

Wytyczne Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii dotyczące zapobiegania niezamierzonej śródoperacyjnej hipotermii

Bartosz Horosz¹, Artur Adamiec², Małgorzata Malec-Milewska¹, Hanna Misiółek²

¹Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego w Warszawie

²Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Anestezjologia Intensywna Terapia 2021;
53, 5: 376–386

ADRES DO KORESPONDENCJI:

Prof. dr hab. n. med. Hanna Misiółek, Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Szpital Kliniczny Nr 1 w Zabrze, ul. 3 Maja 13-15, 41-800 Zabrze, e-mail: katanest@sum.edu.pl

UZASADNIENIE I ZAKRES PROBLEMU

Ośrodkowa temperatura człowieka jest ściśle, z dokładnością do 0,2°C, regulowana i koordynowana na poziomie ośrodkowego układu nerwowego, w ośrodku zlokalizowanym w podwzgórze, za pomocą kilku efektorowych mechanizmów obronnych zapobiegających nadmiernemu wychłodzeniu i przegrzaniu. Centralna regulacja dopuszcza różnicowanie, zarówno dobowe, jak i miesięczne, nawet na poziomie 1°C, natomiast w warunkach normalnych aktywacja skutecznych mechanizmów obronnych zapobiega najmniejszemu nawet wychłodzeniu i zwiększeniu temperatury ośrodkowej w każdym momencie dnia.

Znieczulenie (zarówno ogólne, jak i przewodowe) ogranicza możliwości obronne organizmu w tym zakresie, zwiększając przedział temperatur akceptowanych przez ośrodek termoregulacji z kilku dziesiątych nawet do kilku stopni Celsjusza. Stanowi to jeden z czynników sprzyjających wychłodzeniu śródoperacyjnemu, czyli obniżeniu temperatury ośrodkowej poniżej 36°C. Rozszerzenie naczyń obwodowych, do którego dochodzi bądź na skutek bezpośredniego wpływu środków znieczulenia ogólnego na naczynia, bądź blokady współczulnej w przebiegu znieczuleń przewodowych, odpowiada za początkowy szybki spadek temperatury ośrodkowej. Przewaga utraty ciepła nad jego produkcją stanowi o dalszym zmniejszeniu zasobów ciepłych organizmu w kolejnych godzinach zabiegu chirurgicznego, czego wynikiem jest obniżenie temperatury ośrodkowej nawet o 2–3°C. Możliwymi następstwami tego zjawiska są zaburzenia krzepnięcia, większe ryzyko przetoczeń okołoperacyjnych, zwiększona częstość zakażeń miejsca operowanego oraz – jako wynik powyższych powikłań –

przedłużony czas pobytu w szpitalu i wzrost kosztów hospitalizacji [1].

Pomiar temperatury w czasie znieczulenia jest niezbędną składową monitorowania śródoperacyjnego, zarówno w przypadku znieczuleń ogólnych, jak i przewodowych, co jest czynnikiem absolutnie koniecznym, aby rozpoznać i leczyć, a także zapobiegać wystąpieniu tego najczęstszego z możliwych powikłań znieczulenia [2].

Dane epidemiologiczne pochodzące z Europy i Australii dotyczące monitorowania śródoperacyjnego i częstości występowania niezamierzonej śródoperacyjnej hipotermii (NŚH), definiowanej jako obniżenie temperatury poniżej 36°C, wskazują na potrzebę podsumowania istniejących doniesień naukowych i przełożenia ich na rekomendacje kliniczne, których wdrażanie będzie krokiem w kierunku podniesienia jakości opieki okołoperacyjnej w Polsce [3, 4]. Dbanie o komfort cieplny pacjenta jest bardzo ważnym elementem opieki okołoperacyjnej zawartym w protokole kompleksowej opieki okołoperacyjnej poprawy wyników leczenia ERAS [5].

METODYKA PRZYGOTOWANIA WYTYCZNYCH. ZASTOSOWANE KLASY ZALECEŃ I POZIOMY WIARYGODNOŚCI

W celu odnalezienia najbardziej istotnego oraz bieżącego piśmiennictwa autorzy przeprowadzili wyszukiwanie w kilku medycznych bazach danych (PubMed, Cochrane Library, Elsevier ClinicalKey, Web of Knowledge), używając ustalonych wspólnie słów kluczowych. Spośród kilku tysięcy uzyskanych wyników wybrano istotne dla poszczególnych części niniejszego dokumentu, priorytetowo traktując publikacje o charakterze przeglądów badań nauko-

TABELA 1. Aktualna skala siły zaleceń

Opinia autorów w sprawie bilansu korzystnych i niekorzystnych skutków danej interwencji	Wiarygodność danych (level of evidence)	Siła zalecenia (strength of recommendation)	Siła zalecenia – implikacje praktyczne
wyraźna przewaga jednej z opcji postępowania (1)	decyzja oparta na wiarygodnych badaniach RCT, których wyniki są spójne (A)	1A	silne zalecenie; dane postępowanie powinno być powszechnie stosowane, jeśli tylko nie ma mocnych przeciwwskazań
wyraźna przewaga jednej z opcji postępowania (1)	decyzja oparta na badaniach RCT, których wyniki nie są spójne lub o kwestionowanej wiarygodności* (B)	1B	silne zalecenie, lecz z mniejszym stopniem pewności; prawdopodobnie słuszne w większości przypadków
wyraźna przewaga jednej z opcji postępowania (1)	decyzja oparta na badaniach nieeksperymentalnych (C), czasami klinicznie bardzo przekonująca	1C	średnia siła zalecenia; zalecenie może ulec zmianie po uzyskaniu bardziej wiarygodnych danych; prawdopodobnie słuszne
brak wyraźnej przewagi jednej z opcji postępowania (2)	decyzja oparta na wiarygodnych badaniach RCT z jednorodnymi wynikami (A)	2A	średnia siła zalecenia; decyzja o jego przyjęciu jest sprawą wyboru i może zależeć od lokalnych i indywidualnych uwarunkowań; interwencja nie musi być stosowana
brak wyraźnej przewagi jednej z opcji postępowania (2)	decyzja oparta na badaniach RCT z różniącymi się wynikami (heterogeneity) lub z kwestionowaną wiarygodnością* (B)	2B	słabe zalecenie; alternatywne postępowanie może być równie dobre lub lepsze
brak wyraźnej przewagi jednej z opcji postępowania (2)	decyzja oparta na badaniach nieeksperymentalnych	2C	słabe zalecenie; alternatywne postępowanie prawdopodobnie równie dopuszczalne

*Zmniejszona wiarygodność RCT może wynikać z dużego odsetka pacjentów niekończących badania, braku podwójnie ślepej próby przy ocenie subiektywnych punktów końcowych, nieutajonego procesu randomizacji oraz małej liczby pacjentów biorących udział w badaniu (arbitralny próg - 100 osób).

wych z randomizacją. Zidentyfikowano 11 publikacji o typie metaanaliz lub przeglądów systematycznych bezpośrednio dotyczących zagadnienia wychłodzenia śródoperacyjnego.

Podjęto również kroki w celu identyfikacji istniejących zaleceń dotyczących problemu wychłodzenia śródoperacyjnego opublikowanych przez narodowe i międzynarodowe organizacje, zarówno poprzez analizę bibliografii dostępnych publikacji, jak i ręczne przeszukiwanie powyższych baz danych oraz internetu. W ten sposób wyszukano kilka publikacji o charakterze zaleceń wydanych przez instytucje rządowe i narodowe towarzystwa naukowe [6–9]. Brytyjskie zalecenia *National Institute for Health and Care Excellence, Clinical Guideline 65* z 2008 r., uaktualnione w 2016 r., będąc cytowanym powszechnie dokumentem (również w pozostałych dostępnych obecnie wytycznych), stały się podstawowym materiałem źródłowym przy opracowywaniu niniejszych wytycznych.

Proces tworzenia poszczególnych zaleceń ze wskazaniem siły oddziaływania ze względu na rodzaj dostępnych danych naukowych oparto na zasadach określania siły zaleceń *Oxford Centre of Evidence-Based Medicine* (OCEBM), z zastosowaniem pięciostopniowej skali (I-V) [10]. Siłę rekomendacji zaleceń określonego poziomu przedstawiono według skali trójstopniowej – siła oddziaływania A: metodologia analizowanych badań wiarygodna, wyniki spójne; B: metodologia mniej wiarygodna bądź wyniki niespójne; C: metodologia niespójna, badania głównie obserwacyjne [11].

WYTYCZNE

Fizjologia termoregulacji i termoregulacja okołoperacyjna

Ośrodkowa temperatura ciała człowieka jest jednym z parametrów, które podlegają niezwykle ścisłej regulacji. W każdym momencie odchylenie od założonego poziomu już o kilka dziesiątych stopnia powoduje aktywację mechanizmów obronnych, co działa w oparciu o zasadę sprzężenia zwrotnego pomiędzy aferentnymi sygnałami pochodzącymi z termoreceptorów (dostarczającymi informacje do ośrodka termoregulacji zlokalizowanego w okolicy przedwzrokowej podwzgórza) a impulsacją eferentną do narządów efektorowych, wyzwalając w nich zmiany służące zmniejszeniu utraty i zwiększeniu produkcji bądź zwiększeniu utraty, w zależności od potrzeb termicznych organizmu [12].

Reakcje służące zachowaniu homeostazy termicznej organizmu można podzielić na autonomiczne i behawioralne, przy czym zależne od woli, a zniesione podczas znieczulenia zachowania, takie jak ubiór dostosowany do warunków atmosferycznych czy przebywanie w miejscach zacienionych lub nasłonecznionych, są dużo bardziej skuteczne niż niezależne od woli rozszerzenie naczyń obwodowych oraz pocenie (zapobiega przegrzaniu) czy też obkurczenie naczyń obwodowych (zapobiega wychłodzeniu) i drżenia mięśniowe [13].

Działanie podwzgórzowego ośrodka termoregulacji można opisać w uproszczeniu za pomocą dwóch zjawisk, określanych jako punkt nastawienia

(temperatura zadana), oscylujący wokół 37°C, oraz przedział międzyprogowy, zazwyczaj 0,2°C poniżej i powyżej punktu nastawienia. To przedział temperatur, w którym mechanizmy obronne nie są jeszcze aktywowane i który w normalnych warunkach wynosi 0,4°C. Zakres przedziału międzyprogowego istotnie zmienia się w trakcie znieczulenia [14].

Podaj zarówno środków wziewnych, jak i dożylnych stosowanych w czasie znieczulenia ogólnego istotnie zaburza ustrojową kontrolę temperatury na poziomie centralnym, głównie poprzez zmniejszenie dolnej wartości przedziału międzyprogowego, czyli temperatury, poniżej której aktywowane są mechanizmy przeciwdziałające wychłodzeniu, a więc obkurczenie obwodowych naczyń krwionośnych oraz drżenia mięśniowe [15]. Typowymi przykładami niekorzystnego działania anestetyków mogą być desfluran i propofol, które przy stosowaniu standardowych dawek obniżają próg aktywacji powyższych mechanizmów do wartości poniżej 34°C. Mechanizm tego działania nie jest znany, ale w jego następstwie organizm pacjenta znieczulonego zachowuje się jak organizm zmiennocieplny – pomimo spadku temperatury ośrodkowej nie aktywuje procesów obronnych w znacznym zakresie temperatur [14].

Blokady centralne (podpajęczynówkowa i zewnątrzoponowa), pomimo braku niekorzystnego wpływu środków znieczulenia ogólnego, prowadzą do zaburzeń termoregulacji o zbliżonym nasileniu, jednak na drodze innych mechanizmów. Podobnie jak podczas znieczulenia ogólnego, obniżeniu ulega próg aktywacji mechanizmów zapobiegających wychłodzeniu, nie zależy to jednak w tym przypadku od bezpośredniego ośrodkowego wpływu środków użytych do blokady centralnej, ale jest raczej spowodowane zablokowaniem dróg przewodzenia czucia (w tym temperatury) z obszaru objętego blokadą. Wydaje się, że brak impulsacji czucia zimna interpretowany jest przez ośrodek podwzgórzowy jako odczuwanie ciepła, dlatego przytomni pacjenci znieczulani przewodowo zgłaszają uczucie komfortu cieplnego, nawet gdy ich temperatura ośrodkowa się obniża [16]. Dodatkowo blokada przewodzenia impulsów nerwowych do i z obszaru objętego znieczuleniem zapobiega zarówno obkurczeniu naczyń obwodowych, jak i wystąpieniu drżeń mięśniowych, wyłączając autonomiczne mechanizmy obronne w znacznej części ciała. W wyniku powyższych zaburzeń ryzyko wystąpienia wychłodzenia śródoperacyjnego u pacjentów operowanych w centralnym znieczuleniu przewodowym i ogólnym jest zbliżone. W przypadku znieczuleń przewodowych zależy ono od poziomu blokady, przy czym wychłodzenie rośnie wraz z jej rozległością [17].

Okołooperacyjna równowaga cieplna

Organizm ludzki charakteryzuje się występowaniem dwóch przedziałów termicznych: ośrodkowego (narządy wewnętrzne oraz głowa) i obwodowego (kończyny i tkanki powierzchni ciała). Stabilność termiczna przedziału ośrodkowego definiuje stałocielność ludzi, stąd temperatura ośrodkowa to parametr bardzo ściśle regulowany, jednolity w całym przedziale i pozostający na relatywnie stałym poziomie w dość szerokim przedziale temperatur panujących w otoczeniu. Charakterystyka przedziału obwodowego jest istotnie inna. Przedział ten jest zazwyczaj chłodniejszy o 2–4°C niż ośrodkowy, o różnej temperaturze (np. palce stóp i ramiona). Stanowi on także przestrzeń wymiany ciepła pomiędzy przedziałem ośrodkowym, gdzie jest ono produkowane, a otoczeniem [17]. Szybkość wymiany jest w znacznej mierze regulowana przez obwodowy przepływ krwi, co z kolei podlega regulacji autonomicznej przez podwzgórzowy ośrodek termoregulacji [19]. Uznano, że 95% produkowanego przez organizm ciepła przekazywane jest do otoczenia przez skórę, a jedynie pozostałe 5% przez układ oddechowy [14].

Obecność śródoperacyjnego wychłodzenia u dużego odsetka pacjentów wynika z nakładania się kilku niekorzystnych zjawisk: 1) zaburzeń termoregulacji spowodowanych znieczuleniem, 2) niskich temperatur panujących na salach operacyjnych, 3) stosowania płynów infuzyjnych o temperaturze otoczenia, 4) utraty przez ranę operacyjną [20]. Wynikiem działania tych czynników jest obniżenie temperatury ośrodkowej większości znieczulanych i nieogrzewanych pacjentów, co przebiega według określonego schematu [14].

Po indukcji znieczulenia ogólnego lub wykonaniu blokady centralnej temperatura ośrodkowa spada gwałtownie w ciągu 30–60 min, nawet o 1–1,5°C. Tak gwałtownego spadku nie sposób wytłumaczyć wyłącznie utratą ciepła przez skórę. Uważa się, że jego podstawową przyczyną jest zwiększenie obwodowego przepływu krwi na skutek rozszerzenia naczyń krwionośnych, co powoduje przesunięcie ciepła z przedziału ośrodkowego do obwodowego, w tym czasie zasób ciepła organizmu pozostaje względnie stały [18, 21]. Zmiany te wynikają z zaburzenia równowagi funkcjonalnej ośrodka termoregulacji i są związane ze znacznym obniżeniem temperatury, poniżej której dochodzi do obkurczenia naczyń obwodowych. Dodatkowo, większość środków znieczulenia ogólnego wpływa bezpośrednio rozkurczowo na naczynia obwodowe, zwiększając obwodowy przepływ krwi, który jest porównywalny do wywołanej znieczuleniem przewodowym sympatektomii i rozszerzenia łożyska naczyniowego w obszarze blokady [22]. W badaniach na ochotnikach stwierdzono, że redystrybucja krwi w początkowym okresie znieczulenia stanowi najbardziej

istotny czynnik odpowiedzialny za wychłodzenie śródoperacyjne, przyczynia się bowiem w ponad 80% do początkowego szybkiego spadku temperatury w ciągu jednej godziny od indukcji znieczulenia ogólnego bądź wykonania blokady centralnej [18, 21]. Zabiegiem o udowodnionej skuteczności w zmniejszeniu śródoperacyjnej redystrybucji ciepła z przedziału centralnego do obwodowego jest aktywne ogrzewanie przed indukcją znieczulenia bądź wykonaniem blokady centralnej (*prewarming*) (**poziom dowodów 1; siła zaleceń: A**).

W ciągu kolejnych 2–3 godzin znieczulenia pogłębianie śródoperacyjnego wychłodzenia jest wynikiem przewagi utraty ciepła nad jego produkcją. Spadek temperatury jest w tej fazie wolniejszy, a przy braku aktywnego ogrzewania powierzchni ciała utrata ciepła jest zależna niemal liniowo od różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią skóry pacjenta i otoczeniem. W tym okresie istotne znaczenie mają więc niesprzyjające warunki panujące na sali operacyjnej (klimatyzacja ustawiona na temperaturę 19–21°C) oraz rozległość i czas trwania operacji. Stosowanie aktywnych metod zapobiegania hipotermii, takich jak systemy obiegu ciepłego powietrza (*forced air warming* – FAW), materace i koce elektryczne (*resistive heating*), i ogrzanych płynów infuzyjnych ma w tym czasie największy wpływ na ograniczenie śródoperacyjnego wychłodzenia (**poziom dowodów: 1; siła zaleceń: A**).

Po 2–3 godzinach znieczulenia dochodzi do stabilizacji temperatury, która dalej nie ma już tendencji spadkowej, nawet przy zabiegach trwających wiele godzin. Aktywacja zależnego od ośrodka termoregulacji skurczu mięśniówki naczyń obwodowych oraz mniejsza różnica temperatur pomiędzy skórą pacjenta a otoczeniem zmniejsza utratę ciepła, co pomimo znacznie mniejszej produkcji wystarcza do rozwinięcia stanu równowagi.

Czynniki ryzyka niezamierzonej śródoperacyjnej hipotermii

Mimo że narażenie na wychłodzenie śródoperacyjne jest powszechne, jego częstość występowania oraz stopień nasilenia zależą od wielu czynników zależnych od pacjenta, zabiegu chirurgicznego, rodzaju znieczulenia oraz warunków panujących na sali operacyjnej. Identyfikacja tych czynników w nieoconiony sposób pomaga podjąć odpowiednie decyzje dotyczące konieczności stosowania metod zapobiegania i właściwego wykorzystania dostępnych materiałów i środków.

Analiza przeprowadzonych badań pozwoliła na identyfikację najczęściej występujących czynników ryzyka [23–20]:

- wiek > 60 lat,
- niskie BMI/mierny stan odżywienia,

- temperatura ośrodkowa przed indukcją znieczulenia niższa niż fizjologiczna,
- współistniejące schorzenia i terapie predysponujące do wystąpienia śródoperacyjnej hipotermii (niedoczynność tarczycy, cukrzyca z polineuropatią cukrzycową, leki przeciwpadaczkowe i anksjolityki),
- połączenie znieczulenia ogólnego z centralnym znieczuleniem przewodowym,
- niska temperatura na sali operacyjnej.

Większe ryzyko wychłodzenia okołooperacyjnego w wieku podeszłym wynika najprawdopodobniej ze związanych z wiekiem zaburzeń termoregulacji, polegających m.in. na upośledzonych mechanizmach obronnych oraz istotnie zmniejszonej produkcji ciepła [23]. W porównaniu z osobami młodymi, pacjenci w podeszłym wieku są również bardziej narażeni na wychłodzenie śródoperacyjne podczas zabiegów przeprowadzanych w znieczuleniach przewodowych [24]. Zasady zaburzeń termoregulacji okołooperacyjnej pacjentów z małym BMI oraz otyłych są różne [25]. U osób otyłych zjawisko redystrybucji ma mniejszy zakres, a utrata ciepła jest utrudniona ze względu na lepszą izolację tkanką tłuszczową – stąd mniejsze obniżenie temperatury ośrodkowej w początkowej fazie znieczulenia oraz mniejsza utrata w jego dalszym przebiegu [14]. Zasób ciepła organizmu w początkowej fazie znieczulenia, w fazie redystrybucji krwi (i ciepła) nie zmienia się, dlatego im większa ilość ciepła w organizmie (łącznie w przedziale ośrodkowym i zazwyczaj o 2–3°C chłodniejszym obwodowym), tym trudniejsze jest obniżenie temperatury ośrodkowej, w związku z czym pacjenci o wyjściowo niższej temperaturze łatwiej ulegną wychłodzeniu, a wyniki pomiarów poniżej 36°C przed indukcją znieczulenia są istotnym czynnikiem ryzyka hipotermii związanej ze znieczuleniem. Istnieją też przekonujące dowody na zwiększenie częstości tego powikłania przy współwystępowaniu takich chorób układowych, jak niedoczynność tarczycy i polineuropatia cukrzycowa, oraz w trakcie leczenia środkami powodującymi zaburzenia termoregulacji, jak anksjolityki i środki przeciwpadaczkowe [28].

Szczególną sytuacją z punktu widzenia zaburzeń termoregulacji wywołanych znieczuleniem jest połączenie znieczulenia ogólnego z przewodowym. Oprócz spotęgowanych zaburzeń ośrodkowych i redystrybucji, mechanizmy obronne w postaci obwodowego obkurczenia naczyń krwionośnych i drzeń mięśniowych nie są aktywowane w obszarze objętym blokadą, nawet po osiągnięciu obniżonego śródoperacyjnie progu aktywacji (zazwyczaj < 35°C). Pacjenci znieczulani ogólnie z dodatkiem blokady centralnej, pomimo niewątpliwych korzyści płynących z tego połączenia, znajdują się w gru-

pie znacznie podwyższonego ryzyka wychłodzenia śródoperacyjnego [16].

Temperatura sali operacyjnej jest zazwyczaj ściśle kontrolowana, z tendencją do utrzymywania wartości rzędu 19–21°C, w celu zapewnienia komfortu personelowi bloku operacyjnego. Gradient temperatur pomiędzy powierzchnią ciała pacjenta a otoczeniem jest tym samym zwiększony, co ma niewielki wpływ na związaną ze znieczuleniem redystrybucję, ale znacznie ułatwia utratę ciepła w kolejnych fazach zabiegu chirurgicznego [24, 30]. W związku z tym sugeruje się utrzymanie temperatury sali operacyjnej powyżej 21°C, przynajmniej do czasu wdrożenia metod aktywnego ogrzewania pacjenta [6, 9] (**poziom dowodów: 1; siła zaleceń B**).

Następstwa niezamierzonej śródoperacyjnej hipotermii

Najczęściej opisywane niekorzystne następstwa wychłodzenia okołoperacyjnego to zaburzenia krzepnięcia, zwiększone ryzyko infekcji oraz powikłań sercowo-naczyniowych. Dowody naukowe na powyższy związek przyczynowo-skutkowy zebrane zostały w metaanalizach i przeglądach systematycznych badań klinicznych, których większość pochodzi z lat 90., gdy zapobieganie NŚH nie należało jeszcze do standardu opieki okołoperacyjnej i badania takie były etycznie dopuszczalne. W związku z coraz powszechniejszą świadomością problemu szkodliwości NŚH, badania ostatniej dekady w większości mają formę analiz retrospektywnych i badań obserwacyjnych. Nowsze metaanalizy skupiają się więc na wynikach badań oceniających skuteczność stosowanych metod zapobiegania hipotermii w prewencji jej niekorzystnych następstw [31–33].

Zmiany w układzie krzepnięcia wywołane śródoperacyjnym obniżeniem temperatury ośrodkowej o 1–2°C są najprawdopodobniej najbardziej rozpoznawalnym powikłaniem NŚH, ze względu na zwiększone ryzyko krwawienia śródoperacyjnego. Wskazuje się na zaburzenia funkcji płytek, których wynikiem jest m.in. zmniejszone uwalnianie tromboksanu A₂, oraz zmniejszenie prędkości reakcji enzymatycznych jako zjawiska odpowiedzialne za znaczną część zmian w układzie hemostazy [34]. Liczne badania kliniczne z randomizacją, których wyniki zostały podsumowane w metaanalizie, dowodzą związku wychłodzenia na stole operacyjnym ze zwiększoną utratą krwi i koniecznością przetoczeń preparatów krwiopochodnych [35]. Związek ten jest poparty bieżącymi wieloczynnikowymi analizami wyników pooperacyjnych w bardzo licznych populacjach badanych pacjentów [36, 37].

Wykazano, że hipotermia śródoperacyjna wpływa negatywnie na wiele aspektów działania układu odpornościowego, takich jak: migracja leukocytów,

zdolność lityczna i chemotaksja neutrofilów, produkcja cytokin i przeciwciał. Dodatkowo obkurczenie obwodowych naczyń krwionośnych będące mechanizmem obronnym towarzyszącym obniżeniu ośrodkowej temperatury ciała powoduje zmniejszenie dostarczania tlenu i składników krwi do okolic rany operacyjnej [34]. Ostatecznym skutkiem tego typu zjawisk jest zwiększona podatność na zakażenia, w tym zakażenia miejsca operowanego (ZMO). Uwzględniając liczbę przeprowadzanych obecnie zabiegów operacyjnych i fakt, że ok. 15% wszystkich zakażeń szpitalnych to ZMO, nakład finansowy związany z leczeniem następstw tego powszechnego powikłania jest znaczny. W podwójnie zaślepionym badaniu zakończonym po analizie wyników pochodzących od 200 pacjentów chirurgii kolorektalnej, pacjenci z grupy, w której utrzymano prawidłową temperaturę ciała (normotermia), mieli znacznie mniejsze ryzyko infekcji rany operacyjnej niż w przypadkach, gdzie dopuszczono wychłodzenie rzędu 2°C [38]. Większość dostępnych badań potwierdza powyższy związek [39, 40] i mimo że publikowane są również doniesienia o jego wątpliwej istotności, śródoperacyjną normotermię uznaje się za jeden z istotnych czynników warunkujących właściwą odpowiedź organizmu na kontaminację miejsca operowanego.

Niezamierzona śródoperacyjna hipotermia jest związana z zaburzeniami układu krążenia, m.in. poprzez zwiększoną aktywność układu współczulnego, z podwyższonym stężeniem katecholamin, w związku z tym ze zwiększonym oporem naczyniowym, podwyższonymi wartościami ciśnienia tętniczego oraz skłonnością do arytmii [41]. Efektem tych zmian jest wyraźnie zwiększone ryzyko sercowo-naczyniowe w okresie pooperacyjnym, co przekłada się na częstość występowania niekorzystnych zdarzeń kardiologicznych i rzutuje na globalne wyniki leczenia operacyjnego, czego dowiedziono w dużym badaniu z randomizacją. U pacjentów wychłodzonych dwukrotnie częściej obserwowano zmiany niedokrwienne, a czterokrotnie częściej epizody tachyarytmii komorowej w pooperacyjnym monitorowaniu EKG [42]. Wyniki te pozwalają wnioskować, że przynajmniej części powikłań kardiologicznych można zapobiec, utrzymując śródoperacyjną normotermię. Nabiera to szczególnego znaczenia w świetle nowoczesnej diagnostyki biochemicznej – wprowadzenie do powszechnego użycia testów troponinowych wysokiej czułości pozwoliło na lepszy wgląd w rzeczywistą częstość występowania uszkodzenia mięśnia sercowego w okresie okołoperacyjnym. U ok. 9% pacjentów w wieku powyżej 45 lat poddanych planowym zabiegom chirurgicznym stwierdzono podwyższony poziom troponiny sercowej. Pomimo że większość tych przypadków przebiegała bez objawów klinicz-

nych, 30-dniowa śmiertelność w tej grupie sięgała 10% [43].

Dobrze udokumentowanym następstwem NŚH jest również zmiana farmakodynamiki środków stosowanych w czasie znieczulenia. Zmniejszając prędkość reakcji enzymatycznych, obniżona temperatura wpływa istotnie na czas i siłę działania leków używanych podczas znieczulenia ogólnego, czego efektem jest wydłużony okres budzenia [44]. Udowodniono istotne wydłużenie działania środków zwiotczających oraz zwiększenie osoczkowego stężenia propofolu przy hipotermii rzędu 2°C [45, 46]. Pozostałe środki stosowane podczas znieczulenia ogólnego, w tym anestetyki wziewne, również wykazują zmienioną charakterystykę działania [47].

Monitorowanie temperatury

Istnienie dwóch przedziałów termicznych – ośrodkowego, o jednorodnej temperaturze, oraz obwodowego, w obrębie którego parametr ten jest zmienny w zakresie do kilku stopni – powoduje, że pomiary temperatury różnią się w zależności od stosowanej metody i miejsca pomiaru. Właściwe monitorowanie śródoperacyjne:

- powinno umożliwiać pomiary temperatury ośrodkowej,
- czujnik powinien być zlokalizowany w miejscu, gdzie zmiany temperatury ośrodkowej są szybko wykrywalne.

Monitorowanie ciepłoty ciała w czasie zabiegu chirurgicznego jest wskazane w celu wczesnego rozpoznania zaburzeń termicznych. Hipertermia złośliwa, mimo bardzo małej częstości występowania, jest schorzeniem o bardzo poważnym rokowaniu. Zwiększenie temperatury ośrodkowej poprzedzone gwałtownym zwiększeniem prężności końcowo-wdechowego CO₂, sztywnością mięśni i tachykardią w szybki sposób umożliwia wczesne rozpoznanie i leczenie tego zespołu [48]. Pomiar temperatury podczas znieczulenia jest też istotnym parametrem monitorowania pacjentów gorączkujących oraz w stanach predysponujących do wystąpienia gorączki. Niewątpliwie niezamierzona śródoperacyjna hipotermia jest najczęściej występującym powikłaniem związanym ze znieczuleniem, którego wykrycie nie jest możliwe bez śródoperacyjnego monitorowania temperatury ośrodkowej.

Wzorcową lokalizacją do pomiaru temperatury ośrodkowej jest tętnica płucna. Istnieje natomiast możliwość śródoperacyjnego monitorowania tego parametru w sposób wystarczająco dokładny, używając mniej inwazyjnych dostępów, takich jak dystalny odcinek przełyku, jama nosowo-gardłowa, błona bębenkowa i odbytnica.

Najbardziej wiarygodną i mało inwazyjną lokalizacją wydaje się dystalny odcinek przełyku. Czujnik

wprowadzony na odpowiednią głębokość daje pomiary zbliżone do pomiarów w tętnicy płucnej, a jego położenie można prawidłowo określić za pomocą stetoskopu przełykowego (miejsce o najlepszej słyszalności tonów serca) lub używając wypracowanych reguł [49, 50].

Temperatura błony bębenkowej odpowiada temperaturze ośrodkowej, jednak dokładne i powtarzalne pomiary z tej lokalizacji są trudne do osiągnięcia. Użycie czujników mających bezpośredni kontakt z błoną bębenkową umożliwia pomiary o prawidłowej charakterystyce, konieczne jest natomiast ostrożne użycie bardzo niewielkich, jednorazowych urządzeń, których właściwe umieszczenie na błonie bębenkowej wymaga współpracy ze strony pacjenta i może być odczuwane jako nieprzyjemne [51]. Stosowane powszechnie termometry podczerwieni służące do pomiarów temperatury błony bębenkowej, pomimo łatwości użycia, nie stanowią odpowiedniej jakości alternatywy. Nawet właściwe umieszczenie końcówki takiego termometru skutkuje najczęściej pomiarem temperatury skóry przewodu słuchowego wewnętrznego i nie odzwierciedla zmian temperatury ośrodkowej w sposób odpowiedni dla okresu śródoperacyjnego, również ze względu na znaczną rozbieżność w zależności od typu użytego termometru i niską powtarzalność pomiarów [52].

Czujniki umieszczone w jamie nosowo-gardłowej, dzięki bliskości struktur ośrodkowego układu nerwowego, dobrze odzwierciedlają temperaturę ośrodkową. Przy odpowiednim umieszczeniu czujnika dokładność pomiarów w porównaniu z temperaturą mierzoną w przełyku wynosi ok. ± 0,2°C, jednak metoda ta charakteryzuje się większą bezwładnością [50].

Okołooperacyjne pomiary temperatury z lokalizacji innych niż wymienione powyżej, ze względu bądź to na duże opóźnienie zmian (pęcherz moczowy i odbytnica), bądź brak możliwości prostego technicznie pomiaru temperatury ośrodkowej (błona bębenkowa za pomocą podczerwieni, dół pachowy, skóra czoła, jama ustna), nie są zalecane w okresie śródoperacyjnym, na co wskazują wyniki metaanalizy dostępnych badań dotyczących dokładności monitorowania temperatury za pomocą termometrów obwodowych [52] (**poziom dowód: 1; siła zaleceń: A**).

Alternatywą metodą pomiaru temperatury ośrodkowej są czujniki oparte na technologii określanej mianem „termometru zerowego przepływu” (*zero-heat-flux*), które, umieszczone na skórze czoła, podają wartości doskonale korelujące z temperaturą ośrodkową. Metoda ta, opisana w latach 70., a wdrożona do użycia klinicznego dopiero ostatnio, polega na odczycie temperatury podgrzewanej warstwy izolatora, będącej w kontakcie ze skórą czoła do

momentu, gdy ta, osiągając tę samą temperaturę co leżące poniżej tkanki, przestanie wymieniać z nimi ciepło [53]. Badania prowadzone w ostatnich latach potwierdzają wiarygodność tej metody pomiaru. Z uwagi na nieinwazyjność pomiaru z powodzeniem może być ona stosowana w okresie okołoperacyjnym również u przytomnych pacjentów operowanych z użyciem wyłącznie znieczulenia przewodowego [54] (**poziom dowodów: 1; siła zaleceń B**).

METODY ZAPOBIEGANIA I LECZENIA NIEZAMIERZONEJ ŚRÓDOPERACYJNEJ HIPOTERMII

Redystrybucja krwi z przedziału centralnego do obwodowego, utrata ciepła przez skórę oraz podaż dożylna preparatów o temperaturze niższej niż 37°C to kluczowe zjawiska prowadzące do śródoperacyjnego wychłodzenia. Przeciwdziałanie im należy uznać za cel w walce z NŚH. Utrata związana z ogrzaniem i nawilżaniem gazów oddechowych oraz stosowaniem chłodnego dwutlenku węgla podczas zabiegów laparoskopowych dodatkowo przyczynia się do całkowitej utraty ciepła (ok. 5%). Próby ograniczenia redystrybucji, zmniejszenie utraty przez skórę oraz stosowanie ogrzanych płynów infuzyjnych to zabiegi dające możliwość obrony przed tym niekorzystnym zjawiskiem związanym z operacją i znieczuleniem.

Metody przeciwdziałania wychłodzeniu śródoperacyjnemu można podzielić na bierne, bez dostarczenia ciepła z zewnątrz, oraz aktywne, gdzie zastosowanie mają urządzenia zapewniające temperaturę wyższą niż temperatura otoczenia [55].

Stosowanie technik biernego ogrzewania, tzn. odpowiednie okrycie powierzchni ciała znieczulonego pacjenta, zmniejsza utratę ciepła przez skórę, ale w znakomitej większości przypadków zastosowanie nawet trzech warstw okryć chirurgicznych nie zapobiega śródoperacyjnemu wychłodzeniu. Wyniki przeglądu systematycznego Cochrane dotyczącego tej metody wskazują na brak istotnego wpływu stosowania dodatkowych okryć na temperaturę ośrodkową w czasie zabiegu [56] (**poziom dowodów: 2; siła zaleceń A**). Odpowiednie okrycie w celu izolacji termicznej powinno natomiast być stosowane na dostępnej śródoperacyjnie powierzchni ciała, która nie jest aktywnie ogrzewana [6, 7].

Spośród aktywnych technik śródoperacyjnego ogrzewania powierzchni ciała dostępne są systemy wykorzystujące wymuszony obieg ciepłego powietrza, elektryczne materace i koce grzewcze oraz materace wodne, spośród których najbardziej popularne i najdokładniej zbadane są systemy oparte na wymuszonym obiegu ciepłego powietrza (*forced air warming* – FAW) [3]. Składają się z jednostki grzewczej i jednorazowego koca grzewczego, do którego wdmuchiwane jest ogrzane powietrze uchodzące

przez mikroperforacje na powierzchni koca zwróconej do pacjenta. Ciepło przekazywane jest więc głównie na drodze konwekcji (*convective heating*). Bazując na wynikach opublikowanych badań oraz dostępnych międzynarodowych wytycznych, można stwierdzić, że metoda ta jest polecana ze względu na jej dużą skuteczność [6–9]. Nieocenioną zaletą tej metody jest także jej bezpieczeństwo – znaczna ilość produkowanego ciepła jest rozłożona na dużym obszarze, z pominięciem miejsc narażonych na ucisk, co istotnie redukuje ryzyko oparzeń i ułatwionego tworzenia odleżyn. Stosowanie odpowiednich filtrów w jednostce grzewczej, w połączeniu z jednorazowymi kocami grzewczymi, gwarantuje odpowiedni poziom bezpieczeństwa epidemiologicznego. W bieżącej, rozległej metaanalizie Cochrane stwierdzono, że doniesienia o możliwych powikłaniach związanych z użyciem systemów aktywnego ogrzewania powierzchni ciała mają charakter pojedynczych i rzadkich przypadków, w związku z tym nie ma dowodów na to, że ich stosowanie powoduje jakiegokolwiek zagrożenie dla pacjentów [31].

Systemy wykorzystujące zjawisko zamiany energii elektrycznej na ciepłą, służące do zapobiegania śródoperacyjnemu wychłodzeniu, stanowią ważną alternatywę dla najbardziej popularnych systemów obiegu ciepłego powietrza. Materace i koce elektryczne dostarczają ciepło poprzez bezpośredni kontakt z powierzchnią ogrzewaną (skórą pacjenta), przekazywanie ciepła odbywa się więc głównie na drodze kondukcji (*conductive heating*). Pomimo nieco mniejszej efektywności elektryczne podkłady i koce grzewcze mają wielu zwolenników, ze względu na brak konieczności zakupu materiałów jednorazowych oraz praktycznie zerową emisję szumów w porównaniu z systemami FAW. Powierzchnia kontaktu materaca grzewczego ograniczona do obszaru skóry pacjenta mającej styczność ze stołem operacyjnym dość istotnie ogranicza skuteczność stosowania wyłącznie materaca grzewczego [57]. W skład systemów elektrycznych wchodzi więc również koce grzewcze, co stosowane razem we właściwy sposób wykazuje skuteczność porównywalną z FAW [58]. Nowością na rynku są materace elektryczne, w których mata grzewcza wykonana jest z polimeru, a elastyczna budowa pozwala na większy kontakt ze skórą pacjenta. Prowadzone badania kliniczne wskazują, że tak zbudowany i prawidłowo użyty materac grzewczy może mieć skuteczność porównywalną z systemami FAW [59, 60]. Zaleca się stosowanie ogrzewania powierzchni ciała w trakcie zabiegu chirurgicznego, ponieważ zmniejsza to częstość wystąpienia NŚH lub ogranicza jej zasięg (**poziom dowodów 1; siła zaleceń: A**).

Rozbieżności w wynikach dostępnych badań porównujących skuteczność metod śródoperacyjnego

ogrzewania są znaczne, co znalazło odzwierciedlenie w wynikach metaanaliz, gdzie nie znaleziono wystarczających dowodów na jednoznaczną przewagę jednego rodzaju urządzeń, wskazując na ogrzewanie z użyciem obiegu ciepłego powietrza jako sposób najlepiej zbadany, o uznanej skuteczności i często będący punktem odniesienia dla innych technologii [32, 33, 61, 62].

Ogrzewanie z wyprzedzeniem

Redystrybucja ciepła związana z indukcją znieczulenia ogólnego lub wykonaniem blokady centralnej jest podstawowym mechanizmem powodującym obniżenie temperatury w początkowej fazie znieczulenia, związanym z istnieniem gradientu cieplnego pomiędzy przedziałem centralnym i obwodowym rzędu kilku stopni, na skutek czego po rozszerzeniu naczyń obwodowych ciepło jest przenoszone do obszaru o niższej temperaturze. Zmniejszenie gradientu cieplnego może więc ograniczyć wystąpienie tego niekorzystnego zjawiska. Skuteczną metodą zmniejszenia międzyprzedziałowej różnicy temperatur jest dostarczenie ciepła z zewnątrz do przedziału chłodniejszego – obwodowego, stosując aktywne ogrzewanie przed indukcją znieczulenia (*prewarming*). Istnieją przekonujące dowody na skuteczność tego typu zabiegów, zarówno w zapobieganiu wychłodzeniu śródoperacyjnemu [31, 32, 62, 63], jak i zmniejszaniu rozległości tego powikłania [64], w postaci badań klinicznych z randomizacją i metaanaliz podsumowujących ich wyniki. Aktywne ogrzewanie powierzchni ciała pacjenta z użyciem uznanych metod przed indukcją znieczulenia, nawet przez 10–15 min, zapobiega skutecznie związanemu z redystrybucją obniżeniu temperatury ośrodkowej pacjenta w pierwszym okresie znieczulenia [63, 65–67] (**poziom dowodów 1; siła zaleceń: A**).

W związku z powyższym, przy zabiegach przeprowadzanych w znieczuleniu ogólnym o planowanym czasie trwania nieprzekraczającym 60 min ogrzewanie z wyprzedzeniem może okazać się podstawowym i wystarczającym zabiegiem zapobiegającym wystąpieniu śródoperacyjnej hipotermii. W większości dostępnych badań dotyczących ogrzewania z wyprzedzeniem metodą stosowaną do tego zabiegu był wymuszony obieg ciepłego powietrza z użyciem jednorazowego koca grzewczego (FAW). W jednym z badań porównano ogrzewanie za pomocą chemicznego koca grzewczego, uzyskując wyniki lepsze niż przy stosowaniu dodatkowych warstw izolacji pasywnej, ale wyraźnie niezadowalające (częstość hipotermii śródoperacyjnej odpowiednio 39 vs 60%) [68].

Zaleca się przeciwdziałanie wychłodzeniu śródoperacyjnemu w kolejnych fazach zabiegu

chirurgicznego, gdyż zapobiega to utracie ciepła z powierzchni skóry, co znosi różnicę temperatur pomiędzy powierzchnią ciała pacjenta i otoczeniem. Sugeruje się także stosowanie aktywnych metod ogrzewania śródoperacyjnego przez cały czas trwania zabiegu chirurgicznego [6, 7, 9]. Zalecaną metodą jest stosowanie systemów wykorzystujących obieg ciepłego powietrza (FAW), z użyciem jednorazowych materacy grzewczych stosowanych „pod pacjenta” lub w formie okrycia części ciała dostępnej śródoperacyjnie (jednorazowe koce grzewcze). Alternatywnie mogą być stosowane systemy elektryczne, których efektywność jest wystarczająca przy jednoczesnym stosowaniu koca grzewczego „na pacjenta” oraz materaca grzewczego [6, 7] (**poziom dowodów: 1; siła zaleceń: A**).

Ogrzewanie płynów infuzyjnych i produktów krwiopochodnych

Okołooperacyjne stosowanie znacznych objętości płynów infuzyjnych o temperaturze otoczenia (panującej na sali operacyjnej) przyczynia się do obniżenia ośrodkowej temperatury ciała, w związku z koniecznością wydatkowania ciepła organizmu do ogrzania przetoczonej dożylnie objętości do temperatury ośrodkowej [14]. Podgrzanie płynów infuzyjnych do temperatury 37–41°C to postępowanie, które stosowane łącznie z ogrzewaniem powierzchni ciała dostępnej śródoperacyjnie ułatwia utrzymanie stanu normotermii, przy czym zysk związany ze stosowaniem samego podgrzewania płynów to ok. 0,5°C. Na podstawie metaanalizy 19 dostępnych badań klinicznych zaleca się stosowanie ogrzanych płynów infuzyjnych w celu utrzymania normotermii okołooperacyjnej [68] (**poziom dowodów: 1. Siła zaleceń: B**). Podobnych wyników dostarcza podsumowanie badań dotyczących ograniczania hipotermii podczas cięć cesarskich, gdzie w 8 spośród 13 analizowanych badań stosowanie ogrzanych płynów infuzyjnych było jedyną formą aktywnego zapobiegania wychłodzeniu, istotnie zmniejszając śródoperacyjne obniżenie temperatury i częstość drżeń mięśniowych [70].

Dostępne obecnie urządzenia dedykowane ogrzewaniu płynów stosowanych dożylnie wykorzystują wiele technologii – od obiegu ciepłego powietrza do technologii mikrofalowej. Każdy system atestowany do użycia okołooperacyjnie ma odpowiednie zabezpieczenia przed przegrzaniem, niejednokrotnie również regulację zadanej temperatury. Zaleca się stosowanie urządzeń, w których płyn infuzyjny lub preparat krwiopochodny ma po ogrzaniu jak najkrótszą drogę do kaniuli dożylniej, dzięki czemu nie ma możliwości ponownego ochłodzenia w trakcie przepływu przez aparat do przetoczenia. Płyny ogrzewane w ciepłarkach

do temperatury 39°C podawane przez aparaty do przetoczeń o standardowej długości (160–180 cm) ulegają ochłodzeniu do temp ok. 30°C w trakcie podaży z prędkością 1000 ml na godzinę przy temperaturze sali operacyjnej 23°C, co znacznie zmniejsza korzyści płynące z wcześniejszego podgrzewania płynów [71]. Randomizowane badanie porównujące stosowanie wcześniej ogrzanych preparatów (przechowywanych przez 8 godzin w temperaturze 41°C) i ogrzewanie z użyciem systemów przepływowych wykazało zbliżoną skuteczność tych dwóch sposobów ogrzewania płynów przy szybkiej podaży kryształoidów (1000 ml przez 30 min) [72].

Dane pochodzące z badań dotyczących stosowania ogrzanych płynów irygacyjnych jako interwencji zapobiegającej wystąpieniu śródoperacyjnego wychłodzenia wskazują na wątpliwe korzyści płynące z takiego postępowania jako jedynej stosowanej metody. Niewielka liczba dostępnych na ten temat publikacji nie pozwala na jednoznaczną ocenę jej skuteczności, zwłaszcza gdy użycie ciepłych płynów irygacyjnych jest jedną z kilku stosowanych równocześnie metod służących zachowaniu normotermii [69] (**poziom dowódów: 2, siła zaleceń: B**).

Pomimo szerokiej dyskusji na temat możliwych czynników wpływających na jakość stosowanych preparatów krwiopochodnych, zarówno czasu przechowywania, jak i sposobu podania, odpowiednie stosowanie wyłącznie dedykowanych do tego celu urządzeń pozostaje standardem w świetle obowiązującego prawa [73].

PODSUMOWANIE

Okres przedoperacyjny

1. Zwraca się uwagę na możliwe korzyści mogące płynąć z właściwego poinformowania pacjenta o okresie okołoperacyjnym jako czasie możliwego narażenia na wychłodzenie.
2. Zaleca się pomiar temperatury ośrodkowej przed znieczuleniem w każdym przypadku.
3. W razie pomiarów z lokalizacji innych niż zalecane do pomiarów temperatury ośrodkowej należy pamiętać o właściwym odniesieniu odczytu do temperatury ośrodkowej, z wyjątkiem użycia urządzeń, w których tego typu zmiany odczytu dokonywane są automatycznie.
4. W ocenie przedoperacyjnej należy zidentyfikować istotne czynniki ryzyka wystąpienia wychłodzenia śródoperacyjnego i jego możliwe następstwa dla indywidualnego pacjenta:
 - ASA \geq 3,
 - przedoperacyjna temperatura ciała $<$ 36°C,
 - BMI,
 - kategoria rozległość zabiegu*/operacja trwająca dłużej niż 1 godzinę,

- planowane połączenie znieczulenia ogólnego z przewodowym,
- prawdopodobna utrata krwi powyżej 500 ml.

Okres śródoperacyjny

1. Zaleca się pomiar temperatury ośrodkowej w trakcie trwania znieczulenia w sposób ciągły lub nie rzadziej niż co 30 min, przy czym preferowanym sposobem jest pomiar ciągły.
2. Zaleca się stosowanie aktywnych metod zapobiegania utracie ciepła przez powierzchnię ciała od początku znieczulenia, takich jak systemy obiegu ciepłego powietrza lub materace i koce grzewcze elektryczne w przypadku, gdy planowany czas trwania zabiegu chirurgicznego przekracza 60 min.
3. Zaleca się utrzymanie ośrodkowej temperatury ciała w wartościach przyjętych dla normotermii.
4. Należy do minimum ograniczyć czas, gdy w okresie poprzedzającym chirurgiczne obłożenie pola operacyjnego znaczna część powierzchni ciała znieczulonego pacjenta nie jest osłonięta.
5. Temperatura sali operacyjnej nie powinna być niższa niż 21°C do chwili aktywacji systemów aktywnego zapobiegania wychłodzeniu.
6. Jeżeli planowane jest przetoczenie powyżej 1000 ml płynów infuzyjnych, powinny być to preparaty ogrzane do 37°C za pomocą urządzeń do tego celu przeznaczonych.
7. Stosowanie ogrzewania krwi pełnej, koncentratu krwinek czerwonych oraz innych preparatów krwiopochodnych do 37°C wskazane jest przy przetoczeniach o szybkości powyżej 50 ml min⁻¹ i wyłącznie za pomocą urządzeń do tego celu przeznaczonych.
8. Wskazane jest ogrzewanie płynów stosowanych do śródoperacyjnego płukania jam ciała (irygacyjnych) do temperatury 37–40°C.

Okres pooperacyjny

1. Zaleca się monitorowanie temperatury jako jednego z parametrów życiowych w okresie pooperacyjnym.
2. W czasie pobytu na sali wybudzeń oraz na oddziale pooperacyjnym należy stosować ogrzewanie za pomocą obiegu ciepłego powietrza w celu utrzymania ośrodkowej temperatury ciała powyżej 36,5°C.

PODZIĘKOWANIA

1. Źródła finansowania: brak.
2. Konflikt interesów: B. Horosz otrzymywał w przeszłości wynagrodzenie za wygłoszenie wykładów oraz zwrot kosztów szkoleń i konferencji naukowych od firm: 3M, GE oraz Nutricia. Pozostali autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.
3. Recenzenci wytycznych: prof. dr hab. n. med. Radosław Owczuk, Klinika Anestezjologii i Intensywnej

*Zabiegi średnie: operacja przepukliny pachwinowej, operacja żyłaków kończyn dolnych, usunięcie migdałków lub adenotonsilektomia, artroskopia kolana; zabiegi duże: histerektomia brzuszna, endoskopowa resekcja prostaty, dyskektomia lędźwiowa, tyreoidektomia, całkowita wymiana stawu, operacje płuc, resekcje jelit, rozległe operacje szyi.

Terapii, Gdański Uniwersytet Medyczny; dr hab. n. med. Waldemar Goździk, Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu; dr hab. n. med. Wojciech Dąbrowski, Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie.

PIŚMIENNICTWO

- Scott AV, Stonemetz JL, Wasey JO i wsp. Compliance with Surgical Care Improvement Project for Body Temperature Management (SCIP Inf-10) is associated with improved clinical outcomes. *Anesthesiology* 2015; 123: 116-125. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000681.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 marca 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie standardu organizacyjnego opieki zdrowotnej w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii. Dz.U. 2020, poz. 459.
- Torossian A. TEMMP (Thermoregulation in Europe Monitoring and Managing Patient Temperature) Study Group. Survey on intraoperative temperature management in Europe. *Eur J Anaesthesiol* 2007; 24: 668-675. DOI: 10.1017/S0265021507000191.
- Duff J, Walker K, Karen-Leigh E, Williams R, Sutheland-Fraser S. Incidence of perioperative inadvertent hypothermia and compliance with evidence-based recommendations at four Australian hospitals: a retrospective chart audit. *AORN* 2014; 27: 16-23.
- Horosz B, Nawrocka K, Malec-Milewska M. Okołooperacyjne postępowanie anestezjologiczne w świetle wytycznych protokołu ERAS. *Anestezjologia Intensywna Terapija* 2016; 48: 51-57.
- NICE: Clinical-Practice-Guideline, the management of inadvertent perioperative hypothermia in adults. National Collaborating Centre for Nursing and Supportive Care commissioned by National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE). <http://guidance.nice.org.uk/CG65>.
- Torossian A, Bräuer A, Höcker J, Bein B, Wulf H, Horn EP. Preventing inadvertent perioperative hypothermia. *Dtsch Arztebl Int* 2015; 112: 166-172. doi: 10.3238/arztebl.2015.0166.
- Forbes SS, Eskicioglu C, Nathens AB i wsp. Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia. *J Am Coll Surg* 2009; 209: 492-503. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2009.07.002.
- The Turkish Anaesthesiology and Reanimation Society guidelines for the prevention of inadvertent perioperative hypothermia. *Turk J Anaesthesiol Reanim* 2013; 41: 188-190. doi: 10.5152/TJAR.2013.64.
- Howick J, Chalmers I, Glasziou P i wsp. Explanation of the 2011 Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM) levels of evidence (background document). Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>
- Woolf SH, Battista RN, Anderson GM, Logan AG, Wang E. Assessing the clinical effectiveness of preventive maneuvers: analytic principles and systematic methods in reviewing evidence and developing clinical practice recommendations. A report by the Canadian Task Force on the Periodic Health Examination. *J Clin Epidemiol* 1990; 43: 891-905. doi: 10.1016/0895-4356(90)90073-x.
- Buggy DJ, Crossley AW. Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postanaesthetic shivering. *Br J Anaesth* 2000; 84: 615-628. doi: 10.1093/bja/84.5.615.
- Schlader ZJ, Simmons SE, Stannard SR, Mündel T. The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. *Physiol Behav* 2011; 103: 217-224. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.02.002.
- Sessler DI. Perioperative heat balance. *Anesthesiology* 2000; 92: 578-596. doi: 10.1097/0000542-200002000-00042.
- Inslar SR, Sessler DI. Perioperative thermoregulation and temperature monitoring. *Anesthesiol Clin* 2006; 24: 823-837. doi: 10.1016/j.atc.2006.09.001.
- Joris J, Ozaki M, Sessler DI i wsp. Epidural anesthesia impairs both central and peripheral thermoregulatory control during general anesthesia. *Anesthesiology* 1994; 80: 268-277. doi: 10.1097/0000542-199402000-00006.
- Leslie K, Sessler DI. Reduction in the shivering threshold is proportional to spinal block height. *Anesthesiology* 1996; 84: 1327-1331. doi: 10.1097/0000542-199606000-00008.
- Matsukawa T, Sessler DI, Sessler AM i wsp. Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 1995; 82: 662-673. doi: 10.1097/0000542-199503000-00008.
- Hales JR, Fawcett AA, Bennett JW, Needham AD. Thermal control of blood flow through capillaries and arteriovenous anastomoses in sheep. *Pflugers Arch* 1978; 378: 55-63. doi: 10.1007/BF00581958.
- Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet* 2016; 387: 2655-2664. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00981-2.
- Matsukawa T, Sessler DI, Christensen R, Ozaki M, Schroeder M. Heat flow and distribution during epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1995; 83: 961-967. doi: 10.1097/0000542-199511000-00008.
- Royse CF, Liew DF, Wright CE, Royse AG, Angus JA. Persistent depression of contractility and vasodilation with propofol but not with sevoflurane or desflurane in rabbits. *Anesthesiology* 2008; 108: 87-93. doi: 10.1097/01.anes.0000296077.32685.26.
- Kenney WL, Munce TA. Invited review: aging and human temperature regulation. *J Appl Physiol* 2003; 95: 2598-2603. doi: 10.1152/jappphysiol.00202.2003.
- Frank SM, Beattie C, Christopherson R i wsp. Epidural versus general anesthesia, ambient operating room temperature, and patient age as predictors of inadvertent hypothermia. *Anesthesiology* 1992; 77: 252-257. doi: 10.1097/0000542-199208000-00005.
- Kurz A, Sessler DI, Narzt E, Lenhardt R, Lackner F. Morphometric influences on intraoperative core temperature changes. *Anesth Analg* 1995; 80: 562-567. doi: 10.1097/0000539-199503000-00023.
- Kitamura A, Hoshino T, Kon T, Ogawa R. Patients with diabetic neuropathy are at risk of a greater intraoperative reduction in core temperature. *Anesthesiology* 2000; 92: 1311-1318. doi: 10.1097/0000542-200005000-00019.
- Sánchez-Huerta K, Pacheco-Rosado J, Gilbert ME. Adult onset-hypothyroidism: alterations in hippocampal field potentials in the dentate gyrus are largely associated with anaesthesia-induced hypothermia. *J Neuroendocrinol* 2015; 27:8-19. doi: 10.1111/jne.12229.
- Martindale JL, Senecal EL, Obermeyer Z, Nadel ES, Brown DE. Altered mental status and hypothermia. *J Emerg Med* 2010; 39: 491-496. doi: 10.1016/j.jemermed.2010.03.021.
- Knudsen JF, Sokol GH, Flowers CM. Adjunctive topiramate enhances the risk of hypothermia associated with valproic acid therapy. *J Clin Pharm Ther* 2008; 33: 513-519. doi: 10.1111/j.1365-2710.2008.00943.x.
- El-Gamal N, El-Kassabany N, Frank SM i wsp. Age-related thermoregulatory differences in a warm operating room environment (approximately 26 degrees C). *Anesth Analg* 2000; 90: 694-698. doi: 10.1097/0000539-200003000-00034.
- Madrid E, Urrutia G, Roqué i Figuls M i wsp. Active body surface warming systems for preventing complications caused by inadvertent perioperative hypothermia in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2016; 4: CD009016. doi: 10.1002/14651858.CD009016.pub2.
- Moola S, Lockwood C. Effectiveness of strategies for the management and/or prevention of hypothermia within the adult perioperative environment. *Int J Evid Based Healthc* 2011; 9: 337-345. doi: 10.1111/j.1744-1609.2011.00227.x.
- Warttig S, Alderson P, Campbell G, Smith AF. Interventions for treating inadvertent postoperative hypothermia. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 20: CD009892. doi: 10.1002/14651858.CD009892.pub2.
- Reynolds L, Beckmann J, Kurz A. Perioperative complications of hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2008; 22: 645-657. doi: 10.1016/j.bpa.2008.07.005.
- Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anesthesiology* 2008; 108: 71-77. doi: 10.1097/01.anes.0000296719.73450.52.
- Scott AV, Stonemetz JL, Wasey JO i wsp. Compliance with Surgical Care Improvement Project for Body Temperature Management (SCIP Inf-10) is associated with improved clinical outcomes. *Anesthesiology* 2015; 123: 116-125. doi: 10.1097/ALN.0000000000000681.
- Sun Z, Honar H, Sessler DI i wsp. Intraoperative core temperature patterns, transfusion requirement, and hospital duration in patients warmed with forced air. *Anesthesiology* 2015; 122: 276-285. doi: 10.1097/ALN.0000000000000551.
- Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. Study of Wound Infection and Temperature Group. *N Engl J Med* 1996; 334: 1209-1215. doi: 10.1056/NEJM199605093341901.
- Melling AC, Ali B, Scott EM, Leaper DJ. Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomised controlled trial. *Lancet* 2001; 358: 876-880. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06071-8.
- Flores-Maldonado A, Medina-Escobedo CE, Ríos-Rodríguez HM, Fernández-Domínguez R. Mild perioperative hypothermia and

- the risk of wound infection. *Arch Med Res* 2001; 32: 227-231. doi: 10.1016/s0188-4409(01)00272-7.
41. Frank SM, Higgins MS, Breslow MJ i wsp. The catecholamine, cortisol, and hemodynamic responses to mild perioperative hypothermia. A randomized clinical trial. *Anesthesiology* 1995; 82: 83-93. doi: 10.1097/0000542-199501000-00012.
 42. Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ i wsp. Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events. A randomized clinical trial. *JAMA* 1997; 277: 1127-1134.
 43. Gorgun E, Lan BY, Aydinli HH i wsp. Troponin Elevation After Colorectal Surgery: Significance and Management. *Ann Surg* 2016; 264: 605-611. doi: 10.1097/SLA.0000000000001854.
 44. Lenhardt R, Marker E, Goll V i wsp. Mild intraoperative hypothermia prolongs postanesthetic recovery. *Anesthesiology* 1997; 87: 1318-1323. doi: 10.1097/0000542-199712000-00009.
 45. Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR, Moayeri A. Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg* 1995; 80: 1007-1014. doi: 10.1097/0000539-199505000-00027.
 46. Heier T, Caldwell JE. Impact of hypothermia on the response to neuromuscular blocking drugs. *Anesthesiology* 2006; 104: 1070-1080. doi: 10.1097/0000542-200605000-00025.
 47. Horosz B, Malec-Milewska M. Methods to prevent intraoperative hypothermia. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2014; 46: 96-100. doi: 10.5603/AIT.2014.0019.
 48. Rosenberg H, Pollock N, Schiemann A, Bulger T, Stowell K. Malignant hyperthermia: a review. *Orphanet J Rare Dis*. 2015;10:93. DOI: 10.1186/s13023-015-0310-1
 49. Mekjavić IB, Rempel ME. Determination of esophageal probe insertion length based on standing and sitting height. *J Appl Physiol* 1990; 69: 376-379. doi: 10.1152/jappl.1990.69.1.376.
 50. Erdling A, Johansson A. Core temperature – the intraoperative difference between esophageal versus nasopharyngeal temperatures and the impact of prewarming, age, and weight: a randomized clinical trial. *AANA J* 2015; 83: 99-105.
 51. Sessler DI. Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anesthesiology* 2008; 109: 318-338. doi: 10.1097/ALN.0b013e31817f6d76.
 52. Niven DJ, Gaudet JE, Laupland KB, Mrklas KJ, Roberts DJ, Stelfox HT. Accuracy of peripheral thermometers for estimating temperature: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2015; 163: 768-777. doi: 10.7326/M15-1150.
 53. Iden T, Horn EP, Bein B i wsp. Intraoperative temperature monitoring with zero heat flux technology (3M SpotOn sensor) in comparison with sublingual and nasopharyngeal temperature: an observational study. *Eur J Anaesthesiol* 2015; 32: 387-391. doi: 10.1097/EJA.0000000000000232.
 54. Eshraghi Y, Nasr V, Parra-Sanchez I i wsp. An evaluation of a zero-heat-flux cutaneous thermometer in cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 2014; 119: 543-549. doi: 10.1213/ANE.0000000000000319.
 55. Horosz B, Malec-Milewska M. Methods to prevent intraoperative hypothermia. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2014; 46: 96-100. doi: 10.5603/AIT.2014.0019.
 56. Alderson P, Campbell G, Smith AF, Warrtig S, Nicholson A, Lewis SR. Thermal insulation for preventing inadvertent perioperative hypothermia. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 6: CD009908. doi: 10.1002/14651858.CD009908.pub2.
 57. Leung KK, Lai A, Wu A. A randomised controlled trial of the electric heating pad vs forced-air warming for preventing hypothermia during laparotomy. *Anaesthesia* 2007; 62: 605-608. doi: 10.1111/j.1365-2044.2007.05021.x.
 58. Negishi C, Hasegawa K, Mukai S, Nakagawa F, Ozaki M, Sessler DI. Resistive-heating and forced-air warming are comparably effective. *Anesth Analg* 2003; 96: 1683-1687. doi: 10.1213/01.ANE.0000062770.73862.B7.
 59. John M, Crook D, Dasari K, Eljelani F, El-Haboby A, Harper CM. Comparison of resistive heating and forced-air warming to prevent inadvertent perioperative hypothermia. *Br J Anaesth* 2016; 116: 249-254. doi: 10.1093/bja/aev412.
 60. Brandt S, Oguz R, Hüttner H, et al. Resistive polymer versus forced-air warming: comparable efficacy in orthopaedic patients. *Anesth Analg* 2010; 110: 834-838. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181cb3f5f.
 61. Nieh HC, Su SF. Meta-analysis: effectiveness of forced-air warming for prevention of perioperative hypothermia in surgical patients. *J Adv Nurs* 2016; 72: 2294-2314. doi: 10.1111/jan.13010.
 62. Munday J, Hines S, Wallace K, Chang AM, Gibbons K, Yates P. A systematic review of the effectiveness of warming interventions for women undergoing cesarean section. *Worldviews Evid Based Nurs* 2014; 11: 383-393. doi: 10.1111/wvn.12067.
 63. Horn EP, Bein B, Broch O i wsp. Warming before and after epidural block before general anaesthesia for major abdominal surgery prevents perioperative hypothermia: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 2016; 33: 334-340. doi: 10.1097/EJA.0000000000000369.
 64. Jo YY, Chang YJ, Kim YB, Lee S, Kwak HJ. Effect of preoperative forced-air warming on hypothermia in elderly patients undergoing transurethral resection of the prostate. *Urol J* 2015; 12: 2366-2370.
 65. Horn EP, Bein B, Böhm R, Steinfath M, Sahili N, Höcker J. The effect of short time periods of pre-operative warming in the prevention of peri-operative hypothermia. *Anaesthesia* 2012; 67: 612-617. doi: 10.1111/j.1365-2044.2012.07073.x.
 66. de Brito Poveda V, Clark AM, Galvão CM. A systematic review on the effectiveness of prewarming to prevent perioperative hypothermia. *J Clin Nurs* 2013; 22: 906-918. doi: 10.1111/j.1365-2702.2012.04287.x.
 67. Andrzejewski J, Hoyle J, Eapen G, Turnbull D. Effect of prewarming on post-induction core temperature and the incidence of inadvertent perioperative hypothermia in patients undergoing general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2008; 101: 627-631. doi: 10.1093/bja/aen272.
 68. Torossian A, Van Gerven E, Geertsens K, Horn B, Van de Velde M, Raeder J. Active perioperative patient warming using a self-warming blanket (BARRIER EasyWarm) is superior to passive thermal insulation: a multinational, multicenter, randomized trial. *J Clin Anesth* 2016; 34: 547-554. doi: 10.1016/j.jclinane.2016.06.030.
 69. Campbell G, Alderson P, Smith AF, Warrtig S. Warming of intravenous and irrigation fluids for preventing inadvertent perioperative hypothermia. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 13: 4: CD009891. doi: 10.1002/14651858.CD009891.pub2.
 70. Sultan P, Habib AS, Cho Y, Carvalho B. The Effect of patient warming during Caesarean delivery on maternal and neonatal outcomes: a meta-analysis. *Br J Anaesth* 2015; 115: 500-510. doi: 10.1093/bja/aev325.
 71. Handrigan MT, Wright RO, Becker BM, Linakis JG, Jay GD. Factors and methodology in achieving ideal delivery temperatures for intravenous and lavage fluid in hypothermia. *Am J Emerg Med* 1997; 15: 350-353. doi: 10.1016/s0735-6757(97)90122-4.
 72. Andrzejewski JC, Turnbull D, Nandakumar A, Gowthaman S, Eapen G. A randomised single blinded study of the administration of pre-warmed fluid vs active fluid warming on the incidence of peri-operative hypothermia in short surgical procedures. *Anaesthesia* 2010; 65: 942-945. doi: 10.1111/j.1365-2044.2010.06473.x.
 73. Rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 11 grudnia 2012 r. w sprawie leczenia krwi w podmiotach leczniczych wykonujących działalność leczniczą w rodzaju stacjonarne i całodobowe świadczenia zdrowotne, w których przebywają pacjenci ze wskazaniami do leczenia krwią i jej składnikami. *Dz.U.* 2013, poz 5.