

# Thermorégulation per-opératoire

---

Mahmoud Kerouch (R2), Université de Montréal

# Conflits d'intérêts

- Aucun
-

# Plan de la présentation

- Présentation du cas clinique
  - Thermorégulation normale
  - Thermorégulation en anesthésie générale et neuraxiale
  - Hypothermie per-opératoire
  - Implications cliniques
  - Effet néfastes
  - Maintien de la normothermie
  - Mesure de la température
-

# Cas clinique

- Patient de 32, bonne santé, sans antécédent anesthésique, se présente pour cholécystite, fébrile à l'arrivée
  - Induction en séquence rapide sans complication
  - Monitoring standard (PNI, saturo, ECG, analyseur gaz/oxymètre, capnographe)
  - Patient non réchauffé, pas de mesure de la température
  - Maintien standard
  - Après 45 min de chirurgie, augmentation progressive ETCO<sub>2</sub> (50 mmHg) et FC (120 bpm)
  - 10 min plus tard ETCO<sub>2</sub> 95 mmHg et FC 160
  - Température naso-pharynx 39.8 °C
-

# Thermorégulation normale

- 1912 – Rôle de l'hypothalamus
  - 1950 – Rôle des autres organes
  - Variation naturelle avec le cycle circadien et cycle menstruel
  - 3 composantes majeures dans le contrôle de la température corporelle
    - Afférences sensibles
    - Régulation centrale
    - Réponses efférentes
-

# Thermorégulation normale

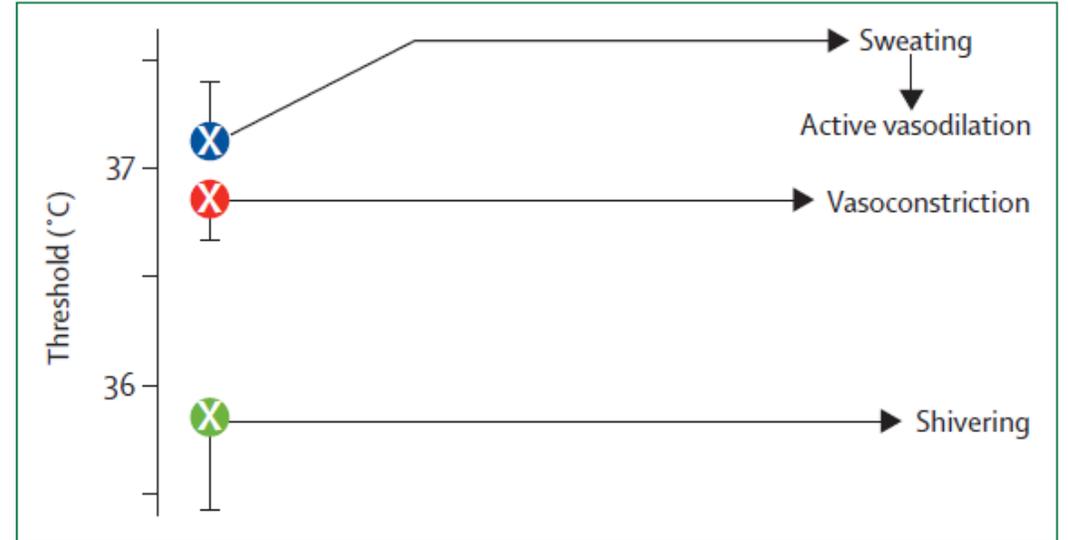
- Afférences sensibles
    - Via récepteurs TRPV 1-4 (chaleur), TRPM8 et TRPA1 (froid)
    - Puis par fibres A $\delta$  et C jusqu'à l'hypothalamus
    - Hypothalamus, autres portions du cerveau, moelle épinière, tissus abdominaux et thoraciques profonds et la peau contribuent à 20% chacun de l'afférence thermique totale
-

# Thermorégulation normale

- Contrôle central
    - Théorie "Set point" remis en question
    - Afférences thermiques sont intégrées a/n hypothalamus, puis en fonction de certains seuils thermiques, une réponse adéquate et proportionnée est produite
    - Certaines réponses seraient possibles sans passer par l'hypothalamus
    - Interactions avec d'autres mécanismes de régulation sont intéressantes
-

# Thermorégulation normale

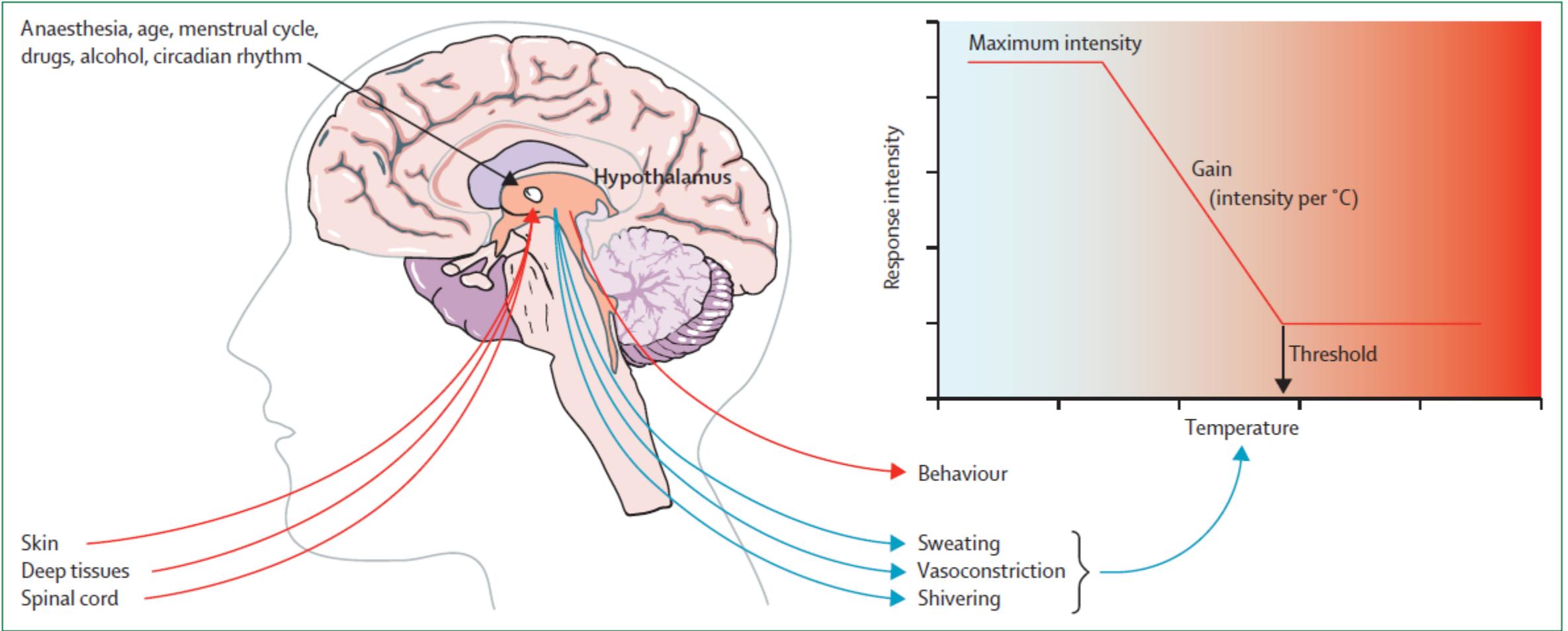
- Seuils d'activation des mécanismes de défenses
  - Variation 0.5-1°C (circadien) et 0.5°C (menstruel)
  - Autres sources possible de variation
  - «*Interthreshold range*»



**Figure 2:** The major thermoregulatory defence thresholds in human beings<sup>2</sup> Temperatures between the sweating and vasoconstriction thresholds define the inter-threshold range, usually a few tenths of a degree, which do not activate thermoregulatory defences and thus define normal core temperature (between the red and blue circles). Sweating activates active precapillary vasodilation, which moves heat towards the skin surface for dissipation to the environment. The shivering threshold is 1°C below the vasoconstriction threshold; thus, by the time human beings begin to shiver, they are already fairly hypothermic.

# Thermorégulation normale

- Réponses efférentes
    - Défenses comportementales
    - Défenses autonomiques
      - Vasoconstriction périphérique (via shunt artério-veineux)
      - Frissonnement
      - Métabolisme graisse brune
      - Sudation
      - Vasodilatation pré-capillaire
-

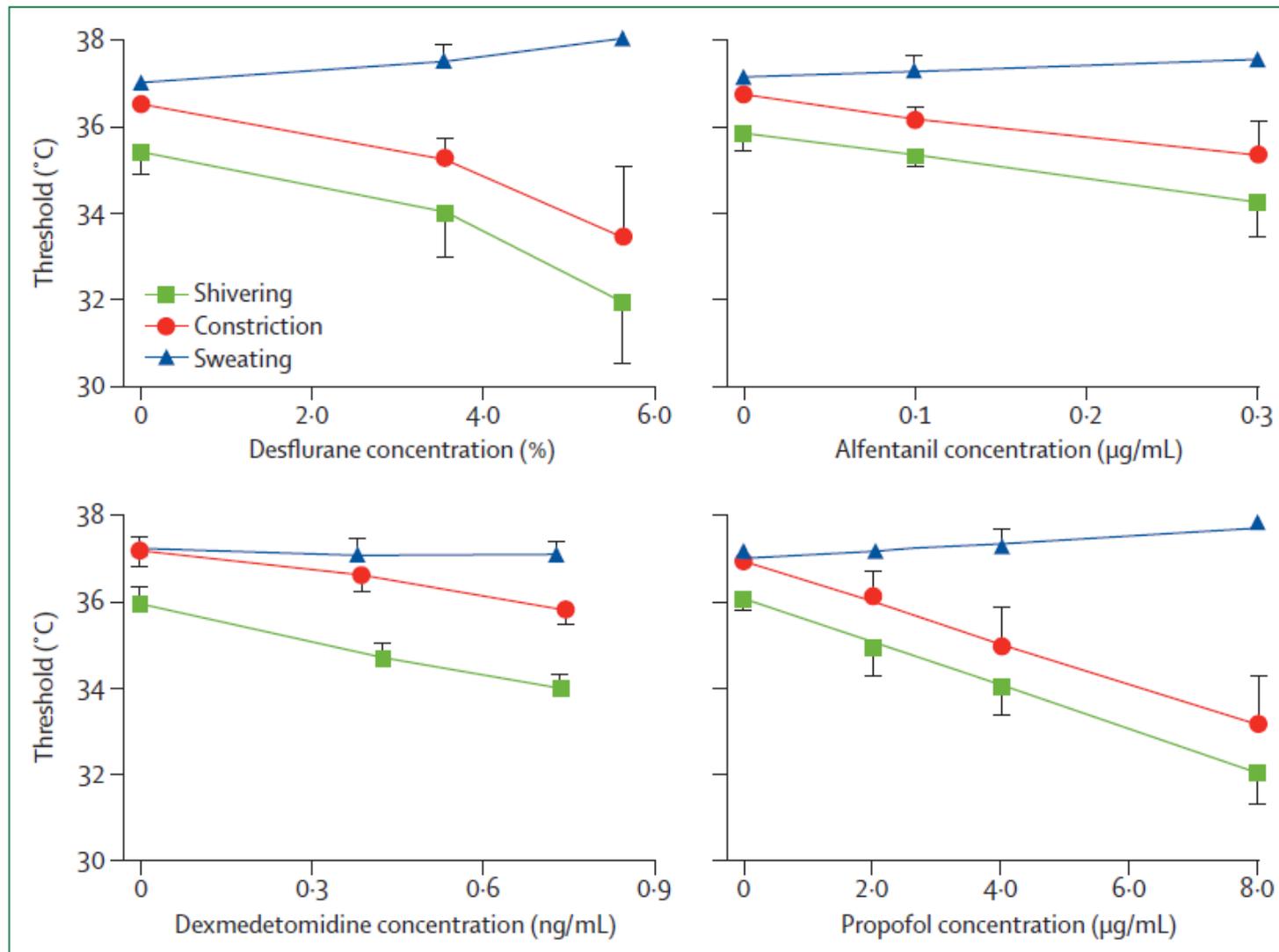


**Figure 1: Regulation of temperature in human beings**

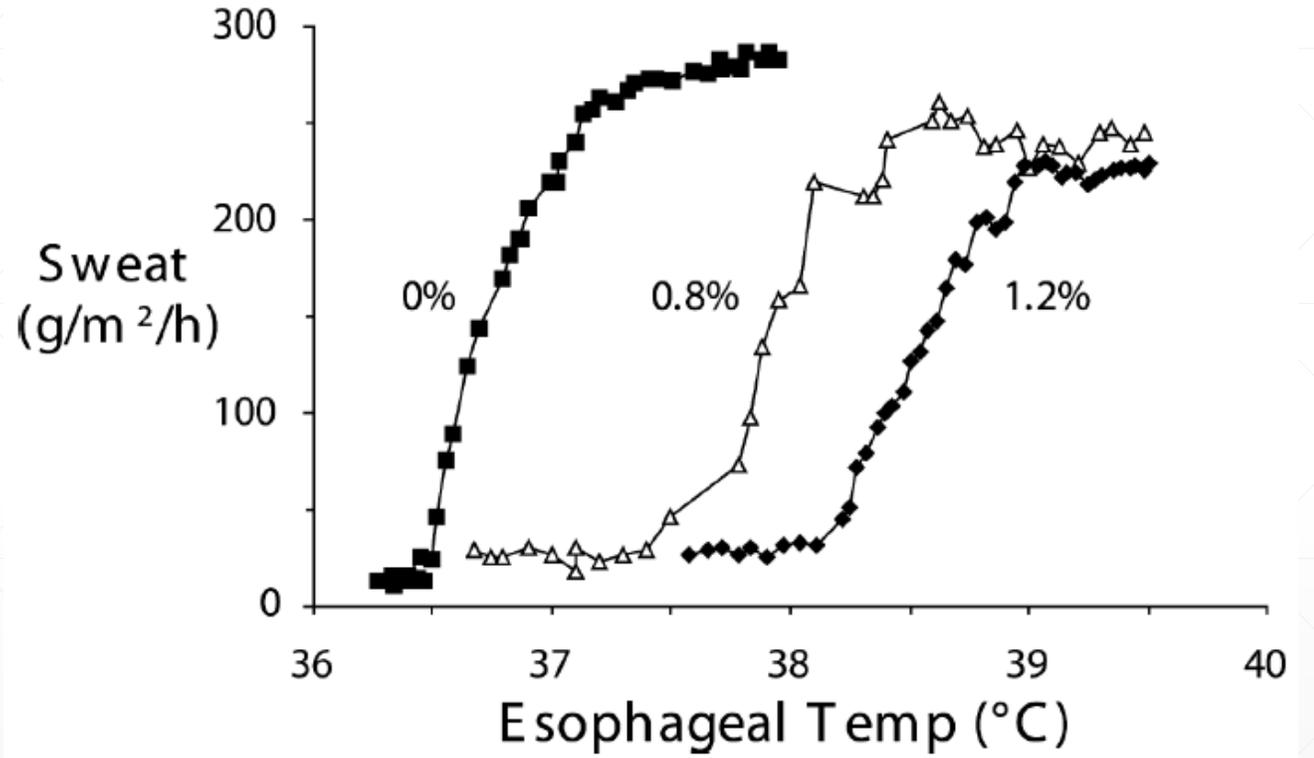
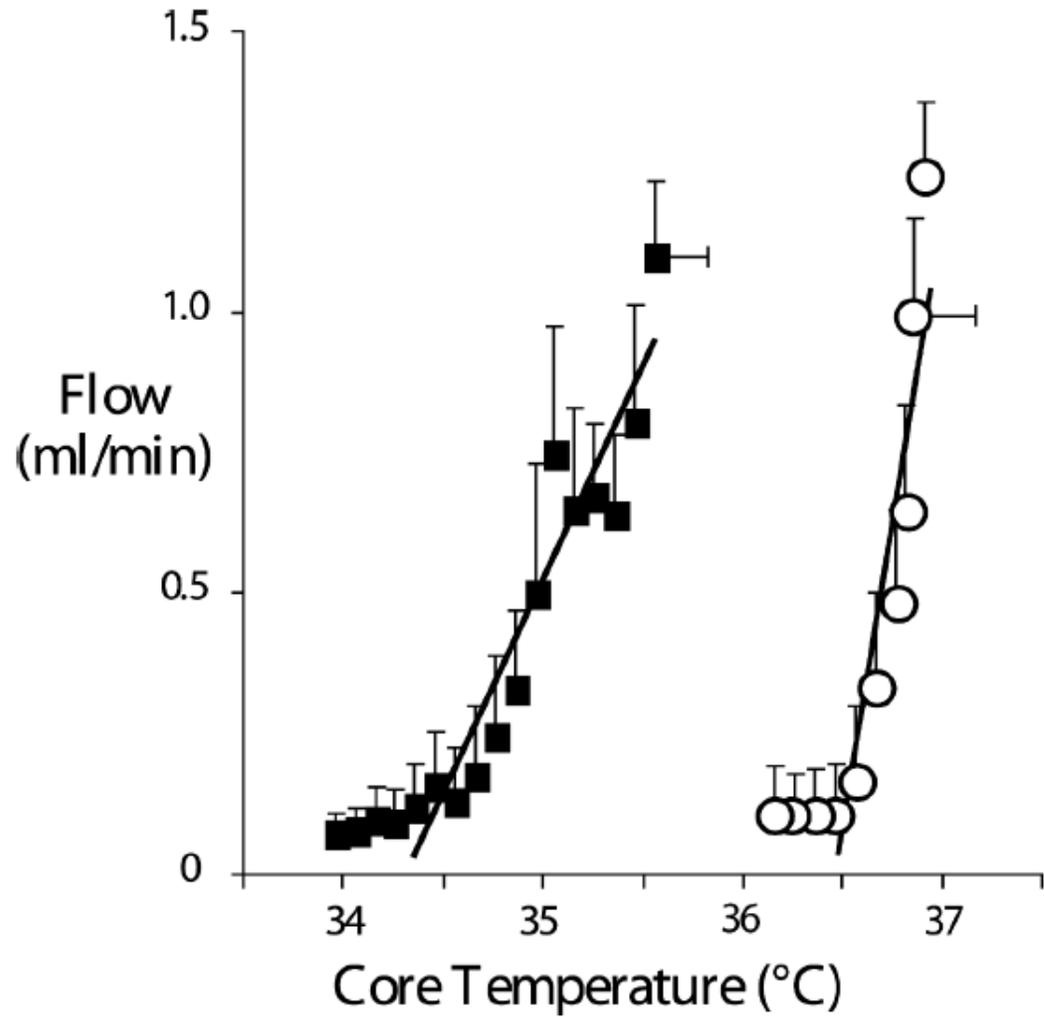
Temperature is sensed at the skin surface, in deep tissues, the spinal cord, the brain, and the hypothalamus. Integration of thermal input occurs at various levels, but the hypothalamus is the most important controller in mammals. The most important efferent autonomic responses are sweating, arteriovenous shunt vasoconstriction, and shivering. Behavioural responses (any volitional responses) are by far the strongest defences, but not usually available to surgical patients. Each response is characterised by its threshold (triggering core temperature), gain (increase in response intensity with further deviation in core temperature), and maximum response intensity.

# Thermorégulation en AG

- Défenses comportementales impossibles
  - Tout les agents anesthésiants altèrent les mécanismes de défenses autonomiques
  - «*Interthreshold range*» augmenté de 2-4 °C (10x)
-

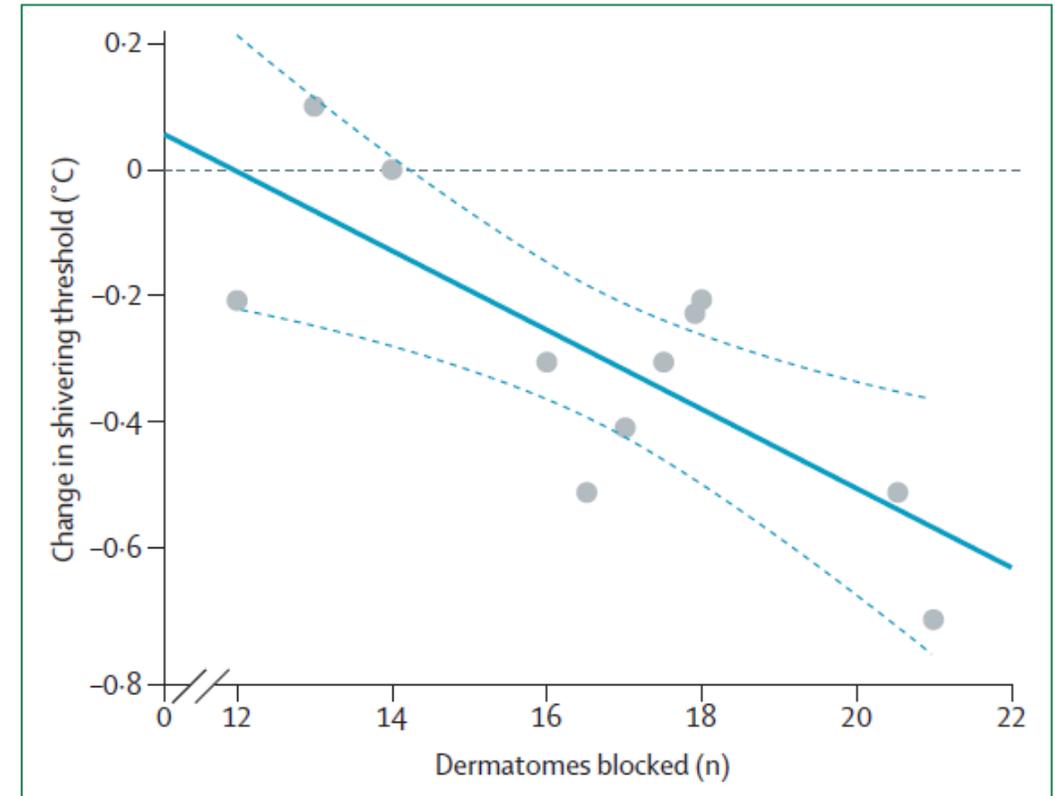
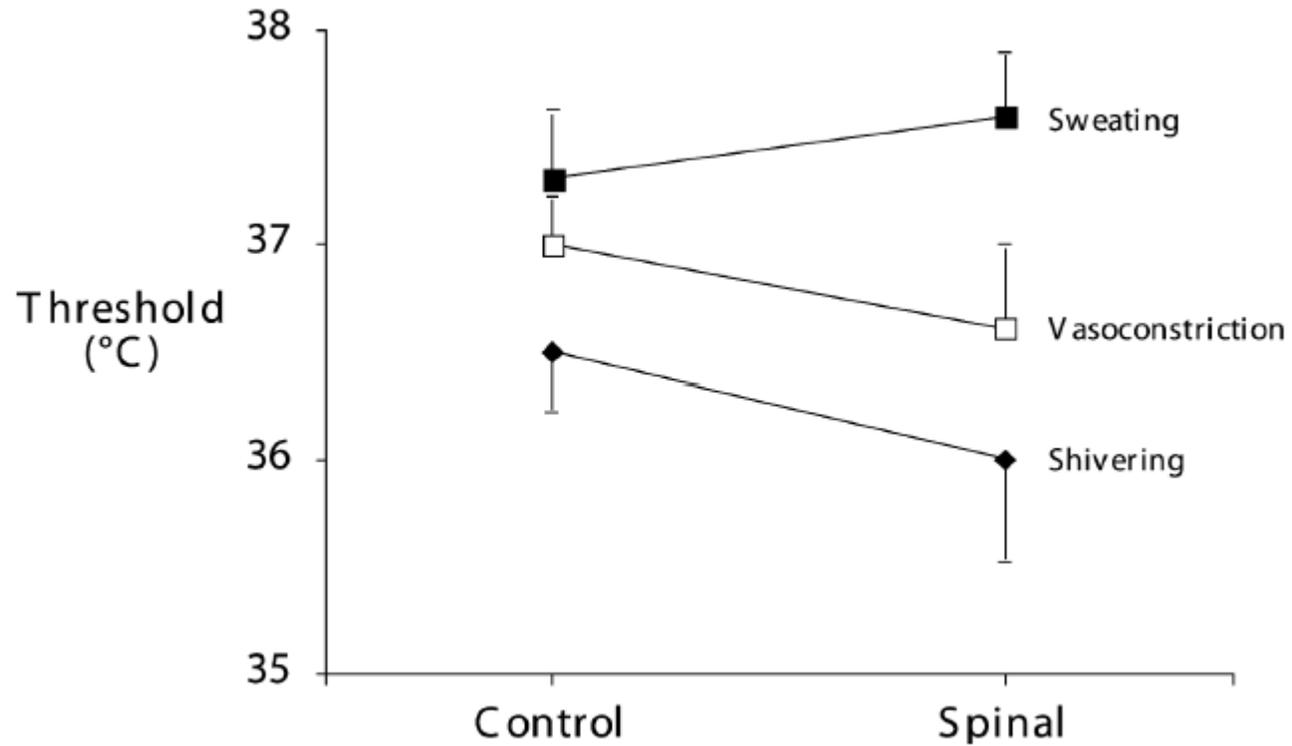


**Figure 3: The major autonomic thermoregulatory response thresholds in volunteers given desflurane,<sup>34</sup> alfentanil,<sup>30</sup> dexmedetomidine,<sup>35</sup> or propofol<sup>29</sup>**  
 Each drug slightly increases the sweating threshold (triggering core temperature) while greatly and synchronously decreasing the vasoconstriction and shivering thresholds. SD bars smaller than the data markers have been deleted. Reproduced with permission from Wolters Kluwer.



# Thermorégulation en neuraxiale

- 3 mécanismes d'hypothermie
    - Inconfort plutôt faible
    - Atteinte du contrôle central
    - Atteinte des mécanismes de défenses
-



**Figure 4: Relation between the number of dermatomes blocked and the reduction in the shivering threshold**

There are 22 dermatomes: five sacral segments, five lumbar segments, and 12 thoracic segments. The shivering threshold is the difference between the control shivering threshold and spinal shivering threshold. The shivering threshold was reduced more by extensive spinal blocks than by less extensive ones ( $\Delta$  threshold 0.74–0.06 (dermatomes blocked);  $r^2=0.58$ ,  $p=0.006$ ).

The curved lines are 95% CIs. Adapted with permission from Leslie and Sessler.<sup>45</sup>

# Hyperthermie et fièvre

- Hyperthermie : élévation de la température corporelle
    - Production, chauffage excessif, perte de chaleur inadéquate
  - Fièvre : élévation de la température due à la présence de cytokines pyrogénique
-

# Thermorégulation

- Avant de poursuivre!



# Hypothermie per-opératoire

- 4 mécanismes de perte de chaleur
  - Radiation
  - Conduction
  - Convection
  - Évaporation

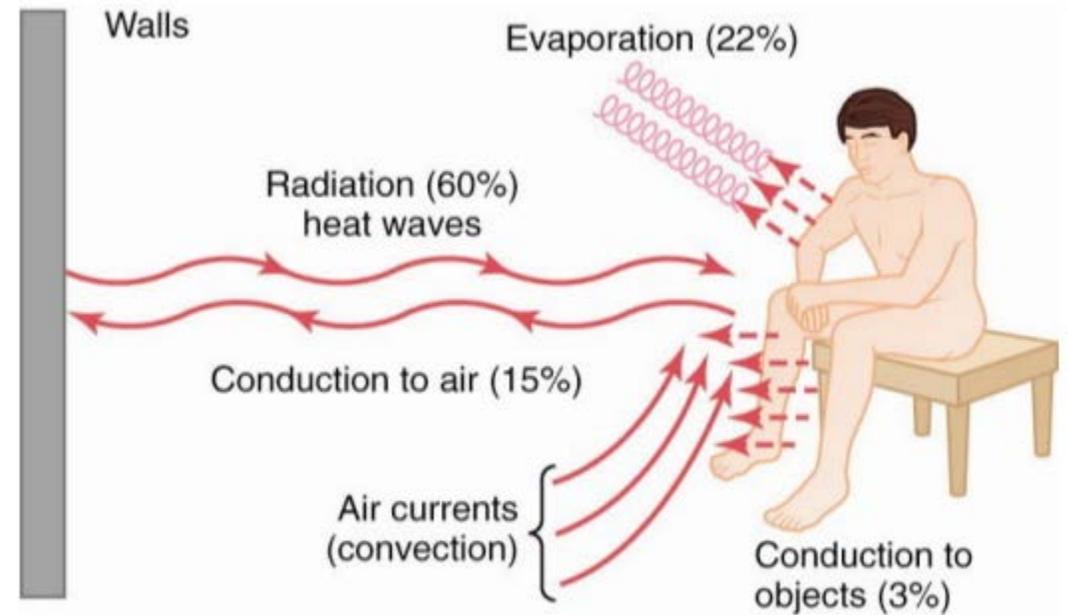
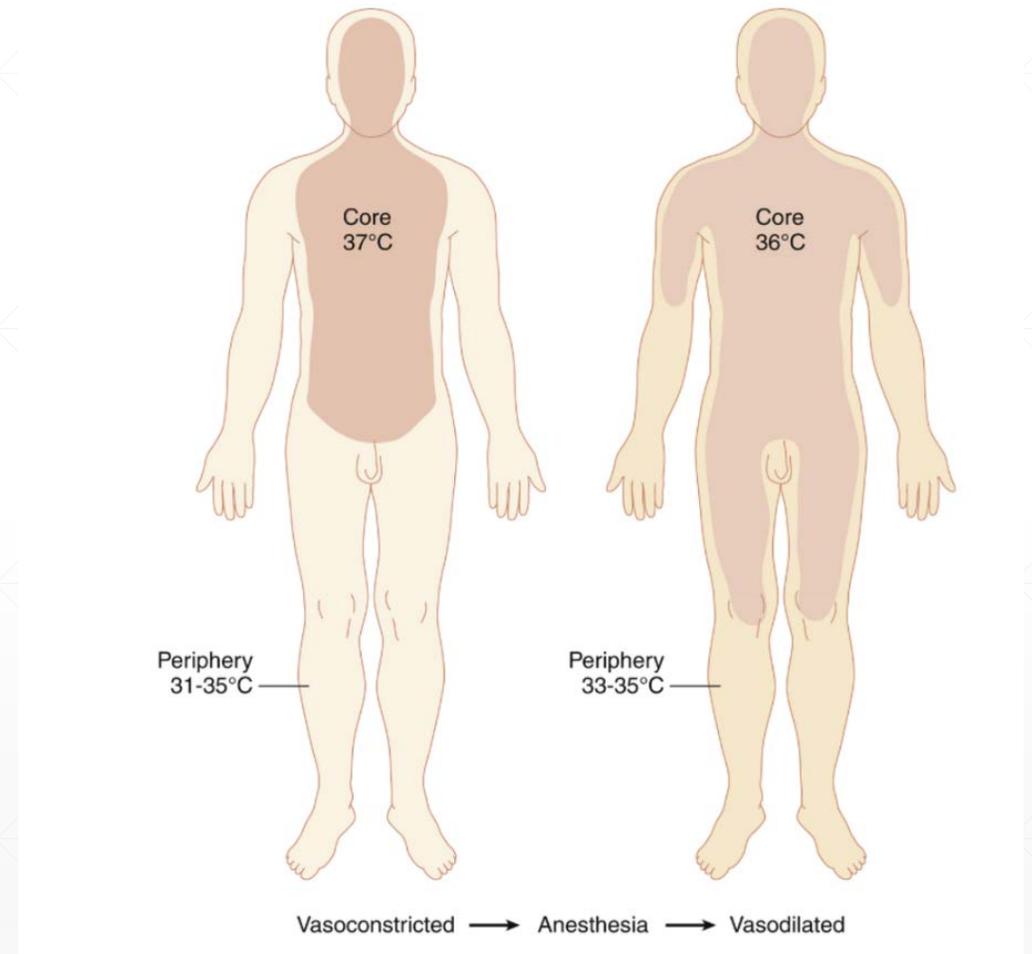


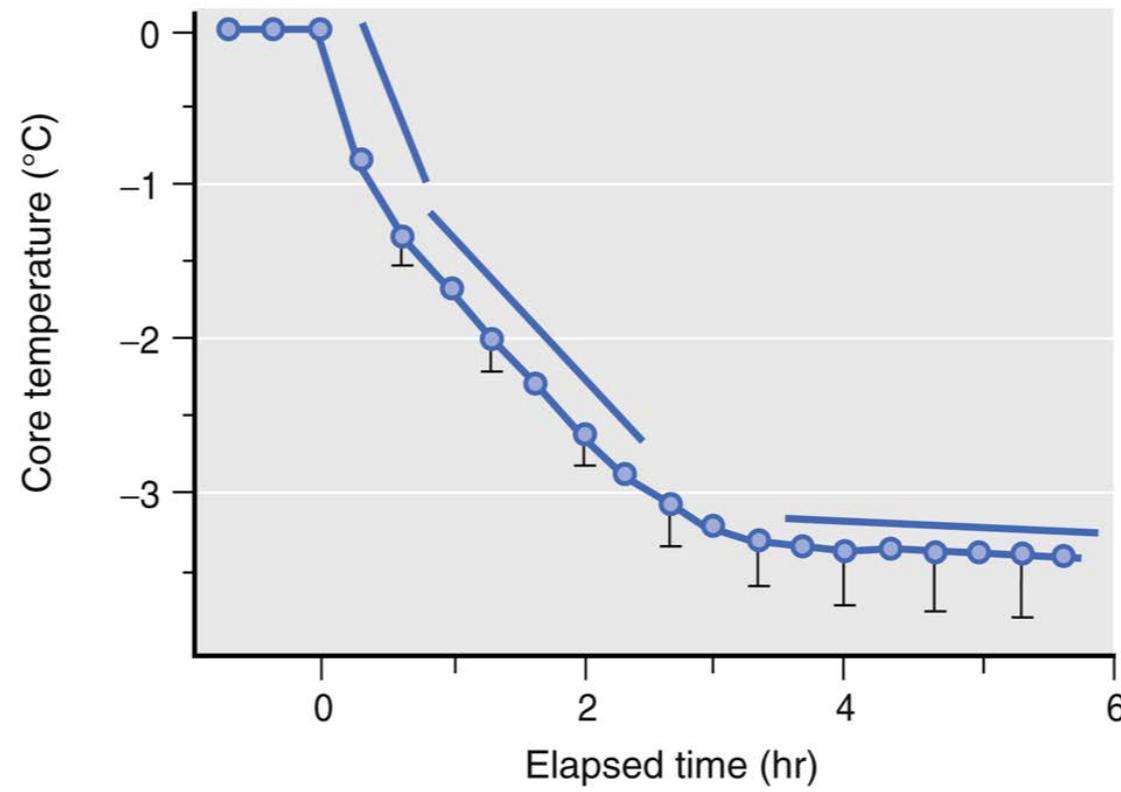
Figure 73-4; Guyton & Hall

Mechanisms of heat loss from the body

# Hypothermie per-opératoire

- 3 phases classiques d'hypothermie
  - Redistribution
    - Première heure, perte de 0.5-1.5 °C
    - Vasodilatation périphérique
    - Redistribution de la chaleur vers la périphérie
  - Balance production/perte
    - 2-4 heures
  - Plateau





# Implications cliniques

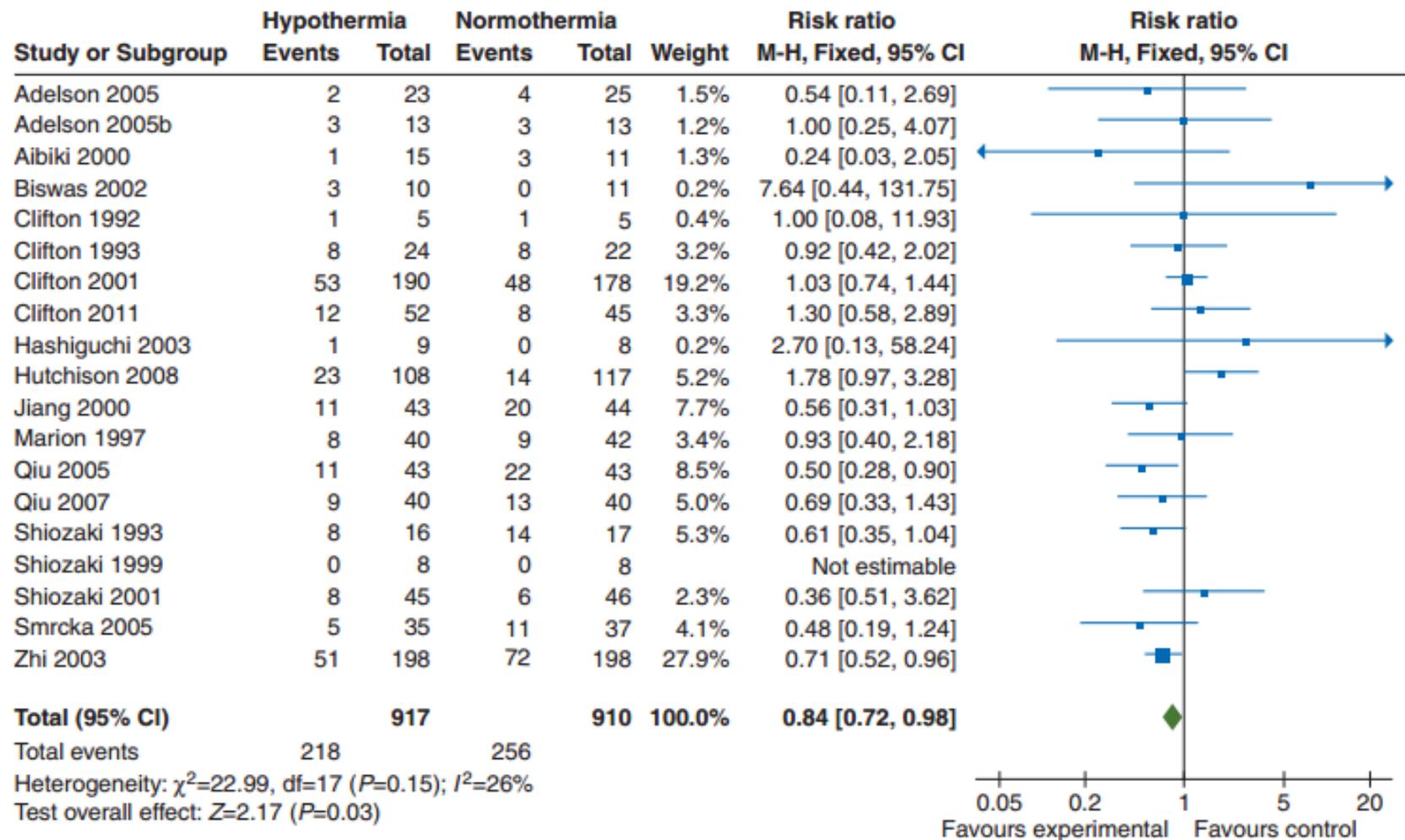
- Principes de base
    - ↓ du métabolisme de 8% / °C
    - ↓ de la consommation d'oxygène
    - ↓ de la production de déchets toxiques
    - Stabilisation des membranes
  - Cardiaque
    - ↓ FC, ↑ contractilité, SV préservé
    - ↓ DC et TA
    - Irritabilité ventriculaire 28 °C
    - FV entre 25 – 30 °C
    - Protection contre l'ischémie
-

# Implications cliniques

- Cérébral
    - ↓ CBF
    - Fonction préservée ad 33 °C, perte de conscience 28 °C
    - Réflexe du tronc préservé ad 25 °C
    - Rigidité et myoclonies 26 °C
  - Rénal
    - ↓ flot sanguin rénal
    - Diurèse froide : hypovolémie, hypo K/Mg/PO4
-

# Implications cliniques

- Bénéfices
    - Trauma cérébral (32-34 °C)
      - Neuroprotection et diminution de la PIC
      - Bénéfice semble plutôt marginal et chez ceux dont les méthodes conventionnelles ont échoué
    - Encéphalopathie néonatale (33 to 35°C)
      - 6h post-partum, durée 72h
      - Complications : thrombocytopénie, brady sinusale
    - Post ACR
      - Éviter l'hyperthermie (1B)
      - 33 °C pendant 24h (2C) chez les patients comateux, oedeme cérébral, EEG anormal
    - Chirurgie cardiaque/aortique complexes
    - Protection moelle en chirurgie vasculaire
-



**Fig 2** Forest plot of all included trials examining the effect of prophylactic therapeutic hypothermia vs normothermia on mortality in TBI. The estimate of heterogeneity places a numerical value on the variation in the results of individual studies, thereby suggesting the confidence that one can have in the combined estimate. The results from these studies are relatively heterogeneous.

# Effets néfastes

- Coagulopathie
    - Atteinte plaquettaire (thromboxane A3)
    - Atteinte de la fonction des enzymes impliquées dans la cascade de coagulation
    - Augmentation des PS de 20% avec une hypothermie de seulement 1 °C
-

**Table 1. Summary of Total Blood Loss Literature Review**

Reference	Type of Surgery	Patients (n)		T <sub>core</sub> (°C)		Blood Loss (ml)		Reported P Value
		NT	HT	NT	HT	NT	HT	
Schmied <i>et al.</i> <sup>23</sup>	Hip arthroplasty	30	30	36.6 ± 0.4	35.0 ± 0.5	1670 ± 320	2150 ± 550	<0.001
Winkler <i>et al.</i> <sup>31*</sup>	Hip arthroplasty	75	75	36.5 ± 0.5	36.0 ± 0.4	1531 (1055, 1746)	1678 (1366, 1965)	0.031
Widman <i>et al.</i> <sup>30</sup>	Hysterectomy	29	29	Δ0.4 ± 0.3	Δ0.9 ± 0.4	923 ± 410	1068 ± 482	0.048 <sup>c</sup>
Persson <i>et al.</i> <sup>29†</sup>	Hysterectomy	29	30	36.8 ± 0.1	35.8 ± 0.1	186 ± 27	308 ± 47	<0.05
Hofer <i>et al.</i> <sup>26</sup>	Off pump CABG	22	24	36.8 ± 0.1	35.8 ± 0.1	1497 ± 497	2300 ± 788	<0.001
Bock <i>et al.</i> <sup>25</sup>	Major abdominal surgery	20	20	Δ0.5 ± 0.8	Δ1.5 ± 0.8	635 ± 507	1070 ± 802	<0.05
Johansson <i>et al.</i> <sup>24</sup>	Hip arthroplasty	25	25	36.5 ± 0.8	35.4 ± 0.9	1047 ± 413	1066 ± 441	0.88‡
Smith <i>et al.</i> <sup>35†</sup>	Major surgery	31	30	36.7 ± 0.1	36.1 ± 0.1	423 ± 101	159 ± 49	<0.05
Frank <i>et al.</i> <sup>7†</sup>	Major surgery	142	158	36.7 ± 0.1	35.4 ± 0.1	390 ± 70	520 ± 60	0.16
Mason <i>et al.</i> <sup>28</sup>	Gastric bypass	32	32	36.3	35.7	111 ± 40	157 ± 73	<0.01
Casati <i>et al.</i> <sup>32</sup>	Hip arthroplasty	25	25	36.3	35.7	470 ± 170	442 ± 216	>0.05
Murat <i>et al.</i> <sup>33</sup>	Spine surgery	26	25	36.5 ± 0.8	35.4 ± 0.9	160 ± 61	161 ± 100	>0.05
Hohn <i>et al.</i> <sup>27*</sup>	Cardiac	43	43	36.0 ± 0.4	35.3 ± 0.4	660 (230, 1870)	956 (340, 5480)	<0.05
Nathan <sup>34</sup>	Cardiac	73	71	36.7 ± 0.4	34.3 ± 0.4	596 ± 356	666 ± 405	0.28

Data reported as mean ± SD except as noted.

\* Data reported as median (min, max). † Data reported as mean ± SEM. ‡ P value calculated from summary data.

CABG = coronary artery bypass graft; HT = hypothermic; NT = normothermic.

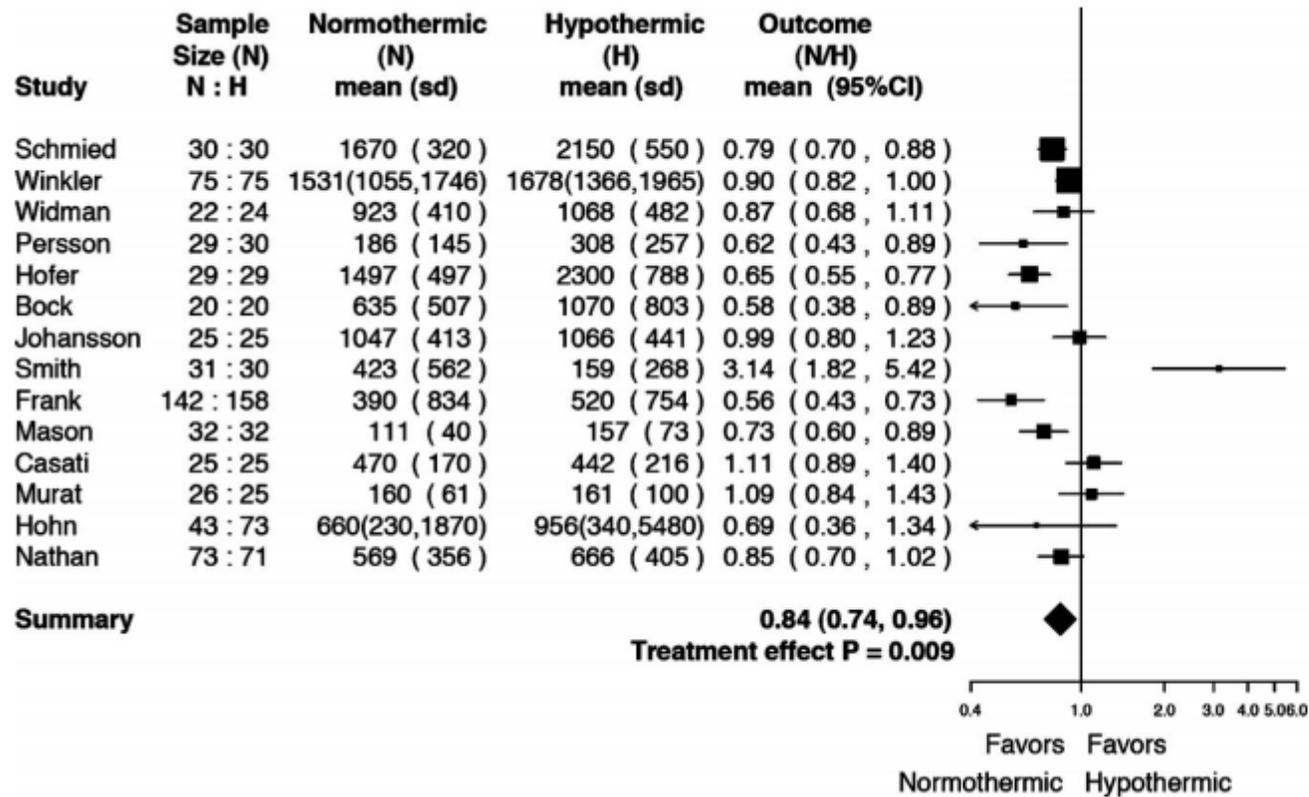
**Table 2. Summary of Transfusion Literature Review**

Reference	Patients (n)		Any Transfusion (%)		T <sub>core</sub> (°C)		Transfusion (ml)		Reported P Value
	NT	HT	NT	HT	NT	HT	NT	HT	
Schmied <i>et al.</i> <sup>23</sup>	30	30	1	7	36.6 ± 0.4	35.0 ± 0.5	10 ± 55	80 ± 154	0.02
Winkler <i>et al.</i> <sup>31*</sup>	75	75	29	40	36.5 ± 0.5	36.0 ± 0.4	289 ± 408	401 ± 470	0.058
Widman <i>et al.</i> <sup>30</sup>	29	29	9	11	Δ0.4 ± 0.3	Δ0.9 ± 0.4	190 ± 220	290 ± 330	>0.05
Hofer <i>et al.</i> <sup>26</sup>	22	24	5	11	36.5 ± 0.4	35.6 ± 0.8	155 ± 285	530 ± 689	0.048
Bock <i>et al.</i> <sup>25</sup>	20	20	3	9	Δ0.5 ± 0.8	Δ1.5 ± 0.8	95 ± 293	502 ± 754	<0.05
Johansson <i>et al.</i> <sup>24</sup>	25	25	15	13	36.9 ± 0.5	36.0 ± 0.7	490 ± 490	525 ± 595	>0.05
Smith <i>et al.</i> <sup>35*</sup>	31	30	2	1	36.7 ± 0.1	36.1 ± 0.1	525 ± 175	700‡	>0.05
Hohn <i>et al.</i> <sup>27†</sup>	43	43	17	18	36.0 ± 0.4	35.3 ± 0.4	548 (190, 1500)	566 (100, 2050)	>0.05
Nathan <i>et al.</i> <sup>34</sup>	73	71	23	24	36.7 ± 0.4	34.3 ± 0.4	245 ± 490	245 ± 420	0.76
Kurz <i>et al.</i> <sup>9</sup>	104	96	23	34	36.6 ± 0.5	34.7 ± 0.6	140 ± 350	280 ± 420	<0.01

Data are reported as mean ± SD unless noted otherwise.

\* Data reported as mean ± SEM. † Data reported as median (min, max). ‡ Only one patient.

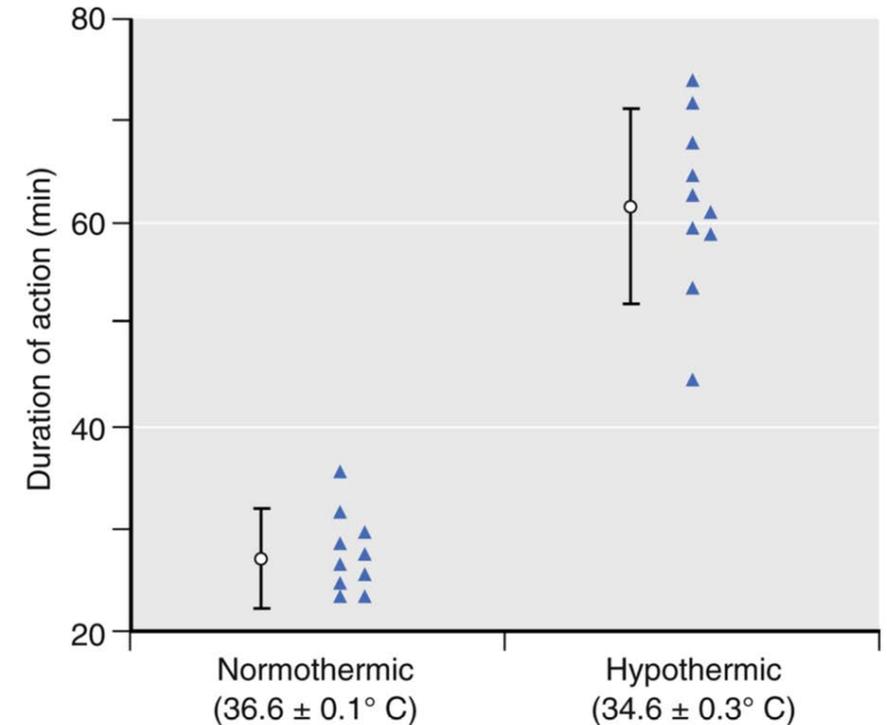
HT = hypothermic; NT = normothermic.



**Fig. 1. Total blood loss meta-analysis and forest plot. Treatment effect is expressed as ratio of geometric means of blood loss for normothermic (N) versus hypothermic (H) patients. Results indicate an estimated 16% (95% CI 4%, 26%) lower average blood loss in normothermic versus hypothermic patients,  $P = 0.009$ .**

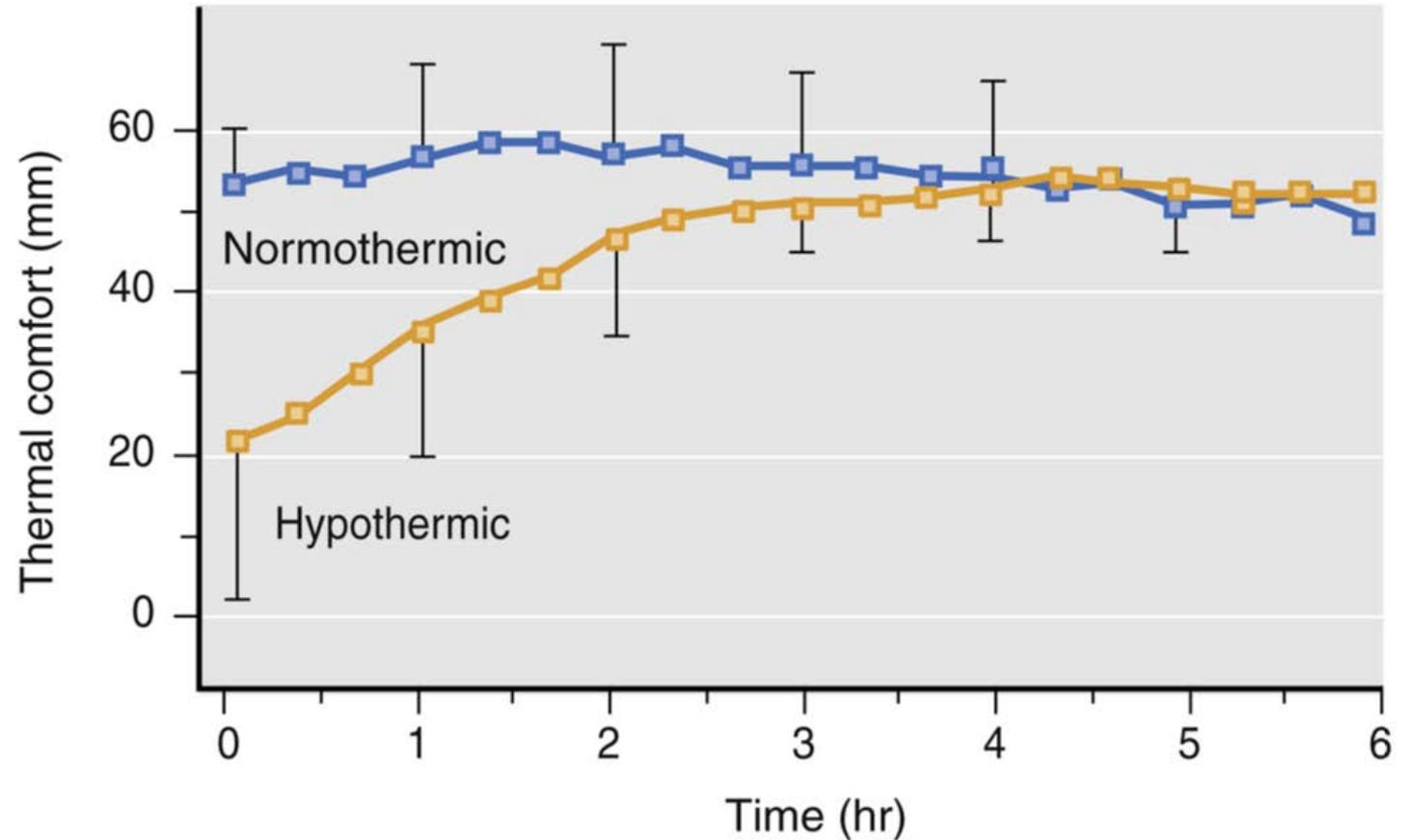
# Effets néfastes (pharmacologique)

- Effet prolongé des curares
  - Durée d'action du vecuronium doublée  $\downarrow 2^\circ\text{C}$
  - $\uparrow 60\%$  atracurium
  - Début d'action de la néostigmine 20% plus long
- Propofol ( $30\% \downarrow 3^\circ\text{C}$ )
- Volatiles
  - $\downarrow 5\%$  MAC par  $^\circ\text{C}$



# Effets néfastes

- Inconfort du patient
  - Pire que la douleur chirurgicale chez certains patients
  - Induit un stress physiologique



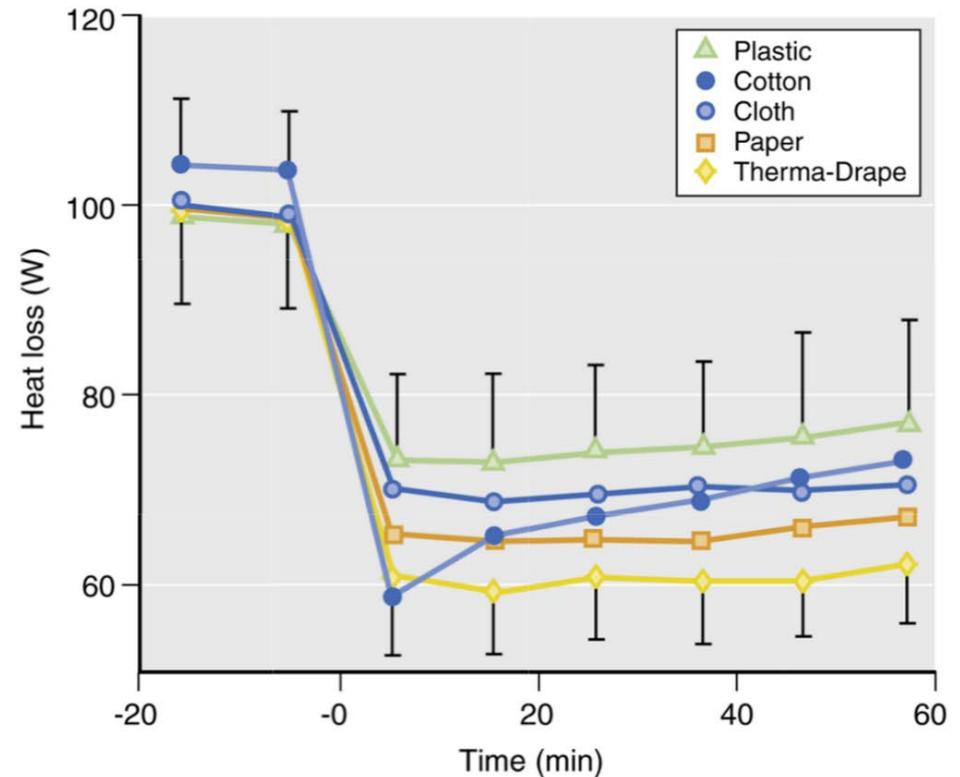
	N	$\Delta T_{\text{core}}$ (°C)	Normothermic	Hypothermic	p value	Reference
Surgical wound infection	200	1.9	6%	19%	<0.01	Kurz et al <sup>69</sup>
Duration of stay in hospital	200	1.9	12.1 days (SD 4.4)	14.7 days (SD 6.5)	<0.01	Kurz et al <sup>69</sup>
Ventricular ectopy	300	1.3	2%	8%	<0.05	Frank et al <sup>86</sup>
Urinary excretion of nitrogen	12	1.5	728 mmol per day (SD 254)	1240 mmol per day (SD 558)	<0.05	Carli et al <sup>87</sup>
Duration of vecuronium	20	2.0	28 min (SD 4)	62 min (SD 8)	<0.001	Heier et al <sup>88</sup>
Duration of atracurium	6	3.0	44 min (SD 4)	68 min (SD 7)	<0.05	Leslie et al <sup>73</sup>
Plasma propofol concentration	6	3.0	100%	128%	<0.05	Leslie et al <sup>73</sup>
Duration of postanaesthetic recovery	150	1.9	53 min (SD 36)	94 min (SD 65)	<0.001	Lenhardt et al <sup>74</sup>
Change in plasma norepinephrine	9	1.3	-0.6 µg/mL (SD 1.0)	46 µg/mL (SD 5)	<0.05	Frank et al <sup>89</sup>
Thermal discomfort	74	2.6	50 mm VAS (SD 10)	18 mm VAS (SD 9)	<0.001	Kurz et al <sup>90</sup>

Only randomised trials of people are included. Subjective responses were evaluated by observers masked to treatment group and core temperature. N= total number of participants.  $\Delta T_{\text{core}}$ =difference in core temperature between the treatment groups. VAS is a 100 mm long visual analogue scale (0 mm=intense cold, 100 mm=intense heat). Studies of blood loss and transfusion requirement are excluded because they are summarised in a meta-analysis.<sup>68</sup> Dozens of studies, not shown, demonstrate that hypothermia provokes postoperative shivering.

**Table: Major in-vivo consequences of mild perioperative hypothermia in human beings**

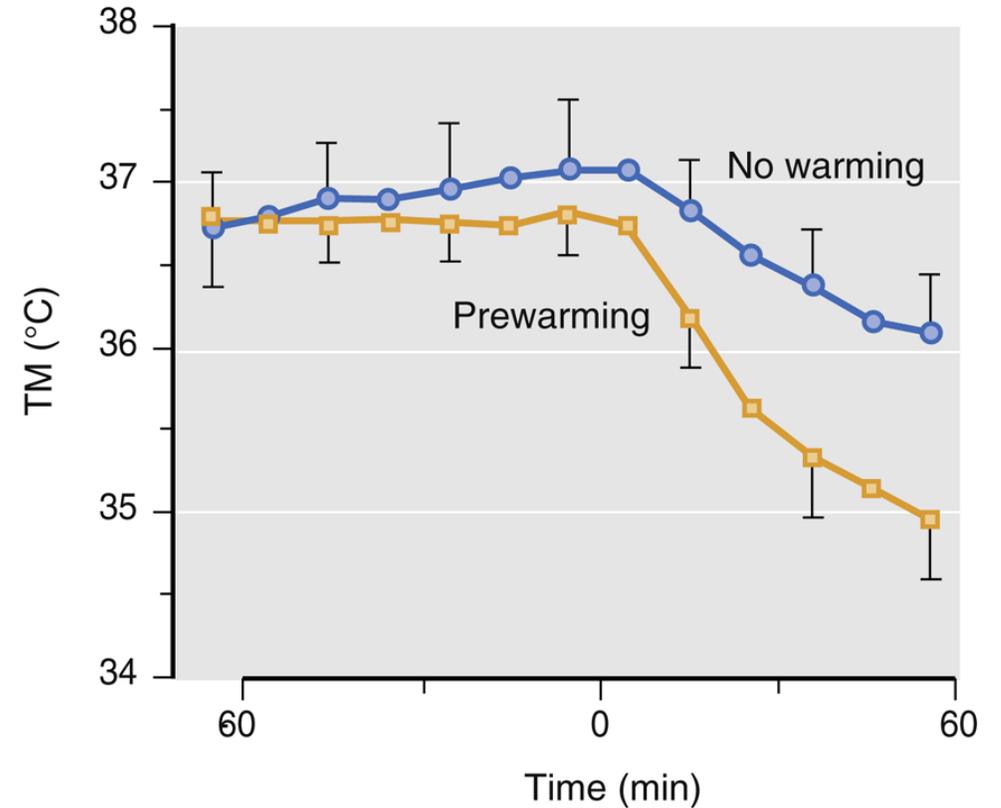
# Maintien normothermie

- Isolation
  - Permet de ↓ 30% perte de chaleur
  - Se restreint aux surfaces couvertes
  - Pas de bénéfices à ajouter des couches supplémentaires



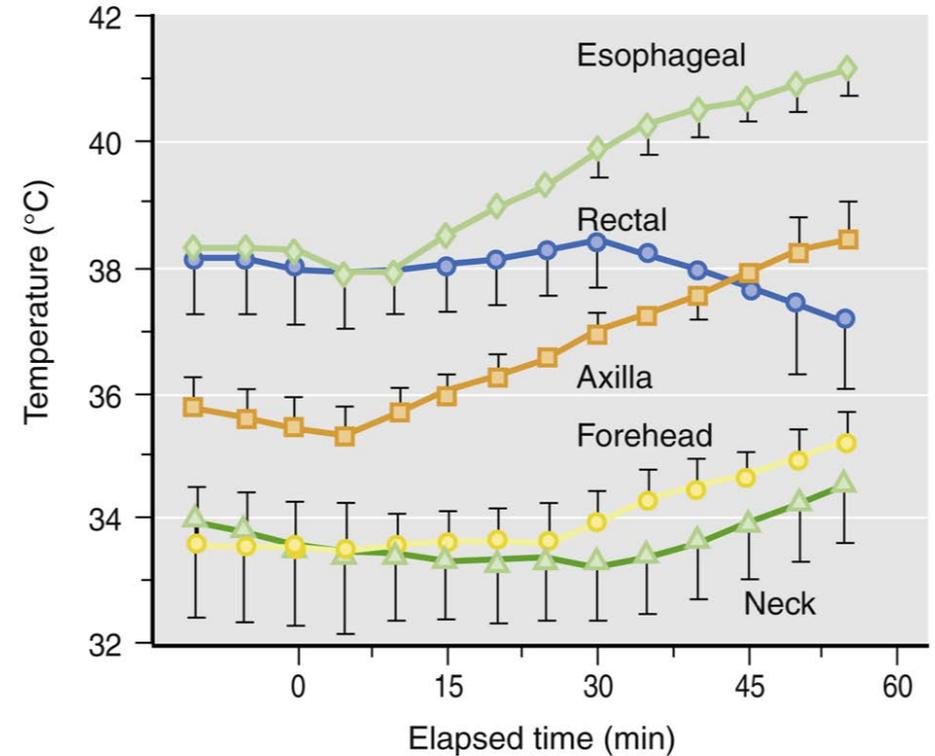
# Maintien normothermie

- Réchauffement actif
  - Pré-réchauffement
  - ↑ température salle d'opération
  - Matelas chauffant
  - Fluide IV
  - Airway heating



# Mesure de température

- Compartiment central
  - Artère pulmonaire, œsophage distal, tympan, nasopharynx → + fiables
  - Oral, axillaire, vésical → raisonnablement fiable
  - Peau et rectal → - fiable



# Malignant Hyperthermia Deaths Related to Inadequate Temperature Monitoring, 2007–2012: A Report from The North American Malignant Hyperthermia Registry of the Malignant Hyperthermia Association of the United States

Marilyn Green Larach, MD, FAAP,\* Barbara W. Brandom, MD,\*† Gregory C. Allen, MD, FRCPC,‡  
Gerald A. Gronert, MD,§ and Erik B. Lehman, MS||

- Entre 2007 et 2012, cas HM classifié comme «very likely» ou «almost certain» puis confirmé par test génétique

**Table 1. Mortality Associated with Type of Temperature Monitoring: Relative Risk for None and Skin Temperature Versus Core Temperature Monitoring**

Probe	Dead	Allive	Mortality	Relative risk versus core	Lower llmit confidence Interval <sup>b</sup>
None	3	7	30% <sup>a</sup>	13.8	2.1
Skin only	4	15	21% <sup>a</sup>	9.7	1.5
Core	1	45	2% <sup>a</sup>	1	
Other	0	9	0	Excluded	

The Table reports the mortality associated with each type of temperature monitoring present before the first sign of a malignant hyperthermia (MH) event and the relative risk for none and skin temperature monitoring versus core temperature monitoring.

<sup>a</sup>None > skin > core,  $P = 0.0012$  by the Cochran-Armitage test.

<sup>b</sup>Confidence intervals constructed using  $\alpha = 0.025$ , then \*2 for single-sided test. Only the lower limit of the confidence interval is given, corresponding to a one-sided Cochran-Armitage test.

# Recommandations actuelles

- **ASA**

*«Every patient receiving anesthesia shall have temperature monitored when clinically significant changes in body temperature are intended, anticipated or suspected. »*

- **SCA**

*« Être accessibles en exclusivité »*

- **MHAUS**

*« MHAUS recommends core temperature monitoring for all patients given general anesthesia lasting more than 30 minutes »*

---

## Conclusion (3 messages clés)

- Important de comprendre les mécanismes qui expliquent l'hypothermie per-opératoire
  - Prévention des effets néfastes liés à l'hypothermie grâce au maintien d'une normothermie
  - Quoique rare, la détection précoce d'un épisode d'hyperthermie maligne est facilitée par la mesure de température
-

# Questions

