

ARTICOL SPECIAL

## Hipotermia incidentală perioperatorie în chirurgia pediatrică non cardiacă: prevalență, factori de risc, consecințe, management, prevenire

Natalia Belii<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Catedra de anesteziologie și reanimatologie nr. 1 „Valeriu Ghereg”, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Chișinău, Republica Moldova.

Data recepționării manuscrisului: 28.11.2018

Data acceptării spre publicare: 11.03.2019

### Autor corespondent:

Natalia Belii, dr. șt. med., asistent universitar  
Catedra de anesteziologie și reanimatologie nr. 1 „Valeriu Ghereg”  
Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”  
bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 165, Chișinău, Republica Moldova, MD-2004  
e-mail: natalia.belii.med@gmail.com

### Ce nu este cunoscut, deocamdată, la subiectul abordat

Paradoxal, dar ghiduri, recomandări practice sau normative ale managementului termic perioperator al pacientului pediatric, deocamdată, nu există.

### Ipoteza de cercetare

Publicațiile care abordează managementul termic perioperator al pacientului pediatric, în particular, evitarea hipotermiei incidentale intraoperatorii, ar fi suficiente pentru formularea unor recomandări practice sistematizate.

### Noutatea adusă literaturii științifice din domeniu

Articolul însumează o sinteză a articolelor recent publicate referitoare la managementul termic perioperator în practica pediatrică.

### Rezumat

**Introducere.** Hipotermia (temperatura centrală <36,0°C) incidentală perioperatorie (HIP) este un risc asociat intervenției chirurgicale, cu o prevalență cuprinsă între 4,2% și 60%. Responsabilitatea prevenirii acestei complicații ține de întreaga echipă, care are în grijă pacientul în perioada perioperatorie. Din cauza capacității termoreglatorii mai puțin eficiente, populația chirurgicală cu vârste extreme (copilul și vârstnicul) este susceptibilă în mod deosebit acestui risc. HIP are efecte

SPECIAL ARTICLE

## Perioperative incidental hypothermia in paediatric non cardiac surgery: incidence, risk factors, consequences, management and prevention

Natalia Belii<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Chair of anaesthesiology and reanimatology no. 1 „Valeriu Ghereg”, Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, Republic of Moldova.

Manuscript received on: 28.11.2018

Accepted for publication on: 11.03.2019

### Correspondent author:

Natalia Belii, PhD, assistant professor  
Chair of anaesthesiology and reanimatology no. 1 „Valeriu Ghereg”  
Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy  
165, Stefan cel Mare si Sfânt bd., Chisinau, Republic of Moldova, MD-2004  
e-mail: natalia.belii.med@gmail.com

### What it is not known yet, about the topic

Interestingly, but there exist no guides, practical recommendations or norms of perioperative thermic management of paediatric patient.

### Research hypothesis

Literature reviews on perioperative thermic management of the paediatric patient, especially on preventing intraoperative unplanned hypothermia, could be sufficient to summarise tendencies and synthesize certain clinical recommendations.

### Article's added novelty on this scientific topic

The article summarizes certain recommendations synthesized from recent textbooks and study reports on perioperative thermic management in paediatric practice.

### Abstract

**Introduction.** Perioperative inadvertent hypothermia (PIH) (central temperature <36.0°C) is a risk associated with surgery with an incidence between 4.2% and 60%. Prevention of this complication is the responsibility of the entire team that takes care of the patient during the perioperative period. Due to less efficient thermoregulation capacity, surgical patients with extreme ages (child and elderly patients) are especially vulnerable of this risk. PIH has multiple physio-pathological

fiziopatologice multiple: inducerea coagulopatiilor și, în consecință, a necesității de transfuzie, încetinirea metabolizării medicamentelor, creșterea prevalenței infecției de plagă operatorie și este asociată cu durate sporite de spitalizare. Deocamdată, nu există vreun ghid sau recomandare practică, care ar aborda managementul termic și prevenirea HIP la pacientul pediatric.

**Material și metode.** A fost dată o căutare în *PubMed*, inclusiv, în datele bibliografice ale articolelor accesate. Totodată, s-au efectuat căutări pe paginile electronice ale Societăților Franceze, Canadiene, Americane, Australiene de Anesteziologie pentru ghiduri și protocoale de prevenire a hipotermiei incidentale perioperatorii la pacientul pediatric. Au fost căutate surse din ultimii 10 ani în limba engleză, cu următoarele cuvinte cheie: „*perioperative hypothermia in children*”, „*preventing perioperative hypothermia in children guidelines*”, „*unplanned hypothermia in children*”, „*incidental hypothermia in children*”.

**Rezultate.** Au fost detectate 90 de publicații, dintre care, 5 articole, 16 reviste a literaturii și 2 ghiduri de prevenire a hipotermiei incidentale intraoperatorii, toate însă, referitoare la pacientul adult. Despre pacientul pediatric, nu au fost găsite ghiduri sau recomandări pentru prevenirea hipotermiei perioperatorii, însă motoarele de căutare au identificat studii episodice despre prevalența, factorii de risc, metodele de monitorizare, importanța preîncălzirii și consecințele hipotermiei la pacientul pediatric. Informația găsită a fost analizată și sintetizată în prezentul articol.

**Concluzii.** Elaborarea unui ghid sau recomandări practice referitoare la managementul hipotermiei incidentale perioperatorii, cu recomandări consensuale clare, fundamentate pe evidențe științifice, este de o necesitate stringentă. De asemenea, se cer studii de evaluare a impactului prevenirii hipotermiei incidentale perioperatorii asupra morbidității perioperatorii precoce și tardive în chirurgia pediatrică non-cardiacă.

**Cuvinte cheie:** hipotermie incidentală perioperatorie, preîncălzire, termoreglare, populație chirurgicală pediatrică.

## Introducere

În general, sala de operație nu este considerată a fi un mediu extremal. Însă, în anumite circumstanțe, ea poate căpăta această caracteristică. Pacienții chirurgicali se plâng, adesea, de frigul din sala de operație. Temperatura ambientală este factorul critic ce influențează pierderea de căldură, iar diferența de temperatură determină amploarea fenomenului. Însă, temperatura ambientală care ar menține confortul pacientului este caracterizată de către personalul medical al sălii de operație ca „deranjantă”. Cei mai vulnerabili sunt medicii chirurghi și asistenta medicală instrumentară, ei purtând echipament adițional – halate și mănuși sterile, care sunt impermeabile atât pentru lichide, cât și pentru cedarea căldurii [1, 2].

Orice pacient, beneficiar al intervenției chirurgicale, este supus riscului de hipotermie incidentală [3]. Populația chirurgicală pediatrică, în special, nou născuții și copiii până la vârsta de 1 an, sunt în grupul de risc major pentru hipotermia intraanestezică [4]. Prevalența hipotermiei intraanestezice in-

effects: induce coagulopathies and, by this, rises transfusion requirements, prolongs duration of drug's metabolism, multiplies the incidence of postsurgical infection, prolongs duration of hospitalization etc. For now, it does not exist a guide or practical recommendation that could assist the specialist in practical approach of PIH prevention in paediatric patient.

**Material and methods.** It was performed a search in PubMed, inclusive in references of the found articles. In the same time, it was performed a search on electronic pages of French, Canadian, American and Australian Societies of Anaesthesiology for perioperative hypothermia prevention in children guidelines and protocols. There were used the following key words: „*perioperative hypothermia in children*”, „*preventing perioperative hypothermia in children guidelines*”, „*unplanned hypothermia in children*”.

**Results.** It was detected 90 citations: 5 clinical trials, 16 literature reviews and 2 hypothermia prevention in adult patient guidelines. Regarding paediatric patient, there were not found clinical practice guidelines for perioperative hypothermia prevention, but searching browsers offered results of episodic studies reporting PIH in children incidence, some risk factors that make paediatric patients especially susceptible, methods of temperature monitoring, the importance of prewarming, hypothermia consequences in children. All the results were analysed and synthetized in the present literature review.

**Conclusions.** At the moment there exists a stringent necessity to elaborate a guideline or practical recommendations regarding PIH, with clear consensual statements, evidence based. Also, further evidence is needed to determine the impact of hypothermia prevention on early and tardive perioperative morbidity in pediatric non-cardiac surgery.

**Key words:** inadvertent intraanesthetic hypothermia, prewarming, thermoregulation, paediatric surgical population.

## Introduction

Usually, the operating room is not considered an extremal environment. Anyway, in some circumstances it can gain such a characteristic. Surgical patients frequently complain of cold temperature in the operating room. Ambient temperature is the critical factor that influences heat loss and the temperature difference determines the magnitude of phenomena. Most operating room staff find the ambient temperatures required for maintaining normothermia as “uncomfortably” warm. The most vulnerable are surgeons and surgical nurse because they must wear special equipment – sterile gloves and gowns – which are waterproof, exchanging air poorly and, in consequence, prevents dissipation of body heat [1, 2].

Every patient benefiting from surgical treatment is exposed to risk of hypothermia [3]. Paediatric surgical population, especially neonates and infants under 1 year old are in the group of special risk of intraanesthetic hypothermia [4]. Accidental intraanesthetic hypothermia rates are variable: in

cidentală este variabilă: la adulți – de la 20% [5, 7] la 52% [6], la copii – de la 4,2% la 60% [8].

Hipotermia (<36,0°C) triplează riscul de infecție a plăgii postoperatorii și alterează hemostaza, diminuează perfuzia tisulară, inhibă funcția plachetară, deprimă imunitatea (se reduce activitatea celulelor *Natural Killer*). De asemenea, hipotermia încetinește metabolismul medicamentelor de două ori pentru fiecare 10°C de reducere a temperaturii corporale [2, 9]. În pofida la toate efectele adverse cunoscute ale hipotermiei incidentale perioperatorii (HIP), deocamdată, nu există vreun ghid sau recomandare practică, care ar aborda managementul termic și prevenirea ei la pacientul pediatric. Respectiv, scopul articolului dat a fost căutarea și sistematizarea informației, referitoare la prevenirea HIP la pacientul pediatric.

### Material și metode

A fost dată o căutare în *PubMed*, inclusiv, pe paginile site-urilor oficiale ale Societăților Franceze, Canadiene, Americane, Australiene de Anesteziologie pentru identificarea ghidurilor și protocoalelor de prevenire a HIP la pacientul pediatric. Au fost selectate surse publicate în ultimii 10 ani în limba engleză, cu aplicarea următoarelor cuvinte cheie: „*perioperative hypothermia in children*”, „*preventing perioperative hypothermia in children guidelines*”, „*unplanned hypothermia in children*”. De asemenea, a fost studiată și bibliografia publicațiilor selectate, pentru a extinde aria de căutare a informației relevante scopului propus.

Din rândul publicațiilor identificate de motoarele de căutare, a fost efectuată o selecție în materie de corespondere a titlului și rezumatului cu itemul de căutare, disponibilitatea textului integral și existența, în conținut, a recomandărilor clinice referitoare la prevenirea HIP la pacientul pediatric. Parametrii căutați în mod special au fost: factorii de risc pentru HIP, fundamentarea deciziei în alegerea metodelor de monitorizare și de menținere a temperaturii corporale, în funcție de circumstanțe, valorile termice, precauții și atenționări speciale.

### Rezultate

Au fost detectate 90 de publicații, dintre care: 5 studii clinice, 16 reviste de literatură și 2 ghiduri de prevenire a HIP la pacientul adult [10, 11]. Din păcate, pentru pacientul pediatric nu au fost găsite recomandări oficiale pentru prevenirea hipotermiei perioperatorii. Motoarele de căutare au identificat studii episodice despre prevalența, factorii de risc, metodele de monitorizare a temperaturii, importanța preîncălzirii, consecințele hipotermiei pacientului pediatric și reducerea prevalenței HIP la copii după implementarea unor proceduri operaționale standardizate. De asemenea, au fost găsite și protocoale separate pentru managementul hipertermiei maligne. Rezultatele obținute au fost analizate și sintetizate. Bibliografia finală este fundamentată pe 40 de referințe.

### Repere de biofizică

Transferul de căldură de la pacient către mediu are loc prin 4 mecanisme de bază [2, 3, 9]:

- *conducție (3%)* – transferul de căldură între obiectele aflate în contact direct. Pierderile depind de diferența

adults – from 20% [5, 7] to 52% [6], in children – from 4.2 to 60% [8].

Hypothermia (<36.0°C) can threefold increase in the frequency of surgical site infections and alter coagulation cascade, reduce tissue perfusion, inhibits thrombocyte's function and causes immunosuppression (via *Natural Killer* cells reduced activity). Also, hypothermia reduces twice metabolism of drugs for every 10°C reduced body temperature [2, 9]. In spite of all known consequences of perioperative incidental hypothermia (PIH), for the moment, there exist no guides or practical recommendations on thermic management or PIH prevention in paediatric patient. Respectively, the goal of the present article was to search and systematise the information regarding PIH prevention in paediatric patient.

### Material and methods

It was performed a search in *PubMed* and on electronic pages of French, Canadian, American and Australian Societies of Anaesthesiology for PIH prevention in children guidelines and protocols. There were selected scientific publications in English over the last 10 years. There were used the following key words: „*perioperative hypothermia in children*”, „*preventing perioperative hypothermia in children guidelines*”, „*unplanned hypothermia in children*”. Also, it was studied, including a search by hand, the list of references of the selected articles, in an effort to extend the search area of the needed information.

From the literature identified by searching browsers, it was made a further selection, based on title and abstract correspondence to the searched items, full text availability and clear statement, in the content, of clinical recommendations regarding PIH prevention in paediatric patient. The searched parameters were: risk factors for the occurrence of PIH, clinical judgement in choosing monitoring and patient normothermia maintenance methods, according to clinical situation, the values range in maintaining temperature, special concerns and recommendations.

### Results

It was detected 90 citations, of which: 5 clinical trials, 16 literature reviews and 2 PIH prevention in adult patient guidelines [10, 11]. Unfortunately, regarding paediatric patient, there were not found clinical practice guidelines for PIH prevention. Searching browsers offered results of episodic studies reporting PIH incidence in children, some risk factors that make paediatric patients especially susceptible, methods of temperature monitoring, the importance of pre-warming, hypothermia consequences in children, reduced PIH incidence after implementation of local institutional protocols for hypothermia prevention. Also, there were found separated protocols for malignant hyperthermia. All the results were analysed and synthesized. The final bibliography is based on 40 citations.

### Biophysical milestones

The heat transfers from the patient to the ambience occur through 4 basic mechanisms [2, 3, 9]:

dintre temperaturile obiectelor și suprafața lor de contact.

- *evaporare (24%)* – căldura care este pierdută prin evaporarea latentă a apei sau a oricărui alt lichid de pe suprafața corpului – transpirația de pe piele, evaporarea din plaga chirurgicală deschisă, suprafața mucoaselor. Cu atenționare la mucoase, pierderile de căldură pot atinge o cotă de peste 30% în cazul copilului ventilat cu aer uscat. Evaporarea devine principalul mecanism atunci când temperatura mediului extern depășește 37°C. De la acest prag, disiparea căldurii prin radiație nu este suficientă.
- *convecție (34%)* – pierderea căldurii de la un corp spre molecule aflate în mișcare (aer, lichid), prin curenții de aer. Cantitatea de căldură pierdută este proporțională cu temperatura aerului ambiant și cu viteza cu care se mișcă acesta.
- *radiație (39%)* – pierdere de căldură între obiectele care nu se află în contact direct, de ex., între copil și pereții reci ai sălii de operație (sau orice alt obiect din sală), geamul deschis, pereții mai reci ai incubatorului.

#### **Fiziologia termoreglării pacientului pediatric**

Termoreglarea este o adevărată provocare pentru ființa umană, în special, pentru pacientul pediatric. Există diferențe semnificative între termoreglarea copilului cu vârsta mai mică de 1 an, a copilului de vârstă fragedă și a adolescentului – toți cei enumerați fiind pacienți potențiali ai anesteziei și terapiei intensive pediatrice.

Vulnerabilitatea termică a nou-născuților rezidă în particularitățile lor anatomice și fiziologice: (1) capul proporțional mai mare, adesea, cu o circumferință ce o depășește pe cea a toracelui; (2) raportul crescut dintre suprafața pielii și masa corporală: ≈1 la nou-născut, comparativ cu 0,4 la adult, cauză din care, cea mai mare parte de căldură se pierde prin radiație; (3) pierderi reduse prin mecanismul de evaporare, comparativ cu adultul, datorită conținutului redus în keratină al dermei; (4) pierderi în proporție mai mare prin conducție din cauza unui strat mai subțire de țesut adipos subcutanat izolant [2].

Termogeneza fără producere de frison se datorează metabolismului țesutului adipos brun, care constituie circa 2-6% din greutatea corpului unui nou-născut la termen, acesta păstrându-se până la vârsta de circa 5 luni [2], după alte surse – până la 2 ani [9]. Țesutul este numit „brun” datorită caracteristicii cromatice pe care o capătă la colorarea numeroaselor mitocondrii din citoplasmă. Acestea au capacitatea de a decupla fosforilarea oxidativă și a genera căldură prin producerea de ATP, dar și prin recrutarea de flux sanguin adițional (până la 25% din debitul cardiac), vascularizația fiind mai bogată – fiecărui adipocit aparte revenindu-i câte un capilar – prin această manevră transferând direct căldură în circulație. Anatomic, țesutul adipos brun este concentrat în aria interscapulară, axile, mediastin și retroperitoneul paranefric. Astfel, în condiții normale, copilul mai mic de un 1 an, poate să-și dubleze, la necesitate, rata metabolismului bazal. Această capacitate se deprimă semnificativ intraanestezic [2], indiferent dacă sunt utilizate anestezice inhalatorii sau intravenoase [9].

Din cauza imaturității sistemului musculoscheletal și a ma-

- *conduction (3%)* – heat loss between objects that are in direct contact. The amount of heat loss depends on temperature gradient and surface of contact areas.
- *evaporation (24%)* – heat loss by slow evaporation of water or some any other liquid evaporating on the body surface – sweating on the skin, evaporation on the surgical wound, from mucosal surfaces. Regarding mucosal surfaces, heat loss can reach more than 30% in a child ventilated with dry air. Evaporation becomes the main mechanism when the ambient temperature exceeds 37°C. From this point, the radiation mechanism becomes insufficient.
- *convection (34%)* – heat loss from a body to moving molecules (air, liquid), via air currents, the extent of heat loss is proportional to the air temperature and speed of movement.
- *radiation (39%)* – heat loss between the objects that are not in direct contact, e.g., between the child and cool wall (or any other object from operating room), opened window, colder wall of incubator.

#### **Physiology of paediatric patient's thermoregulation**

Thermoregulation is a real challenge for human beings, especially for paediatric patient. There exist differences between thermoregulation of a child under 1-year-old, toddler and teenager – all of them being potential patients of paediatric anaesthesia or intensive care unit.

Thermic vulnerability of neonates lies in anatomical and physiological differences with the adult [2]: (1) a proportional bigger head, frequently with a circumference exceeding that of chest; (2) a high skin surface area to body mass rate: ≈1 in neonate, in comparison with 0.4 in adult, and, with this, the most part of heat loss by radiation; (3) reduced heat loss by evaporation in comparison with adults, due to reduced keratin layer in derma; (4) more heat loss via conduction due to thinner layer of subcutaneous insulating tissue [2].

Non-shivering thermogenesis is a metabolic process that occurs in brown fat which constitutes 2-6% of term neonate body mass, maintaining up to about 5 months [2], according to other sources – up to 2 years old [9]. The fat tissue is called “brown” due to chromatic characteristic gained after colouring of numerous mitochondria in the cell's cytoplasm. They have propriety to uncouple oxidative phosphorylation and generate heat over ATP production. Moreover, they recruit additional local blood flow (up to 25% of cardiac output), being preferentially vascularized – every single adipocyte receives a capillary – thus directly transferring heat to the circulation. Anatomically, the so called “brown” fat tissue is concentrated in the area between the scapulae, the axillae, the mediastinum, and the perinephric retroperitoneum. So, in usual conditions, children under 1 year old can double their basal metabolic rate, capacity that is significantly reduced under anaesthesia [2], with no difference either inhalational or intravenous anaesthesia is practiced [9].

Because of the musculoskeletal system immaturity and its relatively small mass, shivering thermogenesis does not contribute significantly to preservation of body heat in the



sei lui reduse, termogeneza cu producere de frison nu contribuie semnificativ la menținerea normotermiei la nou-născut [2] și la copilul mai mic de 1 an [9]. Copiii de vârstă fragedă frisează între 35,0°C și 35,3°C, dar efectul este neglijabil pentru a menține temperatura centrală [9]. Intraanestezic, mecanismul termogenezei prin frison este abolit.

### **Efectele anesteziei asupra termoreglării**

Comparativ cu pacientul adult, transferul de căldură la copii are loc, preponderent, prin conducție și radiație, din cauza cantității reduse de țesut adipos subcutanat cu proprietăți izolante și a unui raport crescut dintre suprafața și volumul corpului. Intraanestezic, producerea de căldură prin metabolism bazal se reduce cu 20-30%, fapt valabil pentru întreg spectrul de vârste. Adicional, nou născuții intubați orotraheal pierd capacitatea de a genera căldură prin efortul respirator. De asemenea, are loc inhibiția termoreglării centrale, cu întârzierea vasoconstricției ca răspuns la reducerea temperaturii centrale, iar mecanismele de sporire a termogenezei cu și fără frison sunt abolite.

Pentru nou născut, hipotermia este un stres major cu eliberare de noradrenalină, creșterea consumului de oxigen și de substrat nutritiv. Activarea, pe această cale, a sistemului nervos simpatic, duce la creșterea rezistenței vasculare pulmonare, creșterea șuntului dreapta-stânga, reducerea perfuziei periferice și livrării oxigenului, acidoză. Se afectează farmacocinetica și farmacodinamica medicamentelor administrate, în special, a miorelaxanților și anestezielor inhalatorii. Călea fiziopatologică finală a hipotermiei și consumului crescut de oxigen este acidoza metabolică și disfuncția de organ.

Anestezia generală afectează termogeneza prin redistribuirea „căldurii centrale” spre periferie, prin vasodilatate [2, 9]. De asemenea, se reduce cu 30% producerea de energie prin metabolismul bazal, se inhibă termoreglarea centrală. Intervențiile de lungă durată impun o expunere prelungită a corpului la un mediu mai rece. Mai mult, soluțiile perfuzate intravenos, fluxul de aer proaspăt cu care este ventilat copilul și instrumentele chirurgicale cu care se realizează intervenția, sunt mult mai reci decât temperatura corpului acestuia [2]. Unicele răspunsuri termoreglatorii funcționale intraanestezic sunt vasoconstricția și termogeneza fără frison. Capacitatea vasoconstrictorie este similară la pacientul în stare de veghe și în timpul anesteziei generale, cu remarcă că intraanestezic, pragul pentru vasoconstricție este redus [9].

Deși în timpul anesteziei locale se păstrează termoreglarea centrală, sensibilitatea termică (la rece, cald) în ariile anesteziate este abolită, din care cauză fluxul sanguin se redistribuie prin vasodilatate [9].

### **Consecințele hipotermiei**

Valorile temperaturii centrale de 36-38°C sunt considerate, convențional, normotermie. În condiții obișnuite de mediu, temperatura centrală a adultului variază între 36,5-37,5°C, a nou-născutului – între 36,5-37,7°C.

Hipotermia este definită ca temperatura centrală sub 36,0°C și poate avea trei grade: incipientă (36,0-33,9°C), moderată (33,8-32,2°C) și severă (sub 32,2°C). De menționat că semnele și simptomele hipotermiei – frisonul, piloerecția și

neonate [2] or child under 1 year old [9]. Toddlers are shivering between 35.0°C and 35.3°C; but the effect is neglectable for central temperature maintenance [9]. Anyway, shivering thermogenesis is shut down under anaesthesia.

### **Effects of anaesthesia on the thermoregulation**

In comparison with adults, in children heat loss takes place, preponderantly through conduction and radiation mechanisms, due to reduced isolating subcutaneous fat tissue and a high skin surface to body mass rate. Heat production due to basal metabolic rate is reduced 20-30% under anaesthesia, for all patient's ages. The intubated neonates lose their capacity to generate heat via respiratory effort. Also, central thermoregulation is inhibited, with a delayed vasoconstriction response to central temperature lowering, with significantly depressed mechanisms of thermogenesis: with and without shivering.

For a neonate, hypothermia represents a major stress with noradrenaline release, raised oxygen and nutritive substrate consumption. Activated by this pathway sympathetic nervous system leads to increase of pulmonary vascular resistance, increasing right to left shunts, reduced peripheral perfusion and oxygen delivery, acidosis. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of the administered drugs are affected, especially neuromuscular blocking agents and inhalational volatile anaesthetics. The final common pathway of hypothermia and increased oxygen consumption is metabolic acidosis and organ dysfunction.

General anaesthesia affects thermogenesis due to redistribution to the periphery of the "central heat" via vasodilatation [2, 9], reducing with 30% heat production due to basal metabolic rate, central thermoregulation inhibition. Long surgical interventions imply prolonged exposing of the body to colder ambient temperatures. Also, intravenous infusion solutions, fresh gas flow used for intraanesthetic ventilation and surgical instruments used by surgeons are much colder than the child's body temperature [2]. The only thermoregulatory responses that are functional under anaesthesia are vasoconstriction and non-shivering thermogenesis. Vasoconstriction capacity is similar in the awake and anaesthetised patient, but the threshold for vasoconstriction is reduced [9].

Although under loco-regional anaesthesia central thermoregulation is preserved, areas that are anaesthetised cannot sense temperature (cold, warm) and that's why have inappropriate redistribution of blood flow via vasodilatation [9].

### **Consequences of hypothermia**

Central temperature between 36-38°C are considered, by convention, as normothermia. In condition of ambient normality, adult's core temperature varies between 36.5-37.5°C, neonate's – between 36.5-37.7°C. Hypothermia is defined as core temperature below 36.0°C and can be mild (33.9-36.0°C), moderate (33.8-32.2°C) or severe <32.2°C). Such signs and symptoms like shivering, piloerection and peripheral vasoconstriction can be found in the presence of a normal body temperature.

Normothermia maintenance in paediatric patients for non-cardiac surgery is a real challenge. Study in adult patients

vasoconstricția periferică pot fi constatate și în prezența unei temperaturi normale a corpului.

Menținerea normotermiei pacientului pediatric în chirurgia non-cardiacă este o adevărată provocare. Studiile pe pacienții adulți aduc dovezi clare că chiar și o hipotermie intraanestezică moderată se asociază cu rezultate adverse postoperatorii. Mai multe studii de referință, care au urmărit diverse tipuri de intervenții – „necontaminate” (hernioplastie) [12] și „contaminate” (chirurgia colorectală) [13], au demonstrat asocierea hipotermiei intraanestezice cu prevalențe crescute ale infecției plăgii postoperatorii [14]. Alte consecințe: prelungirea duratei de metabolizare a medicamentelor [3], risc crescut de evenimente adverse cardiace postoperatorii [7, 15], disconfort termic [3], hipoglicemie [7], acidoză [7], coagulopatii și necesitate crescută de transfuzii [7, 16-18], durate totale de spitalizare mai mari [13, 15, 19], durate sporite de aflare pe terapie intensivă [19]. Prin urmare, HIP este o problemă multidisciplinară.

Cu referire la pacientul pediatric, studiile sunt epizodice, inclusiv, din motivele etice ale randomizării „cu hipotermie” și „fără hipotermie/încălziți”. Astfel, studiul observațional al lui Pearce B. și coaut. (2010), a urmărit în postoperator copiii, ale căror temperatură intraanestezică a fost menținută peste 36°C și a celor care au intrat în hipotermie [6]. Autorii respectivi au raportat o prevalență a HIP de 52%, grupul dat de pacienți suportând pierderi sanguine crescute, cu o necesitate sporită de transfuzie.

Hipotermia moderată poate cauza apnee la pacientul mai mic de 1 an [2], încetinește metabolismul medicamentelor administrate [20], induce dereglări de coagulare [21]. De asemenea, suntem în așteptarea rezultatelor unui studiu prospectiv, observațional, de cohortă, „*Hipotermia perioperatorie la copii*”, efectuat de Shu Ying Lee (KK Women's and Children's Hospital, Singapore), care se va finaliza în anul 2020, în prezent, fiind, deja, înrolați peste 4400 de pacienți. Rezultate așteptate: date despre prevalența și durata HIP, evenimente adverse asociate cu metodele de încălzire activă a pacientului (eventual, hipertermie, traumă termică), spectrul de complicații imediate (de ex., pierderi sanguine intraoperatorii, aritmii, frison postoperator, disconfort, durate sporite de ședere) și tardive (de ex., durată spitalizării, infecții ale plăgii postoperatorii) [22].

Există situații clinice pentru care hipotermia se induce în mod deliberat [2]. Astfel, hipotermia este o necesitate pentru realizarea by-pass-ului cardiopulmonar [23, 24]. Sunt studiate potențialele beneficii ale hipotermiei moderate, induse la nou născuții în asfixie, în scopul minimizării consecințelor neurologice [25, 26]. Însă, efectele protective ale hipotermiei nu au fost confirmate în cazul traumatismului craniocerebral și a stopului cardiac la copii [27, 28].

#### **Monitorizarea continuă a temperaturii pacientului pediatric**

Există mai multe metode de determinare a temperaturii centrale și periferice (Tabelul 1).

Temperatura centrală poate fi monitorizată într-o varietate de modalități: nazofaringe, esofag, rect, artera temporală, vezica urinară, membrana timpanică, vas sanguin [29].

report that even moderate intraanesthetic hypothermia associates with postoperative adverse outcomes. Many landmark studies [12, 13, 14] have demonstrated an association between hypothermia in patients undergoing both – clean, “uncontaminated” surgery (hernia repair) [12] and contaminated surgery (colorectal surgery) [13] – an increased incidence of surgical site infection. Other consequences: prolonged drug metabolising periods [3], postoperative adverse cardiac events [7, 15], thermic discomfort [3], hypoglycaemia [7], acidosis [7], coagulopathies and increased transfusion requirements [7, 16-18], increased length of hospital stay, in general [13, 15, 19] and in intensive care unit, in particular [19]. By this, we conclude that PIH is a multidisciplinary problem.

Regarding paediatric patient, studies are episodic, inclusively due to bioethical implications of creating trials “with hypothermia” and “warmed”. In their observational study Pearce B. *et al.* (2010) followed outcome in children whose intraoperative temperature stayed more than 36°C, and in those with hypothermia [6]. They reported an incidence of PIH of 52%, with increased blood loss and blood product requirement in this group.

In children under 1 year old moderate hypothermia can cause apnea [2], slower metabolism of the administered drugs [20], induce coagulopathies [21]. Also, we are expecting results of a prospective observational cohort study “*Perioperative hypothermia in children*”, coordinated by Shu Ying Lee (KK Women's and Children's Hospital, Singapore), which will finish in 2020, with 4400 patients enrolled. Expected outcomes: PIH incidence and duration, adverse events linked with active heating methods (eventually, hyperpyrexia, burns), immediate (e.g., blood loss, arrhythmia, post-anaesthesia shivering, discomfort from cold, prolonged intensive care unit stay) and tardive (e.g., surgical site infection and hospitalization stay) complications [22].

In some clinical situations hypothermia is induced deliberately [2]. So, hypothermia is a necessity for cardiopulmonary by-pass [23, 24]. There continue to be studied the potential benefits of moderate hypothermia in an effort to minimise neurological consequences in neonates with asphyxia [25, 26]. However, the protective effects of hypothermia have not been confirmed in the case of brain trauma and cardiac arrest in children [27, 28].

#### **Continuous temperature monitoring in paediatric patient**

There are many methods of estimating both core and peripheral temperature in paediatric patients. (Table 1).

Core temperature can be monitored in several modalities: nasopharynx, oesophagus, rectum, temporal artery, bladder, tympanic membrane and blood measurement [29].

Peripheral (non-core) temperature measurement can be realised using axillary thermometry, with condition that the accuracy depends on the device being in continuous close proximity to the axillary artery [29]. A study reported that temperature monitoring with the probe placed over de carotid artery skin equates to the nasopharynx in paediatric population [30].

**Tabelul 1.** Metode de monitorizare a temperaturii corporale.

Locul măsurării	Caracterizare și aplicabilitate clinică
Artera pulmonară	Cea mai exactă, însă argumentarea aplicării ei clinice e limitată, în special, la copii.
Nazofaringe	Exactitate înaltă (poziționare cât mai aproape de palatul moale), corelând strâns cu temperatura din artera pulmonară în terapia intensivă pediatrică [33]. Acuratețea estimării poate fi afectată de efectul de răcire al gazelor, în cazul ventilării pacientului cu tub orotraheal fără manjetă, cu pierderi semnificative în jurul tubului sau a măștii laringiene. Complicații: lezarea țesuturilor la locul de inserție (sonda se plasează orb, după inducția în anestezie a copilului) [29].
Timpan	Estimează radiația termică din canalul auditiv și echivalează cu temperatura sângelui care perfuzează hipotalamusul. La copii, inexactitățile apar din cauza dimensiunilor mici ale canalului auditiv, care nu permite inserarea probei în imediata proximitate a membranei timpanice, cu subestimarea valorilor reale [29, 31].
Esofag	Pe modelul chirurgiei cardiace [32], temperatura estimată în esofag este apropiată de cea din artera pulmonară. Poziționare: 1/3 inferioară a esofagului. Erori de estimare: valori reduse ale temperaturii la prolabarea în stomac; în timpul toracotomiei. Tendință redusă spre răcire, comparativ cu dispozitivele nazofaringiene, datorită poziționării senzorului termic dincolo de faringe [29].
Rect	Utilizată când plasarea senzorului în nazofaringe nu este posibilă. Acuratețea estimării poate fi afectată de fluxul sanguin regional și prezența maselor fecale (supraestimarea temperaturii), la plasarea în imediata apropiere de peritoneu, fiind influențată de irigațiile abdominale reci sau calde. Temperatura centrală rectală „întârzie” să se modifice, comparativ cu celelalte localizări de monitorizare, mai ales atunci când variațiile termice sunt rapide [29, 33].
Veziică urinară	Temperatura e identică cu cea din artera pulmonară atât în chirurgia cardiacă a adultului [32, 33], cât și în cea pediatrică [33]. Necesită, însă, un flux urinar constant. În caz de oligurie, temperatura se apropie de cea rectală [29].
Fosă axilară	Exactitatea depinde de plasarea corectă a senzorului sau termometrului în imediatata proximitate a arterei brahiale.
Proiecția carotidei	Plasarea pe pielea desupra arterei carotide echivalează cu temperatura în nazofaringe la copii [30].

Temperatura periferică poate fi măsurată prin termometrie în fosa axilară, cu condiția că termometrul sau senzorul este plasat în imediatata proximitate a arterei axilare [29]. Un studiu a demonstrat că măsurarea temperaturii pe piele, deasupra arterei carotide, echivalează cu temperatura în nazofaringe la copii [30].

Totuși, temperatura centrală este elementul de control decisiv al termoreglării la mamifere, anume el fiind declanșatorul răspunsului centrului hipotalamic. De aceea, intraanestezic, temperatura centrală este mult mai relevantă decât cea periferică.

Alegerea modalității de monitorizare va depinde de pacient și de tipul de chirurgie. Din păcate, nu există o metodă ideală și universală de măsurare a temperaturii [29].

De obicei, la adulți, temperatura monitorizată la piele este cu 2°C mai mică decât cea centrală [34]. De aceea, valorile hi-

**Table 1.** Body temperature monitoring methods.

Site of measuring	Characteristics and clinical practicalities
Pulmonary artery	The most accurate, but argumentation of clinical apply is limited, especially in children.
Nasopharynx	High accuracy (if positioned in immediate proximity to the soft palate), equates closely to pulmonary artery blood temperature in children in intensive care [33]. Estimation's accuracy may be affected by cooling effect of the inspired gases, in case of an un-cuffed tracheal tube or supra-glottis airway, with significant leak. Complications: local trauma on insertion (nasopharyngeal probes are usually placed blind, once the child is asleep) [29].
Tympanic membrane	Estimates thermal radiation from the ear canal, and equate to the temperature of blood bathing the hypothalamus. In children, inaccuracies can appear when the ear canal is too small to permit the probe to sit in close proximity to the tympanic membrane, when the probe is likely to under-read [29, 31].
Oesophagus	In cardiac surgery [32] temperature estimated in oesophagus is close to that from pulmonary artery. Probe position: inferior 1/3 of oesophagus. Estimation inaccuracies: false low values if the probe is advanced in stomach; during thoracotomy. But are less prone to cooling than nasopharyngeal probes due to their advanced position beyond the pharynx [29].
Rectal	Used when nasopharynx temperature monitoring is not possible. Estimation's accuracy can be influenced by regional blood flow or presence of stool (false high temperature); if placed in immediate proximity of peritoneum can be affected by cold or warm abdominal irrigations. Also, have been shown that rectal temperature „delays” to change, lagging behind other core temperature measurements, particularly during rapid temperature variations [29, 33].
Bladder	Equates to the pulmonary artery temperature in both: adult cardiac surgery [32, 33] and paediatric cardio-surgical intensive care [33], but requires a reasonable flow of urine, in case of oliguria, they may equate more closely with rectal temperature [29].
Axillary	Estimation's accuracy depends on the device being in continuous close proximity to the axillary artery.
Carotid projection	Estimating temperature of skin lying directly over the carotid artery equates closely with nasopharyngeal temperature in children [30].

However, the core temperature is the decisive control element of human thermoregulation, being the trigger of the hypothalamic central response. Therefore, under anaesthesia, the core temperature is much more relevant than the peripheral.

The type of monitoring decision will depend on patient and surgical factors. Unfortunately, does not exist an ideal and universal method of temperature monitoring [29].

Usually, in adults, monitored skin temperature is lower with 2 degrees in comparison with core temperature [34]. Given this fact, may be hypothermia values should be specified depending on the monitoring methodology. Many studies have reported difficulties in finding clinical hypothermia due to the variability of monitoring methods [34-36]. Drake-Brockman T. *et al.* (2014) compared different temperature methods in paediatric patient. Thus, temperatures varied depending on the location of the monitoring [36]. The average difference be-



potermiei ar trebui specificate în funcție de metodologia de monitorizare. Mai multe studii raportează dificultăți la constatarea hipotermiei clinice din cauza variabilității metodelor de monitorizare [34-36]. Drake-Brockman T. și coaut. (2014), au comparat diverse metode de monitorizare a temperaturii pacientului pediatric. Astfel, temperaturile au variat în funcție de locul monitorizării [36]. Diferența medie dintre temperatura nazofaringiană și cea timpanică, la artera temporală, axilară și cutanată (torace) a fost de +0,24; +0,35; -0,38 și -1,7°C, respectiv. De asemenea, monitorizarea temperaturii timpanice și la nivelul arterei temporale a fost net superioară în detectarea hipotermiei moderate, comparativ cu monitorizarea în fosa axilară. Înțelegerea importanței acestor variații este importantă pentru interpretarea corectă a temperaturii obținute.

### **Termoneutralitatea**

Termoneutralitatea este definită ca temperatura ambiantă la care necesarul de oxigen și termogeneza prin metabolism sunt minime. În același timp, șunturile arterio-venoase sunt deschise și fluxul sanguin tegumentar este maximal. Temperaturile aproximative sunt de 28°C pentru un adult neîmbrăcat, 32°C – pentru nou-născut, 34°C – pentru un prematur, cu remarcă, că nu este definită o anumită temperatură a încăperii, care ar putea asigura termoneutralitatea pentru fiecare situație clinică imaginabilă. Diferența de temperatură dintre piele și mediu este mult mai relevantă clinic decât diferența dintre temperatura centrală și mediul ambiant. Experimental, o diferență de temperatură dintre piele și mediu de 2-4°C reduce consumul de oxigen. Copiii sănătoși răspund stresului provocat de frig prin creșterea debitului cardiac și a metabolismului țesutului adipos brun (termogeneza fără frison). Pentru unele maladii, însă, creșterea debitului cardiac poate avea o rezervă restrânsă, iar termogeneza fără frison este abolită de anestezicele volatile [2].

### **Factori de risc pentru hipotermia incidentală perioperatorie pediatrică**

Principalii factori de risc ce condiționează hipotermia perioperatorie a pacientului pediatric sunt: vârsta mică (nou născut, copil mai mic de 1 an), chirurgia majoră (invazivă > minim invazivă), durata intervenției [4, 6, 11], pacientul cu malnutriție [11], temperatura scăzută în sala de operație și/sau sala de trezire, condiții speciale preexistente (plăgi deschise, combustii, maladii endocrine, patologii vasculare periferică) [11, 16], urgența intervenției (se omite preîncălzirea în preoperator) [10], risc ASA înalt [10], perfuzare intravenoasă mai mult de 30 ml/kg sau necesitatea transfuziei [29].

### **Prevenirea hipotermiei perioperatorii a pacientului pediatric**

Prevenirea pierderii de căldură prin *conducție* se realizează prin acoperirea capului (care, la copilul mai mic de un 1 an echivalează cu 20% din suprafața totală a corpului) cu o căciuliță, încălzirea soluțiilor perfuzate, saltele încălzite (eficiente mai mult pentru nou-născut), plapume.

Prevenirea pierderii de căldură prin *evaporare* se realizează prin umidificarea și încălzirea gazelor inspirate, iar pentru

tween nasopharyngeal and tympanic temperatures, measured at the temporal, axillary and cutaneous (thoracic) artery was +0.24; 0.35; -0.38 and -1.7°C, respectively. Also, tympanic and temporal temperatures showed net superior efficiency in detecting moderate hypothermia compared to axillary monitoring. Understanding these variations is important for interpreting the monitored temperatures.

### **Thermoneutrality**

Thermoneutrality is defined as the ambient temperature at which oxygen demand and metabolic heat production are minimal. At the same time, the cutaneous arteriovenous shunts are open and skin blood flow is maximum. The approximately temperature's values are: 28°C for an unclothed adult, 32°C – for neonate, and 34°C – for the preterm infant, with the remark that there is no defined room temperature that assures thermoneutrality in all clinical scenarios that one can imagine. The most clinically relevant is the temperature gradient from skin to environment, rather than that from core to environment. It was experimentally established that a skin-to-environment gradient of 2-4°C minimize oxygen consumption. Healthy infants respond to cold stress by increasing both cardiac output and brown fat metabolism (non-shivering thermogenesis). In some comorbidities, the rising reserve of cardiac output can be restricted and non-shivering thermogenesis is severely attenuated by volatile anaesthetics [2].

### **Risk factors for intraanaesthetic hypothermia in children**

The most important risk factors that can contribute to perioperative hypothermia in paediatric patient are: small age (neonate, child under 1 year old), major surgery (invasive > non-invasive), duration of surgery [6, 4, 11], malnutrition [11], operating/recovery room temperature, special pre-existent conditions (open wounds, burns, endocrine pathologies, peripheral vascular pathology) [11, 16], emergent cases (by-pass the pre-warming step) [10], high ASA risk [10], intravenous infusion more than 30ml/kg or transfusion necessity [29].

### **Prevention of perioperative hypothermia in paediatric patient**

Prevention of heat loss via *conduction* mechanism is realized by covering the head (which for a child under 1 year old equates with 20% of total body surface area) with a hat, warming the infused solutions, warming blankets (more efficient for neonates), drapes or blankets.

Prevention of heat loss through *evaporation* mechanism can be ensured by heating and humidifying the inspired gases. Also, for premature child (<28-30 weeks) exist plastic bags for wrapping the preterm.

Prevention of heat loss via *radiation* mechanism can be realized by using a radiant warmer, forced air warmers, pre-warming of the operating room or the incubator at the transport between operating room and neonatal intensive care unit.

Prevention of heat loss via *convection* is possible by continuous maintaining of thermoneutral environment (operating room, incubator), warming blankets [9].



nou născuții prematuri (<28-30 de săptămâni) există pungi speciale, care conservează căldura.

Prevenirea pierderii de căldură prin *radiație* se realizează prin sursă de încălzire radiantă, sursă de încălzire cu aer cald, încălzirea prealabilă a sălii de operație sau a incubatorului la transferul din sală, înfășurarea nou născutului.

Prevenirea pierderii de căldură prin *convecție* se realizează prin menținerea continuă a temperaturii încăperii (sălii de operație, incubatorului), saltele încălzite [9].

Dincolo de metodele active de „încălzire” a pacientului, sunt disponibile metode simple de a reduce pierderile de căldură – în cazul distanțelor lungi dintre secția de profil și blocul operator – pacientul va purta căciulă, ciorapi, va fi învelit în pături. Copiii de vârstă mai mare vor fi încurajați să meargă pe jos [29]. Temperatura pacientului se va monitoriza în dimineața intervenției, cu 30 de minute înainte de intervenție și nemijlocit înainte de inducția în anestezie [11]. Engorn B. și coaut. (2017), raportează reducerea prevalenței (de la 23% până la 6%) hipotermiei nou născuților la admiterea pe Terapie Intensivă din sala de operație după aplicarea metodelor de încălzire în timpul transportării intraspitalicești [37]. Este necesară menținerea temperaturii în sala de operație între 20-23°C [29]. Temperaturile mai mari sunt favorabile prevenirii hipotermiei (>25°C), în special, la nou născuți (temperatura optimă în sală fiind de 26,6°C), dar ar putea incomoda echipa chirurgicală [2]. Studiul lui Duryea E. și coaut. (2016) raportează reducerea prevalenței hipotermiei nou născuților până la 5%, atunci când sala de naștere a fost încălzită până la 23°C, comparativ cu 19% în lotul de referință, unde temperatura ambientală a fost de circa 20°C [38].

Ghidurile pentru adulți recomandă menținerea temperaturii ambientale de 21°C pe parcursul expunerii pacientului, iar odată cu inițierea metodelor de încălzire activă, temperatura sălii de operație poate fi redusă până la atingerea confortului termic al echipei chirurgicale [10, 11]. Se va evita expunerea unor suprafețe mari de piele, în special, umedă, în așteptarea momentului începerii intervenției propriu-zise. Gazele utilizate pentru ventilarea pacientului ar trebui umidificate cu filtre schimbătoare de căldură și umiditate – filtre HME (l. engl.: *heat and moisture exchange, HME*) [29]. Poziționat între tubul endotraheal și circuitul ventilatorului, în circumstanțe corecte, filtrul HME menține temperatura și umidificarea gazelor anestezice inspirate, însă nu poate contribui la creșterea temperaturii corpului pacientului. Chiar și cel mai mic filtru HME mărește spațiul mort și rezistența în circuitul respirator, în special, la nou născuți, aplatisând capnograma până la configurații aproape indescifrabile [2]. Cu toate acestea, filtrele HME sunt utile în prevenirea contaminării echipamentului atașat de dispozitivele de protezare a căii aeriene. Umidificatoarele instalate pe unul dintre brațele circuitului respirator sunt mai eficiente în menținerea normotermiei, comparativ cu filtrele HME, însă au o tendință spre supraîncălzire a amestecului gazos, formând condensat. De asemenea, există riscul pierderii de gaz în cazul conectării incorecte sau modificării volumelor respiratorii [2].

Cu scopul prevenirii hipotermiei incidentale perioperatorii la adult, ghidul Institutului Național de Evidență Clinică al

In addition to active patient’s warming methods, there are simple measures which can be taken to reduce heat – in cases when they are transferred long distances through the hospital to theatre – efforts should be made to keep children warm, for example using hats, sheets, blankets and socks. When situation allows, older children should be encouraged to walk to operating theatre [29]. Patient’s temperature should be monitored in the morning of the surgery, 30 minutes before surgery and immediate before induction in anesthesia [11]. Engorn B. *et al.* (2017) reported reduced hypothermia prevalence (from 23% to 6%) in neonates on neonatal intensive care admission from the operating room after implementation of the heating measures during intrahospital transportation [37]. It is mandatory to maintain operating room temperature between 20-23°C [29]. Higher temperature values are favourable for hypothermia prevention (>25°C), especially in neonates (optimal operating temperature 26.6°C), but it can cause discomfort for the surgical team [2]. The study of Duryea E. *et al.* (2016) on maternal and neonatal hypothermia reports reducing of neonate’s hypothermia incidence in case of pre-warming the delivery room up to 23°C (5%), in comparison with other group of patients where environment temperature was 20°C (19%) [38].

Guidelines for adult patients recommend maintenance of the ambient temperature at 21°C while exposing patient and after initiating of active warming measures, the temperature can be reduced up to the thermic comfort of the surgeons [10, 11]. It will be avoided exposing of big and wet skin surface areas expecting the moment when surgical intervention will finally start. Fresh flow gases used for patient’s ventilation should be warm and humidified by using heat and moisture exchange filters (HME filters) [29]. In correct circumstances, when interposed between endotracheal tube and ventilator circuit, HME filter maintain the temperature and humidity of inspired anaesthetic gases, but cannot contribute directly to rise the patient’s temperature. We should note that that even the smallest HME filter expand the death space and resistance in the respiratory circuit, blunting the capnogram until it is almost uninterpretable [2]. In spite of this, HME filters are efficient for preventing the contamination of devices attached to the airway. Heated humidifiers or heated breathing circuits are placed within one limb of the breathing circuit are more efficient in normothermia maintenance in comparison with HME filters, but are prone overheating, condensation, changes in the volume of the circuit, leaks in the tubing, in case if are not connected correctly [2].

National Institute of Clinical Excellence (NICE) of the United Kingdom and Northern Ireland guideline for adult patient, suggests that for preventing inadvertent intraanesthetic hypothermia, adults undergoing surgery with anaesthesia lasting more than 30 minutes should be warmed from the very beginning, from induction, using a forced air warming device. For patients who are at higher risk of hypothermia (for example: combined regional and general anaesthesia) or those at risk of cardiovascular complications, forced air warmers are indicated for even shorter procedures less than 30 minute. Also, is contraindicated to start induction of elective anaesthesia in

Regatului Unit al Marii Britanii și al Irlandei de Nord (l. *engl.*: *National Institute for Health and Clinical Evidence, NICE*), sugerează pornirea dispozitivelor de încălzire activă cu aer cald în momentul inducției în anestezie, dacă durată estimată a intervenției chirurgicale depășește 30 de minute. Pentru pacienții cu risc sporit de hipotermie incidentală (de ex., combinarea anesteziei locoregionale cu cea generală) sau a celor cu risc de complicații cardiovasculare, dispozitivele de încălzire activă cu aer cald vor fi conectate în momentul inducției, chiar dacă durată estimată a intervenției este mai mică de 30 de minute. De asemenea, este contraindicată inducția anesteziei pentru chirurgia electivă în cazul constatării hipotermiei pacientului. Se va menține o temperatură centrală de, cel puțin, 36,5°C [10].

Referitor la pacientul pediatric, deocamdată nu există niciun ghid oficial, care ar trece în revistă factorii de risc sporit pentru hipotermia incidentală perioperatorie sau să stipulze, ce dispozitive medicale ar fi mai indicate pentru prevenirea ei. Se presupune a fi benefică începerea „încălzirii” pacientului pediatric chiar în sala preoperatorie sau cea de operație, în special, în cazul intervențiilor de lungă durată sau atunci când tipul de chirurgie necesită expunerea suprafețelor mari de tegument. Studiul lui Gorges M. și colab. (2013), constată corelarea dintre utilizarea dispozitivelor de încălzire cu aer cald și reducerea prevalenței HIP la beneficiarii chirurgiei spinale pediatrice [39]. Beedle S. și colab. (2019), raportează reducerea prevalenței HIP a copilului până la 1,8%, comparativ cu 16,3%, după implementarea metodelor speciale de încălzire și monitorizare a temperaturii pe artera temporală. De menționat că Procedura Operațională Standardizată respectivă a fost elaborată de către un grup de asistente medicale de la Spitalul de Copii din Midwestern [8].

Dispozitivele de încălzire cu aer cald reduc pierderile de căldură prin radiație prin crearea unei bariere între piele și aerul ambiant [40]. Poziționate sub pacient, astfel încât aerul cald să circule în jur, reduc atât pierderile prin radiație, cât și prin conducție. Este necesară o vigență maximă la cearșaful aflat sub copil: îndată ce una dintre extremități blochează uniformitatea fluxului de aer cald, expunem copilul unui risc de leziune termică; pacientul va fi poziționat, întotdeauna, la mijlocul cearșafului. Atenție la eventuala scurgere pe pacient a soluțiilor aplicate pentru dezinfectarea câmpului operator: evaporarea lor va contribui la pierderi adiționale de căldură [29].

Cu scopul prevenirii hipotermiei pacientului adult, ghidul NICE recomandă utilizarea dispozitivelor de încălzire a soluțiilor perfuzate (până la 37°C) în cazul când volumul perfuzat programat este mai mare de 500 ml sau este indicată transfuzia de componente sau preparate sanguine. De asemenea, se recomandă preîncălzirea soluțiilor de irigare intraoperatorie până la 38-40°C [10].

Pentru practica pediatrică, din păcate, nu există valori de referință similare. În articolul tutorial din 2014, Haberman E. recomandă la pacientul pediatric utilizarea dispozitivelor de încălzire a perfuzabilului pentru perfuzii mai mari de 30 ml/kg [29]. Extrapolând experiența clinică din practica anestezică a pacientului adult, în cazul copiilor, soluțiile vor fi încălzite atunci când este necesar de perfuzat volume mari (de ex., chi-

case if hypothermia is installed. It will be maintained a central temperature of at least 36.5°C [10].

Regarding paediatric patient, at the moment, does not exist yet an official guideline which stipulates risk factors for intra-operative hypothermia, or what kind of warming devices should be used to avoid this risk. It is suggested that starting “warming” of the paediatric patient in the pre-anaesthesia unit or operating room is beneficial, especially for long duration surgery or when type of surgery necessitates big surface areas of skin exposure. Study of Gorges M. and colleagues (2013) find a high correlation between forced air warmers and reduced rates of intra-operative hypothermia in spinal paediatric surgery [39]. Beedle S. and colleagues (2019) report reduction of intra-anaesthetic paediatric hypothermia rate to 1.84%, comparative with 16.3%; after implementation of patient’s warming methods and temperature monitoring on skin over temporal artery, according to the guideline elaborated by a group of nurses from Midwestern Children’s Hospital [8].

Forced air warmers reduce radiant heat loss by providing a barrier between skin and ambient air [40]. By placing them underneath the child, we allow warm air to circulate around the child and reduce both, radiation and conductive heat loss. Regarding under body blankets a high level vigilance should be taken that the whole child is on the blanket, as limbs extending beyond the edge may obstruct uniform air flow, and, by this, become exposed to the risk of burns. Also, medical staff must pay attention at the cleaning fluids and ensure that this does not pool around patient, because this will then evaporate, causing cooling effect [29].

Also, in an effort to prevent PIH in adults, NICE guideline indicates to use a fluid warmer in patients receiving  $\geq 500$  ml of intravenous fluids (up to 37°C), or any blood products should have used. Also, it is recommended to pre-warm intra-operative irrigation solutions up to 38-40°C [10].

There is no such guidance to date for paediatric practice. In the tutorial article from 2014, Haberman E. suggests that for infusion volumes greater than 30 ml/kg fluid, a fluid warmer should be considered [29]. Extrapolating clinical experience from adult patient anaesthetic practice, in case of children, solutions should be warmed when there are planned big volume infusions (e.g., open abdominal surgery) and when blood products are likely to be required. According to the same NICE guideline [10], in immediate postoperative period, it is suggested to evaluate and document the temperature at least once in 15 minutes, one of the criteria of discharge from recovery room being normothermia. Further, in surgical ward, temperature will be routinely monitored once in 4 hours. In case of hypothermia, there will be initiated warming measures and body temperature will be monitored once in 30 minutes [10].

On the other side, paediatric patient benefiting of active warming procedures for normothermia maintenance is susceptible to risk of over-heating and hyperthermia. Therefore, in case when we use medical warming devices continuous temperature monitoring is mandatory. Medical devices with non-uniform warming of patient can cause induced hyperthermia and burns. The effects of hyperthermia are: increased localised blood flow (skin and muscles), increased vascular

rurgia abdominală laparotomică), precum și în cazul transfuziei componentelor de sânge. Conform aceluiași ghid NICE, în perioada postoperatorie imediată, temperatura se va evalua și documenta, cel puțin, o dată la 15 min, unul dintre criteriile de externare din sala de trezire fiind normotermia. În continuare, în secția de referință, temperatura va fi evaluată, implicit, la fiecare 4 ore. În cazul constatării hipotermiei, se va iniția încălzirea pacientului, iar temperatura va fi măsurată la fiecare 30 de minute [10].

Pe de altă parte, pacientul pediatric, fiind încălzit cu dispozitive speciale, este susceptibil riscului de supraîncălzire. Prin urmare, în cazul utilizării dispozitivelor de încălzire, monitorizarea intraanestezică continuă a temperaturii este obligatorie. Dispozitivele medicale cu încălzire neuniformă a pacientului ar putea induce hipertermie și provoca combustii. Efectele hipertermiei iatrogene sunt creșterea localizată a fluxului sanguin în piele și mușchii adiacenți, cu permeabilizare vasculară, edem, moarte celulară și până la disfuncție de organ. Hipertermia indusă intraoperator necesită monitorizare și diagnostic diferențiat cu: hiperpirexia iatrogenă, hipertermia malignă, infecția bacteriană sau virală, artrogripoza, osteogeneza imperfectă, disfuncția imună Riley-Day, criza tireotoxică, feocromocitom, sindromul neuroleptic malign, administrarea de meperidină concomitent cu inhibitorii de monoaminoxidază [2].

### Concluzii

Pacientul pediatric este susceptibil riscului sporit de hipertermie perioperatorie. Durata mare a intervenției, chirurgia majoră, nou născutul și copilul de până la 1 an, malnutriția, urgența intervenției, riscul ASA III-V și volumul estimat al perfuziei intravenoase care depășește 30 ml/kg sunt factori care contribuie semnificativ la instalarea HIP.

Este stringent necesară elaborarea unui ghid de practică clinică, care explorează particularitățile fiziologice ale HIP pediatrice, cu recomandări clare, fundamentate pe evidențe științifice, aplicabile „la patul pacientului”. De asemenea, sunt necesare studii prospective pentru a defini impactul prevenirii hipotermiei asupra rezultatelor postoperatorii în chirurgia pediatrică. Până atunci, alegerea metodei de monitorizare și de menținere a normotermiei pacientului pediatric rămâne, deocamdată, în mâinile medicului-anestezist.

### Declarația de conflict de interese

Autoarea declară lipsa conflictului de interes, financiar și nonfinanciar, asociat cu subiectul acestei lucrări.

### Referințe / references

1. Hart S., Bordes B., Hart J., Corsino D., Harmon D. Unintended perioperative hypothermia. *The Ochsner Journal*, 2011; 11: 259-270.
2. Cote C., Lerman J., Anderson B. (eds). In: A practice of anesthesia for infants and children. 6<sup>th</sup> ed., Philadelphia, PA: Saunders, 2019; pp. 4963-4971.
3. Sessler D. Temperature regulation and monitoring. In: Miller R., Eriksson L., Fleisher L., Wiener-Kronish J., eds. *Miller's Anesthesia*. 7<sup>th</sup> ed., Philadelphia, Churchill Livingstone / Elsevier, 2010; pp.1533-1536.

permeability, with oedema, cell death and organ dysfunction. The intraanaesthetic installed hypothermia necessitates close monitoring and differential diagnostic with the following states: iatrogenic hyperpyrexia, malignant hyperthermia, viral or bacterial infection, arthrogryposis, osteogenesis imperfecta, immune dysfunction Riley-Day, thyrotoxic crisis, pheochromocytoma, neuroleptic malign syndrome, administration of meperidine with monoamine oxidase inhibitors [2].

### Conclusions

Paediatric patient is more susceptible for risk of perioperative hypothermia. Long lasting surgery, major surgery, neonate and child under 1 year old, malnutrition, emergent cases, ASA III-V risk and total intravenous infusion of more than 30 ml/kg are factors that can significantly contribute to PIH installation.

At the moment there exists a stringent necessity to elaborate a guideline that explores physiologic particularities of PIH in paediatric patients, with very clear recommendations, evidence based, but, at the same time, a practical approach, at „the patient's bed”. Also, further evidence is needed to determine the impact of PIH prevention on perioperative outcomes in paediatric surgery. Until then, the type of temperature monitoring and normothermia maintenance chosen are, for now, up to the anaesthesiologist.

### Declaration of conflicting interests

The author has no financial or nonfinancial disclosures to declare.

4. Tander B., Baris S., Karakaya D., Ariturk E., Rizalar R. *et al.* Risk factors influencing inadvertent hypothermia in infants and neonates during anesthesia. *Paediatric Anaesthesiology*, 2005; 15: 574-579.
5. Kurz A. Physiology of thermoregulation. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2008; 22 (4): 627-644.
6. Pearce B., Christensen R., Voepel-Lewis T. Perioperative hypothermia in the pediatric population: prevalence, risk factors and outcomes. *Journal of Anesthesia and Clinical Research*, 2010; 1 (1): 1-4.

7. Bajwa S. and Swati. Peri-operative hypothermia in pediatric patients: diagnosis, prevention and management. *Anaesthesia Pain & Intensive Care*, 2014; 18 (1): 97-100.
8. Beedle S., Phillips A., Wiggins S., Struwe L. Preventing unplanned perioperative hypothermia in children. *AORN J.*, 2017; 105 (2): 170-183.
9. Holzman R., Mancuso T., Cravero J., DiNardo J. (eds.). In: *Pediatric Anesthesiology Review*. 2<sup>nd</sup> ed., Springer Ed., 2017; pp.667-680.
10. National Institute for Health and Clinical Evidence. Clinical practice guideline: The management of inadvertent perioperative hypothermia in adults. <http://www.nice.org.uk/nicemedia/pdf/CG65Guidance.pdf>. (accesat 28.10.2018).
11. ASPAN's (American Society of PeriAnesthesia Nurses) clinical guideline for the prevention of unplanned perioperative hypothermia. ([http://or.org/pdf/HYPOTHERMIA\\_GUIDELINE10-02.pdf](http://or.org/pdf/HYPOTHERMIA_GUIDELINE10-02.pdf)) (accesat: 28.10.2018).
12. Mellng A., Ali B., Scott E., Leaper D. Effect of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomized controlled trial. *Lancet*, 2001; 358 (9285): 876-80.
13. Kurz A., Sessler D., Lenhardt R. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical wound infection and shorten hospitalization. Study of Wound Infection and Temperature Group. *New England Journal of Medicine*, 1996; 334 (19): 1209-1215.
14. Mauermann W., Nemergut E. The anesthesiologist's role in the prevention of surgical site infections. *Anesthesiology*, 1996; 105: 413-421.
15. Frank S., Fleisher L., Breslow M. *et al.* Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events. A randomized clinical trial. *JAMA*, 1997; 277 (14): 1127-1134.
16. Schmied H., Kurz A., Sessler D., Kozek S., Reiter A. Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty. *Lancet*, 1996; 347 (8997): 289-292.
17. Rajagopalan S., Mascha E., Na J., Sessler D. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anesthesiology*, 2008; 108: 71-77.
18. Sakellaris G., Blevrakis E., Petrakis I. *et al.* Acute coagulopathy in children with multiple trauma: a retrospective study. *Journal of Emergency Medicine*, 2014; 47 (5): 539-545.
19. Lenhardt R., Marker E., Goll V. *et al.* Mild intraoperative hypothermia prolongs postanesthetic recovery. *Anesthesiology*, 1997; 87 (6): 1318-1323.
20. Wildschut E., van Saet A., Pokorna P. *et al.* The impact of extracorporeal life support and hypothermia on drug disposition in critically ill infants and children. *Pediatric Clinics of Northern America*, 2012; 59 (5): 1183-1204.
21. Trckova A., Stourac P. Influence of perioperative hypothermia on blood clotting in children. *Bratislavske Lekarske Listy*, 2018; 119 (5): 294-297.
22. Peri-operative hypothermia in children. NCT03770364. (accesat 28.10.2018).
23. Whiting D., Yuki K., DiNardo J. Cardiopulmonary bypass in the pediatric population. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2015; 29 (2): 241-256.
24. DiNardo J. Normothermic CPB for pediatric cardiac surgery, not ready for prime time. *Paediatric Anaesthesia*, 2015; 25 (2): 111-112.
25. Shankaran S., Laptook A., Ehrenkranz R. *et al.* Whole-body hypothermia for neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy. *New England Journal of Medicine*, 2005; 353 (15): 1574-1584.
26. Gluckman P., Wyatt J., Azzopardi D. *et al.* Selective head cooling with mild systemic hypothermia after neonatal encephalopathy: multicentre randomised trial. *Lancet*, 2005; 365 (9460): 663-670.
27. Moler F., Silverstein F., Holubkov R. *et al.* Therapeutic hypothermia after out-of-hospital cardiac arrest in children. *New England Journal of Medicine*, 2015; 372 (20): 1898-1908.
28. Slomine B., Silverstein F., Christensen J. *et al.* Neurobehavioral outcomes in children after out-of-hospital cardiac arrest. *Pediatrics*, 2016; 137: e20153412.
29. ATOTW 305 – Temperature management in children. Anaesthesia tutorial of the week 305; 2014. (accesat 28.10.2018).
30. Jay O., Molgat-Seon Y., Chou S., Murto K. Skin temperature over the carotid artery provides an accurate noninvasive estimation of core temperature in infants and young children during general anaesthesia. *Paediatric Anaesthesia*, 2013; 23: 1109-1116.
31. Leduc D., Woods S.; Canadian Paediatric Society, Community Paediatrics Committee. POSITION STATEMENT. Temperature measurement in paediatrics. <http://www.cps.ca/en/documents/position/temperature-measurement>. (accesat 28.10.2018).
32. Robinson J., Charlton J., Seal R., Spady D., Joffres M. Oesophageal, rectal, axillary, tympanic and pulmonary artery temperatures during cardiac surgery. *Canadian Journal of Anaesthesia*, 1998; 45: 317-323.
33. Maxton F., Justin L., Gillies D. Estimating core temperature in infants and children after cardiac surgery: a comparison of six methods. *Journal of Advanced Nursing*, 2004; 45 (2): 214-22.
34. Langham G., Maheshwari A., Contrera K., You J., Mascha E. *et al.* Noninvasive temperature monitoring in postanesthesia care units. *Anesthesiology*, 2009; 111: 90-96.
35. Craig J., Lancaster G., Taylor S., Williamson P., Smyth R. Infrared ear thermometry compared with rectal thermometry in children: a systematic review. *Lancet*, 2002; 360: 603-609.
36. Drake-Brockman T., Hegarty M., Chambers N., von Ungern-Sternberg B. Monitoring temperature in children undergoing anaesthesia: a comparison of methods. *Anaesthesia Intensive Care*, 2014; 42 (3): 315-20.
37. Engorn B., Kahntroff S., Frank K., Singh S. *et al.* Perioperative hypothermia in neonatal intensive care unit patients: effectiveness of a thermoregulation intervention and associated risk factors. *Paediatric Anaesthesia*, 2017; 27 (2): 196-204.
38. Duryea E., Nelson D., Wyckoff M. *et al.* The impact of ambient operating room temperature on neonatal and maternal hypothermia and associated morbidities: a randomized controlled trial. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 2016; 214: 505-507.
39. Gorges M., Ansermino J., Whyte S. A retrospective audit to examine the effectiveness of preoperative warming on hypothermia in spine deformity surgery patients. *Paediatric Anaesthesia*, 2013; 23: 1054-61.
40. Sessler D. Forced-air warming in infants and children. *Paediatric Anaesthesia*, 2013; 23: 467-468.