofágu
 - **limitácie** - teplota inhalovaných plynov pri vysokom prietoku u novorodencov a malých detí
→ správna poloha sondy
 - **riziká** - poranenie ezofágu
 - **klinická využiteľnosť** - výborná, veľmi častá

Monitorovanie teploty

- **Rektum** – rektálna teplota
 - dobrá korelácia s teplotou telesného jadra
 - **limitácie** - stolica, venózný návrat z DK, rozsiahle brušné operácie, výplachy DB a MM
 - **riziká** - minimálne
 - **klinická využiteľnosť** - výborná, najčastejšia
- **Močový mechúr**
 - najlepšia korelácia s teplotou jadra porovnateľná s PA
 - **limitácie** - diuréza
 - **riziká** - minimálne
 - **klinická využiteľnosť** - výborná

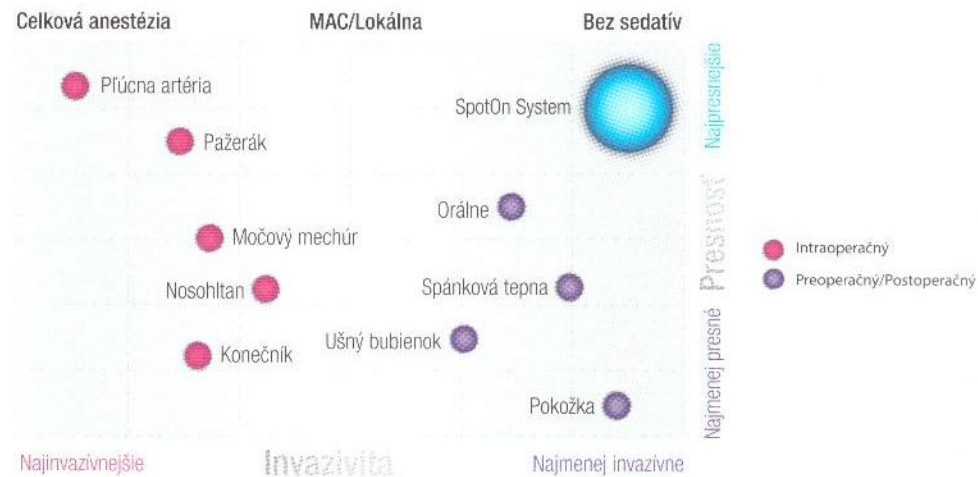
Monitorovanie teploty

- **Podpazušie** – axilárna teplota
 - nedostatočná korelácia s teplotou jadra
 - vysoká chybovosť merania
 - **limitácie** - častá dislokácia čidla, nízka teplota okolia, vysoký prietok nezahriatych i.v. tekutín, zariadenia na vyhrievanie pacienta
 - **riziká** - minimálne
 - **klinická využiteľnosť** - nízka, často používaná
- **Koža** - kožná teplota
 - najmenej koreluje s teplotou jadra, veľká variabilita v závislosti od miesta merania → neodporúča sa

Monitorovanie teploty

- **Transkraniálne** – systém SpotOn™
 - snímač umiestnený na čele pacienta
 - neinvazívny a presný systém monitorovania porovnateľný s invazívnymi metodikami – PA, ezofagus, močový mechúr, rectum
 - využiteľný v každej perioperačnej fáze
 - **limitácie** - žiadne
 - **riziká** - žiadne
 - **klinická využiteľnosť** - vysoká, optimalizácia ohrievacích modalít

Monitorovanie teploty



Fyziológia regulácie teploty

- Organizmus lepšie toleruje chlad ako teplo → štúdie dokumentujú prežitie hypotermie 13,7 °C versus úmrtia pri hypertermii 40,5 - 43 °C
- Termoregulačné centrum - **hypotalamus**
- **Aferentné stimuly**
 - tepelné a chladové receptory v tkanivách → 10 : 1
 - špecializované nervové vlákna, spinotalamický trakt
 - A-delta → chlad, C-delta → teplo
 - rýchlosť vzruchu → intenzita teploty
 - frekvencia vzruchu → rýchlosť zmeny teploty

Fyziológia regulácie teploty

- **Centrálna regulácia**

- **aferentné stimuly** - preoptická area hypotalamu
- **eferentácia** generácie tepla a zníženia strát - posteriórna časť hypotalamu
- behaviorálnym trigrom je kožná teplota, hoci sa na autonómnej termoregulačnej odpovedi podieľa len 20 %
- tieto zmeny sú najdôležitejším a nejefektívnejším regulačným faktorom, účinnejším ako všetky ostatné kombinácie autonómnej odpovede

Novorodenci a dojčatá

- V porovnaní s objemom tela veľký telesný povrch, pričom až 20 % tvorí hlava
- Evaporizácia je vyššia vzhľadom na nízky obsah keratínu v koži
- Obmedzené možnosti a vysoká energetická náročnosť termogenézy
- Možnosti a funkčný rozsah je limitovaný a ľahko ovplyvniteľný faktormi prostredia (0 °C vs 22 °C)
- Vysoká predispozícia k hypotermii resp. prehriatiu

Novorodenci a dojčatá

- **Termoneutralita** – teplota okolia, pri ktorej je potreba O_2 minimálna, regulácia sa dosahuje iba telesnými procesmi bez potenia; kožné a-v spojky sú otvorené s maximálnym prietokom
 - nahý dospelý ~ 28° → nahý novorodenec ~ 32°C
→ nahý prenatúrnik ~ 34°C
- Udržanie teploty jadra v chladnom prostredí vedie k zvyšovaniu spotreby O_2 a rozvoju MAC
- Počas prvého dňa života sa ustáli vazokonstrikcia a vazodilatácia ako faktor termoregulácie

Mechanizmy tepelných strát

- Dvojfázový proces
 - redistribúcia tepla z telesného jadra k periférii a koži
 - prenos tepla z povrchu tela do okolia
- Termoneutrálne prostredie a novorodenec
 - 39 % radiácia (4)
 - 34 % konvekcia (3)
 - 24 % evaporizácia (2)
 - 3 % kondukcia (1)

Mechanizmy tepelných strát

- **Radiácia**

- prenos energie medzi objektami, ktoré nie sú v priamom kontakte
- infračervené žiarenie z teplejšieho na chladnejší objekt
- vzhľadom na veľkosť povrchu tela k objemu, hlavný faktor tepelných strát u novorodencov a dojčiat

- **Konvekcia**

- prenos energie medzi pohybujúcimi sa molekulami tekutiny alebo plynu
- rýchlejšie (teplejšie) molekuly odovzávajú energiu chladnejším (pomalším)

Mechanizmy tepelných strát

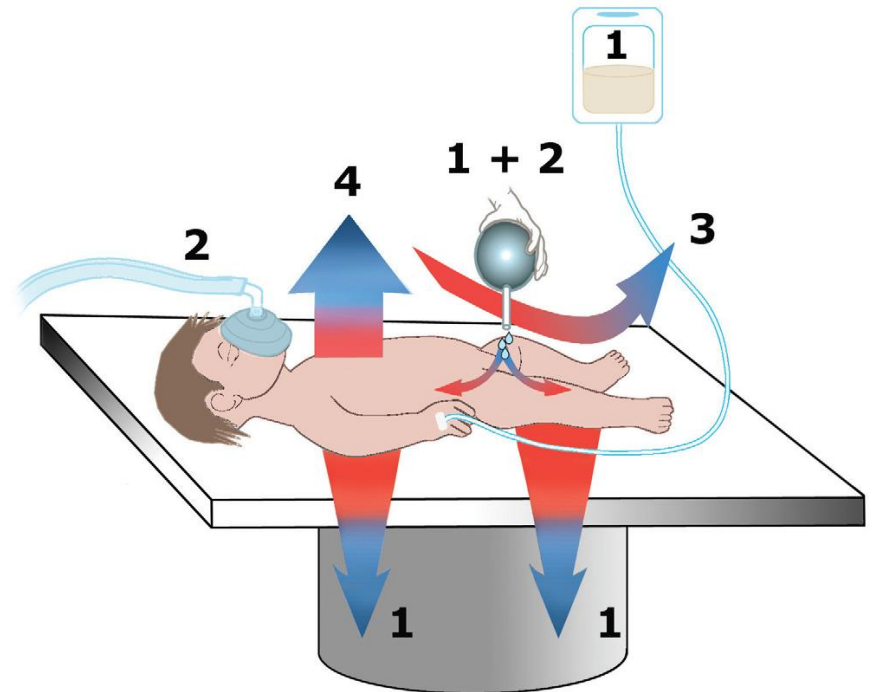
- **Evaporizácia**

- odparovanie vody z povrchu tela - kože a slizníc
- potenie, insenzibilné straty (koža, respiračný trakt, operačná rana), roztoky aplikované na kožu (alkohol)
- vplyv - relatívna vlhkosť a rýchlosť prúdenia vzduchu, minútová ventilácia
- ventilácia suchým a chladným plynom zvýši straty tepla u detí o 33 %
- ak je teplota prostredia \geq teplote tela \rightarrow jediná možnosť odovzdania metabolického tepla okoliu

Mechanizmy tepelných strát

- **Kondukcia**

- prenos energie medzi objektami, ktoré sú v priamom kontakte
- zakrytie a podloženie dojčat'a vhodnou látkou zníži straty o 29 %



Mechanizmy tvorby tepla

- **Pasívny proces zohrievania**
 - prenos tepla z okolia na povrch tela
 - kondukcia, radiácia a konvekcia
- **Aktívny proces zohrievania**
 - netrasová termogenéza
 - necielená svalová aktivita → tras
 - cielená svalová aktivita → počas anestézie chýba
 - dietetická termogenéza → zatiaľ neobjasnená

Mechanizmy tvorby tepla

- **Netrasová termogenéza**

- zvýšená produkcia metabolického tepla; nie je spojená so svalovou aktivitou
- hnedý tuk v depách, kostrových svaloch, mozgu a obličkách - **metabolicky vysoko aktívny**
- diferenciácia hnedého tuku 26 - 30 GT
- medzi lopatkami, v axilách, mediastíne, perirenálne
- jeho aktivácia zvýši CO o 25 %
- rýchlo redukovaná použitím anestetík
- klinicky významná je od pár hodín po narodení do 2 rokov veku

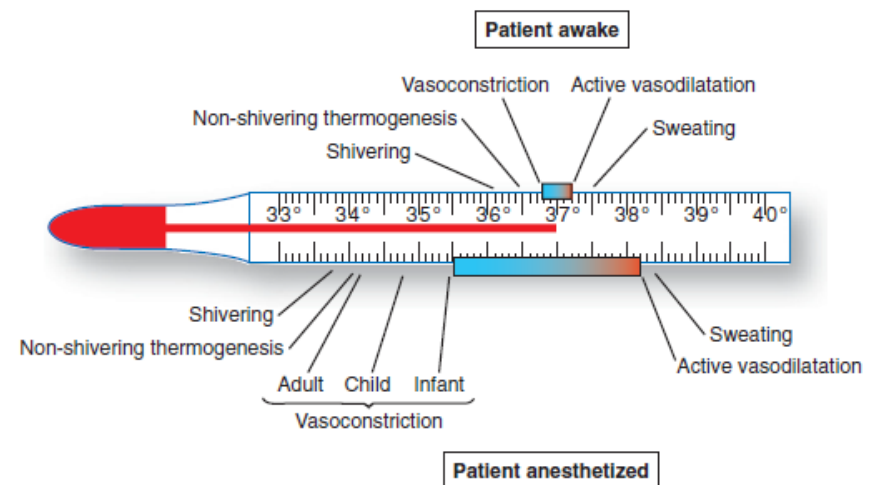
Mechanizmy tvorby tepla

• Necielená trasová termogenéza

- aktivovaná až po predchádzajúcich mechanizmoch - behaviorálna odpoveď, netrasová termogenéza, maximálna vazokonstrikcia
- necielený a neovládateľný svalový tras
- nepokladá sa za zdroj tepla u novorodencov a dojčiat, vzhľadom na limitovanú a nezrelú svalovú hmotu
- výrazne náročný na dodávku O_2 so zvýšením produkcie CO_2 (400 - 600 %)
- limitované sú deti s pľúcnou a kardiálnou morbiditou
- nepríjemný zážitok v pooperačnom období
- zvyšuje intrakraniálny a intraokulárny tlak

Termoregulácia a anestézia

- CA znižuje termoregulačný prah
- Stredný stupeň hypotermie je veľmi častým javom v detskej anestézii
 - 30 % redukcia produkcie metabolického tepla
 - zvýšenie teplotných strát do okolia
 - anestéziou indukovaná centrálna inhibícia termoregulácie
 - vnútorná redistribúcia tepla k periférii



Termoregulácia a anestézia

- **Celková anestézia**

- ovplyvňuje centrum termoregulácie i periférne receptory
- jedinými funkčnými termoregulačnými odpoveďami sú vazokonstrikcia a netrasová termogenéza
- teplota, ktorá ich spúšťa je však veľmi špecificky ovplyvnená použitými anestetikami a ich dávkou
- netrasovú termogenézu oslabujú inhalačné anestetiká už 5 minút po úvode a až 15 minút po ich vysadení
- podobne je redukovaná aj pri použití fentanylu a propofolu

Termoregulácia a anestézia

- **Regionálna anestézia**
 - centrálna termoregulácia je intaktná, no ovplyvňuje aferentácia i eferentácia v rozsahu blokovanej oblasti
 - redistribúcia tepla smerom k periférii → vazodilatácia
 - najväčší vplyv majú neuroaxiálne blokády
 - straty tepla môžu pokračovať až do obnovenia sympatikových funkcií
 - na rozdiel od dospelých má kaudálna blokáda u detí minimálny vplyv na prahovú teplotu vazokonstrikcie
- **Aj pri RA by mala byť monitorovaná teplota**

Hypothermia

- Zvyšuje riziko infekcie rany, spomaľuje hojenie
- Znižuje imunitnú odpoveď
 - redukcia chemotaxie, fagocytózy, migrácie makrofágov, syntézy imunoglobulínov
- Negatívne ovplyvňuje koagulačnú kaskádu
 - predlžuje PT, APTT, inhibuje funkcie trobcytov
- Zvyšuje krvné straty
- Negatívny zážitok a diskomfort dieťaťa

Hypotermia

- Vedie ku koronárnej ischémii
 - u detí menší potenciál ako u dospelých
- Spomaľuje metabolizmus liekov a predlžuje ich účinok
- Spôsobuje centrálny útlm dýchania
- Zvyšuje spotrebu O_2 a tvorbu CO_2
- Rozvoj MAC

Stratégie prevencie

- Použitie sálavých tepelných žiaričov
- Zakryť čo možno najväčšiu časť tela dieťaťa, hlavne hlavu a tvár
- Pasívne ohrievanie tela - vzduchové a vodné ohrievače
 - moderné systémy sú počítačovo riadené s využitím kožnej aj rektálnej teplotnej sondy
- Ohrievanie infúzných roztokov
 - kryštaloidov, koloidov, krvných derivátov

Stratégie prevencie

- Ohriatie a zvlhčenie anestéziologických plynov
 - pasívne zvlhčujúce a ohrievajúce filtre
 - využitie uzatvorených okruhov - zvýšenie efektu samovyhrievania a zvlhčovania
 - nízky prietok čerstvých plynov
 - aktívne zvlhčovače a ohrievače
- Udržiavanie tepelnej homeostázy počas transportu dieťaťa

Záver

- Okrem cielenej protektívnej hypotermie má v drvivej väčšine nepriaznivý vplyv
- Adekvátne monitorovať telesnú teplotu počas anestézie u každého dieťaťa, hlavne prenatálnikov, novorodencov a dojčiat
- Vhodným menežmentom zabrániť hypotermii u dieťaťa počas anestézie

Ďakujem Vám za pozornosť

