

Université de Poitiers
Faculté de Médecine et Pharmacie

Thèse n°

ANNEE 2017

**Thèse pour le diplôme d'état
De Docteur en Médecine
(Décret du 16 Janvier 2004)**

Présentée et soutenue publiquement à Poitiers
Par Monsieur Ulrich TEDESCO
Le 24 Janvier 2017 à 17h

Evaluation du monitoring de la température centrale
par la méthode non invasive du « Zero Heat Flux »
comparé à la température intra cérébrale en
réanimation

Composition du jury :

Président : Monsieur le Professeur Bertrand DEBAENE

Membres : Monsieur le Professeur Jean Philippe NEAU
Monsieur le Docteur Denis FRASCA
Monsieur le Docteur Matthieu BOISSON

Directrice de thèse : Madame le Professeur Claire DAHYOT-FIZELIER

REMERCIEMENTS :

A Madame le Professeur Claire DAHYOT-FIZELIER,

Pour sa présence, sa disponibilité et sa gentillesse lors de mon stage et de mon parcours
médical.

Pour le sujet, l'organisation de la rédaction de cette thèse, sa motivation que ce soit pour la
SFAR ou ce travail qui n'aurait pas été possibles sans elle.

A Monsieur le Professeur Bertrand DEBAENE,

A qui je dois la grande majorité de mes connaissances anesthésiques. Pour ses anecdotes de
travail toujours instructives et passionnées.

Pour ses récits de voyages qui donnent envie d'explorer le monde. Un modèle.

A Monsieur le Docteur Denis FRASCA,

Pour son implication personnelle et statistique dans ce travail.

Pour ces gardes difficiles émotionnellement et physiquement ... mais qui se terminent bien à la
fin.

A Monsieur le Docteur Matthieu BOISSON,

Pour sa rigueur, ses connaissances théoriques et pratiques qui nous donnent envie de nous
surpasser.

A Monsieur le Professeur Jean Philippe NEAU,

Pour sa présence ce jour à la présentation de cette thèse.

Pour m'avoir appris la neurologie alors que j'étais externe en stage.

A Monsieur le Professeur Olivier MIMOZ,

Pour son apprentissage de la réanimation.

Pour ses petits cafés au sortir de la chambre de garde à peine réveillé.

Aux CCA de l'ensemble de mon cursus,

Thibault .L, Thomas, Matthieu, Elsa, Louis-Marie, Thibault .P et Yohann.

A l'équipe de Réanimation neurochirurgicale,

Pour leur patience et efficacité, sans qui ce travail n'aurait pas été possible, j'apporterai le petit déj'.

A l'équipe du Bloc Opératoire et des autres réanimations du CHU de Poitiers,

Pour leur gentillesse, leurs connaissances, et le plaisir de se lever le matin pour aller travailler.

A l'équipe d'anesthésie de Niort,

Pour m'avoir transmis les bases de mon métier et leur passion de l'anesthésie.

A l'équipe de Réanimation d'Angoulême,

Et tout particulièrement Arnaud, Sylvie, Christophe mais aussi Olivier et Charles pour leur rigueur, leur jovialité, leur humour noir, très noir, et leurs connaissances (la natrémie n'a plus de secret depuis mon passage chez vous).

A l'équipe d'Anesthésie de Saintes,

A qui je dis simplement : à bientôt !

A mes co-internes, et amis

Vinie, pour son amitié et sa proximité géographique depuis Niort.

Damien, pour son caribou en chocolat et pour être toujours partant pour mes pauses café en plein rush.

Ismaël, pour sa sagesse et ses tentatives de conversion à sa religion.

Mirza, pour son amitié, pour son organisation des plannings, et ses tentatives de conversion à la muscu.

Anouk, pour ses fous rires au milieu de la réa. Qui nous fait croire qu'elle est interne à Limoges.

Pierre-Alain, pour son humour, ses coups de gueule toujours bien tournés qui font bouger les masses.

Sabrina, pour son énergie et sa bonne humeur.

Stéphanie, pour sa bonne humeur et tous ses soupirs de ras-le-bol.

Solène, un merci tout particulier en ce qui concerne ce travail. Et pour toutes ses qualités personnelles.

Et tous les autres non cités.

A mes proches,

A mon Amour, mon Evidence,

Toutes les choses s'imposent d'elles-mêmes à tes côtés,
Merci pour ton courage, ton soutien et ton amour.
Nous arpentons et arpentons toujours le chemin main dans la main.

A ma mère,

Pour son soutien et son amour sans limite quel que soit la circonstance. Pour être un modèle de vie et d'avoir fait de moi qui je suis aujourd'hui.

A mon père,

Pour tout,
Et aussi son credo « dans la vie, il faut savoir tout faire » : voilà je suis anesthésiste.

A mes frères,

Pour être mes modèles.

A mes grands-parents,

Encore présents ou non, je pense à vous.

A Clément,

Un vrai ami depuis si longtemps

A ma belle-famille,

Si loin, mais si proche en même temps, à bientôt à l'autre bout du monde.

Aux milliers d'heures de musique écoutées, aux dizaines de livres lus pendant cette thèse :
« Let There Be Rock »

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

AGIUS Gérard, bactériologie-virologie (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
ALLAL Joseph, thérapeutique
BATAILLE Benoît, neurochirurgie
BRIDOUX Frank, néphrologie
BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
CARRETIER Michel, chirurgie générale
CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
CHRISTIAENS Luc, cardiologie
CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
DEBIAIS Françoise, rhumatologie
DROUOT Xavier, physiologie
DUFOR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
FAURE Jean-Pierre, anatomie
FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
GAYET Louis-Etienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
GILBERT Brigitte, génétique
GOMBERT Jean-Marc, immunologie
GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (**surnombre jusqu'en 08/2019**)
GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
HADJADJ Samy, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
HERPIN Daniel, cardiologie
HOUETO Jean-Luc, neurologie
INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
JABER Mohamed, cytologie et histologie
JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en détachement**)
KITZIS Alain, biologie cellulaire (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
LELEU Xavier, hématologie
LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques (**surnombre jusqu'en 08/2018**)
MACCHI Laurent, hématologie
MARECHAUD Richard, médecine interne
MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (**surnombre jusqu'en 08/2017**)
MEURICE Jean-Claude, pneumologie
MIGEOT Virginie, santé publique
MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
NEAU Jean-Philippe, neurologie

ORIoT Denis, pédiatrie
PACCALIN Marc, gériatrie
PERAULT Marie-Christine, pharmacologie clinique
PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et Traumatologique
RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire
RICHER Jean-Pierre, anatomie
RIGOARD Philippe, neurochirurgie
ROBERT René, réanimation
ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies Tropicales
ROBLOT Pascal, médecine interne
RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (**surnombre jusqu'en 08/2017**)
SILVAIN Christine, hépto-gastro- entérologie
SOLAU-GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
THIERRY Antoine, néphrologie
THILLE Arnaud, réanimation
TOUGERON David, gastro-entérologie
TOURANI Jean-Marc, cancérologie
WAGER Michel, neurochirurgie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

ALBOUY-LLATY Marion, santé publique
BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie
BEN-BRIK Eric, médecine du travail
BILAN Frédéric, génétique
BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
DIAZ Véronique, physiologie
FAVREAU Frédéric, biochimie et biologie moléculaire
FEIGERLOVA Eva, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
FRASCA Denis, anesthésiologie – réanimation
FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
HURET Jean-Loup, génétique
LAFAY Claire, pharmacologie clinique
PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
SAPANET Michel, médecine légale
SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

BINDER Philippe
GOMES DA CUNHA José

Maître de conférences des universités de médecine générale

BOUSSAGEON Rémy

Professeur associé des disciplines médicales

ROULLET Bernard, radiothérapie

Professeurs associés de médecine générale

BIRAULT François
VALETTE Thierry

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

AUDIER Pascal
ARCHAMBAULT Pierrick
BRABANT Yann
FRECHE Bernard
GIRARDEAU Stéphane
GRANDCOLIN Stéphanie
PARTHENAY Pascal
VICTOR-CHAPLET Valérie

Enseignants d'Anglais

DEBAIL Didier, professeur certifié
DHAR Pujasree, maître de langue étrangère
ELLIOTT Margaret, contractuelle enseignante

Professeurs émérites

EUGENE Michel, physiologie (08/2019)
GIL Roger, neurologie (08/2017)
MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (08/2017)
MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (08/2017)
POURRAT Olivier, médecine interne (08/2018)
TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2018)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

ALCALAY Michel, rhumatologie
ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
BURIN Pierre, histologie
CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
DABAN Alain, cancérologie radiothérapie (ex-émérite)
DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
GRIGNON Bernadette, bactériologie
GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
GUILLET Gérard, dermatologie
JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
MAGNIN Guillaume, gynécologie-obstétrique (ex-émérite)
MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
MARILLAUD Albert, physiologie
MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
PAQUEREAU Joël, physiologie
POINTREAU Philippe, biochimie
REISS Daniel, biochimie
RIDEAU Yves, anatomie
SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
VANDERMARCQ Guy, radiologie et imagerie médicale

Sommaire :

Remerciements	2
Glossaire	8
1. Introduction.....	9
2. But de l'étude	11
2.1. Objectif principal.....	11
2.2. Objectif secondaire	11
3. Matériels et méthodes	11
3.1. Critères d'évaluation	11
3.1.1. Critère d'évaluation principal.....	11
3.1.2. Critères d'évaluation secondaires	11
3.2. Patients	13
3.2.1. Critères d'inclusion	13
3.2.2. Critères de non inclusion	13
3.3. Le système 3M®SpotOn™	13
3.4. Protocole de l'étude	14
3.5. Nombre de patients	15
3.6. Analyse statistique	15
4. Résultats	16
5. Discussion	20
6. Conclusion	25
7. Références	26
8. Annexe	28
9. Résumé	36

GLOSSAIRE

ACSOS : Agressions Cérébrales Secondaires d'Origine Systémique

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

CPP : Comité de Protection des Personnes

DSC : Débit Sanguin Cérébral

HIP : Hématome Intra Parenchymateux

HSA : Hémorragie Sous Arachnoïdienne

HTIC : Hypertension Intracrânienne

PIC : Pression Intra-Crânienne

PPC : Pression de Perfusion Cérébrale

PiCCO₂[®]: Pulse index Contour Continuous Cardiac Output

PtiO₂ : Pression Tissulaire Partielle Cérébrale en Oxygène.

T_{ic} : Température mesurée par la sonde intra parenchymateuse Licox[®]

T_{oes} : Température mesurée par la sonde œsophagienne

T_{sg}: Température mesurée par la température artérielle PiCCO₂[®]

T_{zhf} : Température mesurée par la méthode du “zero heat flux”

ZHF: Zero Heat Flux

1. Introduction

La mesure continue de la température fait partie intégrante de la surveillance des patients de réanimation, notamment chez les cérébrolésés en situation critique.

En effet, dans cette population, un contrôle ciblé de la température est recommandé (1) car l'hyperthermie est l'une des agressions cérébrales secondaires d'origine systémique (ACSOS) et en l'absence de contrôle, celle-ci occasionne une aggravation de la lésion initiale. La fièvre (température $\geq 38.3^{\circ}\text{C}$) est rapportée chez 44% des patients hospitalisés en réanimation, avec 8% de patients présentant une température $\geq 39.5^{\circ}\text{C}$. De plus, elle est associée à une mortalité plus élevée (2,3), un pronostic neurologique défavorable (2,4), des durées de séjour en réanimation et hospitalières plus longues (2,5). Elle est aussi un facteur de mauvais pronostic neurologique chez l'homme après un hématomateux intra parenchymateux (HIP) (6,7). Plusieurs études observationnelles, avec de larges effectifs de patients, montrent que la fièvre est aussi un facteur de mauvais pronostic neurologique après une hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA) (8–11).

La température centrale, correspondant à la température des organes, fait référence pour le contrôle ciblé de la température, car non influencée par la vasoconstriction périphérique. La méthode de mesure de référence est la température de l'artère pulmonaire déterminée par la sonde de Swan Ganz. Ainsi, il est recommandé de maintenir une température centrale entre 35 et 37°C chez le traumatisé crânien grave, une normothermie dans l'HIP spontané et l'HSA. Une normothermie doit être recherchée dans l'accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique. Pour toutes ces pathologies, en cas d'hypertension intracrânienne réfractaire à tout autre traitement, une hypothermie entre 34 et 36°C peut être envisagée (1).

L'étiologie principale de l'hyperthermie chez le cérébrolésé est de nature infectieuse dans 50% des cas, avec une prédominance pour la pneumopathie. L'autre étiologie majeure est la fièvre neurogénique centrale qui est due soit à une hyperactivité sympathique, soit à une modification du seuil de thermorégulation de l'hypothalamus par des cascades inflammatoires impliquant la protéine PGE2 (Cox-2) au niveau de l'aire pré-optique de l'hypothalamus antérieur. Les conséquences sont une augmentation du débit sanguin cérébral et du métabolisme cérébral ainsi qu'une modification de la dissociation du dioxyde de carbone avec

l'hémoglobine (9,10).

Tous ces éléments provoquent une aggravation de la pression intra crânienne (PIC) et un risque d'apparition de lésions secondaires. Hors, du fait de la localisation du cerveau dans la boîte crânienne, la perte de chaleur par convection est quasi inexistante. Ainsi, cette perte est réalisée par 2 échangeurs : le retour veineux au niveau des veines jugulaires et vertébrales, et la respiration par les fosses nasales qui sont non fonctionnelles après intubation (12).

La majorité des indications de monitoring de la température étant en lien avec la neuroprotection, la surveillance de la température cérébrale pourrait sembler plus pertinente que la température centrale.

La température intra cérébrale, mesurée par une sonde intra parenchymateuse, et la température centrale varient de $\pm 0,45^{\circ}\text{C}$ à $\pm 0,9^{\circ}\text{C}$ selon 5 études publiées chez le traumatisé crânien (13). Cette différence augmenterait en cas de diminution de la pression de perfusion cérébrale (PPC) de 20 à 50 mmHg et diminuerait en cas d'approfondissement de la sédation par l'utilisation de barbituriques (14). La différence maximale rapportée est de $\pm 2,1^{\circ}\text{C}$ (15).

Le monitoring de la température cérébrale est accessible grâce au monitoring invasif de la pression partielle tissulaire cérébrale en Oxygène (PtiO₂) qui est couplée à une sonde thermique utile pour la calibration de la première mesure. Ces sondes intra-parenchymateuses donnent des mesures continues des 2 paramètres, utiles au réanimateur pour l'adaptation individuelle précoce des thérapeutiques afin de préserver un débit sanguin cérébral optimal.

La mesure thermique de la sonde PtiO₂ Licox[®] aurait une précision de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, mais aucune étude n'est publiée à ce jour la comparant à la sonde de référence, la Swan Ganz.

A ce jour, la plupart des techniques de monitoring de la température utilisées couramment en réanimation manquent de fiabilité.

Ces dispositifs de température sont invasifs ou non invasifs :

- Le monitoring invasif par la sonde Swan Ganz est la référence mais n'est que peu utilisé en pratique devant les risques encourus. La température par un cathéter artériel fémoral PiCCO₂[®] (Pulsioath Arterial Thermodilution Catheter, Pulsion Medical Systems AG, Munich, Germany) a montré sa fiabilité et peut être considérée elle aussi comme Gold standard mais là encore n'est utilisée qu'en cas de nécessité d'un monitoring hémodynamique (16). Les autres techniques invasives plus largement utilisées sont la sonde œsophagienne,

rectale et vésicale. La sonde œsophagienne est la mesure de la température la plus utilisée en pratique clinique en réanimation, devant la facilité de sa pose et son monitoring continu. Mais, l'air froid insufflé par la ventilation mécanique modifierait les données de température œsophagienne, son mauvais positionnement est également fréquent. De plus, elle comporte un certain nombre de contre-indications. La température intra-vésicale est influencée par la diurèse. La température rectale est rendue ininterprétable en cas de matières fécales.

- Les monitorages non invasifs sont la mesure intra-auriculaire, buccale, axillaire et rectale, mais leurs fiabilités restent approximatives, nécessitant une correction de la mesure de 0,5°C au niveau auriculaire, buccale et rectale, de 1°C pour la température axillaire (17) et ne permettant pas un monitoring continu (13). Ils ne sont pas recommandés et non utilisés en pratique en réanimation (1).

Ainsi, un outil de monitoring idéal serait non invasif, continu, objectif, précis, fiable et reproductible, permettant de détecter la température centrale reflétant la température cérébrale et ses variations pathologiques extrêmes quelle qu'en soit la cause.

Un nouveau dispositif, le 3M®SpotOn™ a récemment été commercialisé, il s'agit d'un dispositif non invasif de mesure continu de la température utilisant la méthode du « Zero Heat Flux » (ZHT), méthode déjà connue depuis une quarantaine d'années (18) (Annexe 1). De part son positionnement frontal, il permettrait d'obtenir une température centrale. Un capteur cutané à usage unique est placé sur le front et permet de créer un canal isotherme en dessous, grâce à un isolant thermique. Il permet d'éliminer la perte de chaleur cutanée, donnant ainsi la température centrale. Le moniteur mesure ainsi la température toutes les 5 minutes. (Figure 1)

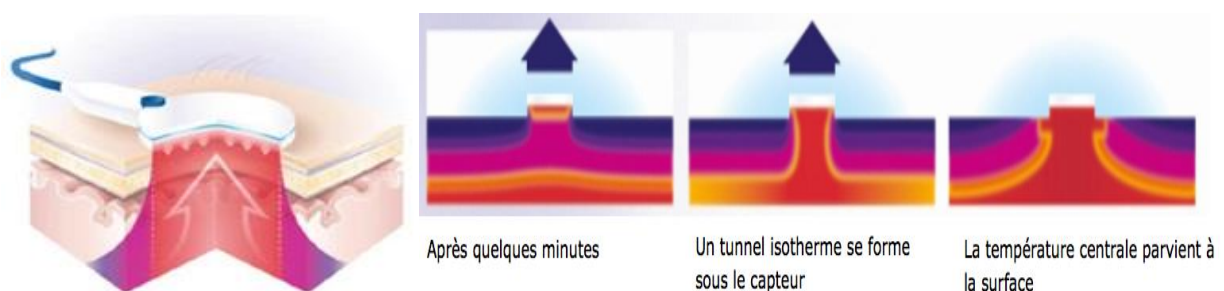


Figure 1. Fonctionnement du 3M®SpotOn™

Une étude clinique en chirurgie cardiaque réglée étudie la méthode du ZHF par le

3M[®]SpotOn[™] (à l'état de prototype) par rapport à la sonde de Swan Ganz montrant un biais de $-0,23^{\circ}\text{C}$ et une limite d'agrément de $\pm 0,82^{\circ}\text{C}$ (19). Une seconde étude récente, chez des patients de neuroréanimation, montre une mesure fiable du dispositif avec des biais et des limites de concordance de $0,19 \pm 0,53^{\circ}\text{C}$ face à la température œsophagienne et de $-0,00 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$ face à la température de l'artère fémorale par le PiCCO₂[®] (20). Une autre étude chez 10 volontaires sains compare le ZHF à la sonde œsophagienne avant et pendant un exercice physique avec des biais de $0,17 \pm 0,19^{\circ}\text{C}$ au repos, et de $0,05 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ pendant l'exercice physique (21).

2. Buts de l'étude :

2.1. Objectif principal

- Evaluer la validité et la fiabilité de la mesure de la température centrale obtenue par la méthode non invasive du « Zero Heat Flux » (T_{zhf}) chez des patients cérébrolésés de neuroréanimation en la comparant à la température intracérébrale (T_{ic}) obtenue par une sonde thermique intra parenchymateuse couplée à la PtiO₂.

2.2. Objectif secondaire

- Comparer la température T_{zhf} à la température œsophagienne (T_{oes}) et à la température artérielle obtenue par PiCCO₂[®] (T_{sg}).

3. Matériels et méthodes :

3.1. Critères d'évaluation :

3.1.1. Critère d'évaluation principal

- Biais et limites d'agrément de la mesure de la température centrale par la méthode du ZHF (T_{zhf}) comparée à la température intra cérébrale (T_{ic}) par la méthode de Bland et Altman.

3.1.2. Critères d'évaluation secondaires

- Biais et limites d'agrément de la mesure de la température centrale par la méthode du ZHF (T_{zhf}) comparée à la température œsophagienne (T_{oes}) et à la température artérielle fémorale (T_{sg}) par la méthode de Bland et Altman.
- La tolérance du capteur.

3.2. Patients :

3.2.1. Critères d'inclusion :

- Patients de plus de 18 ans
- Hospitalisés en réanimation neurochirurgicale du CHU de Poitiers.
- Patients cérébrolésés quel qu'en soit la cause, nécessitaient un monitoring de la PtiO₂ intra-cérébrale par la sonde Licox[®], celle-ci étant associée à une mesure de la pression intracrânienne et de la température intra-cérébrale.

3.2.2. Critères de non-inclusion

- Présence d'un délabrement cutané frontal ou d'une suture chirurgicale empêchant l'application du capteur de température 3M[®]SpotOn[™].
- Contre-indication à la pose d'une sonde thermique œsophagienne, soit par la présence de varice œsophagienne, ou d'une chirurgie récente ou ancienne de l'œsophage.
- Ne pas être au régime de la sécurité sociale, ou ne pas en bénéficier par l'intermédiaire d'un tiers, ou nécessiter d'une protection renforcée (mineur ou personne privée de liberté par décision judiciaire ou administrative, ou encore majeur sous protection légale).
- Femmes enceintes ou allaitantes.

À tout moment de l'étude, le patient ou ses proches pouvaient retirer leur consentement.

3.3. Le système 3M[®]SpotOn[™] :

C'est un dispositif médical de type IIa, permettant la mesure de la température centrale. Il est composé d'un moniteur affichant en continu les températures prises toutes les 5 minutes, avec une mémoire de 2h et la visualisation possible de l'évolution des températures. Un capteur adhésif à usage unique non invasif se place sur la peau au niveau du front du patient et est changé toutes les 24h selon les recommandations du fabricant. La création d'une zone isotherme en dessous du capteur élimine la perte de chaleur cutanée. Il en résulte la création d'un canal thermique isotherme. Ce canal permet de mesurer en surface la température centrale du patient. L'ensemble du matériel 3M[®]SpotOn[™] nous ayant été gracieusement prêté par le laboratoire 3M. (Annexe 1)

3.4. Protocole de l'étude :

- Il s'agit d'une étude monocentrique en réanimation neurochirurgicale sur le CHU de Poitiers.
- L'information du patient ne pouvant pas être obtenue en urgence en raison de la gravité de l'état clinique nécessitant une sédation, un proche ou une personne de confiance était informé sur le but de l'étude et les différents dispositifs nécessaires à l'étude.
- L'investigateur recueillait la « non opposition » au projet.
- Une fois inclus, chaque patient était relié au monitoring du 3M[®]SpotOn[™] (SpotOn[™], 3M, St Paul, Minnesota, USA), un patch cutané placé sur le front quel que soit le côté de la lésion initiale était mis en place,
- Un recueil de la température œsophagienne (MON-A-THERM[™], 12Fr, COVIDIEN, Dublin, Ireland) était introduit. Le positionnement était vérifié par une radiographie thoracique.
- L'indication d'un monitoring par PiCCO₂[®] (Pulsioath PICCO[™], PULSION, Munich, Germany) était posée par le clinicien si l'état hémodynamique du patient le nécessitait et en l'absence de contre-indication.
- Les recueils des données étaient à la fois manuels et informatiques. Toutes les heures, les données de l'ensemble des capteurs de température étaient consignées dans un cahier par le personnel soignant. Pour le recueil informatisé, l'acquisition des données était transmise toutes les 5 minutes par le scope du patient relié à un moniteur central. Seules les données de PtiO₂ et de température intra cérébrale n'ont pu être collectées par informatique, en l'absence de matériel de transmission disponible.
- Les données démographiques de chaque patient (âge, sexe, taille, poids), les facteurs pouvant influencer la température et l'hémodynamique étaient relevés pour chaque patient (doses d'amines, utilisation de paracétamol, glaçage, curarisation). De même les caractéristiques pronostiques au début de la prise en charge (scores de Glasgow et IGS II) et à la fin de la prise en charge (score de GOS, Rankin modifié, les nombres de jours d'hospitalisation en réanimation et la durée de la ventilation mécanique) étaient inscrites sur le cahier de chaque patient.
- Les effets indésirables de l'utilisation du dispositif 3M[®]SpotOn[™] étaient retranscrits, à savoir les réactions allergiques, les érosions cutanées ou un problème technique du capteur lui-même ou de transmission de la température.

- L'ensemble des données était récolté sur 5 jours complets en dehors de tout retrait du protocole que ce soit un refus du patient, du proche, un effet indésirable grave, ou le décès du patient après inclusion.
- Le protocole a été approuvé par le comité d'éthique du comité de protection des personnes CPP Ouest III, N° 2014-A00124-43.

3.5. Nombre de patients :

Les températures intra cérébrales horaires étaient recueillis pendant au moins 24h soit un minimum de 24 données par patient. Les données informatiques étaient transmises toutes les 5 minutes pendant au moins 24h soit un minimum de données 3M[®]SpotOn[™] de 288 par patient. La pose d'une sonde intra cérébrale est un événement rare en réanimation neurochirurgicale ne concernant qu'un nombre restreint de patient. Il s'agit ici d'une étude pilote, ainsi il est donc décidé d'inclure 20 patients maximum.

Selon la méthode de Bland et Altman : pour S l'écart-type de la concordance, l'intervalle de confiance à 95% de chaque limite de concordance est calculé selon une précision suffisante de +/- 0,24 secondes pour 200 mesures successives par méthode de monitoring au minimum. La précision de l'intervalle des limites de concordance est augmentée proportionnellement au nombre de mesure, raison pour laquelle un nombre de 20 patients est fixé (22).

3.6. Analyse statistique :

- Elle comporte une étape descriptive des données démographiques, pronostiques et des déterminants hémodynamiques, recueillis pendant l'étude (variables quantitatives et qualitatives). Elles sont représentées en médianes et écart interquartile.
- La validité de la mesure de température du ZHT (capteur 3M[®]SpotOn[™]) se fonde sur sa concordance avec la valeur de la température intra cérébrale T_{ic} (sonde parenchymateuse), considérée comme méthode de référence dans cette étude, la température œsophagienne T_{oes} (sonde œsophagienne) et température sanguine centrale en artère fémorale T_{sg} (cathéter artériel PiCCO₂[®]).
- La représentation graphique de Bland et Altman (22) et la détermination du biais et des limites de concordances ajustées en raison de la réalisation de plusieurs mesures par patient permet d'estimer la validité par la méthode du ZHF.
- Le pourcentage avec intervalle de confiance à 95% (IC95%) de la différence absolue des

paires de températures inférieures ou égales à 0,5°C et 1°C entre la référence et le matériel testé est aussi étudié. Dans les précédentes études, le monitoring testé était considéré fiable lorsque les limites de concordances étaient inférieures ou égales à 0,5°C et acceptables pour des valeurs entre 0,6 et 1°C (23).

- La comparaison des données de T_{zhf} et de T_{ic} , par la méthode de Bland et Altman, est aussi réalisée lorsque les données de P_{tiO_2} sont inférieures à 15 mmHg, montrant une souffrance cérébrale aiguë, et de PPC inférieure à 50 mmHg, correspondant à la limite de l'autorégulation cérébrale. Dans le cas où le nombre de données ne permettrait pas cette analyse, un seuil de PPC à 65 mmHg pourra être utilisé, ce seuil pouvant correspondre à un bas débit sanguin cérébral global.
- Les données sont collectées grâce au logiciel Excel 2007 (Microsoft™ Office Excel™ 2007; Microsoft™ Corp., Redmond, WA, USA).
- L'analyse est réalisée avec le logiciel R version 3.02 (R foundation).

4. Résultats :

Durant la période d'inclusion (soit 26 mois), 16 patients étaient inclus dans le service de réanimation neurochirurgicale du CHU de Poitiers. L'ensemble de l'effectif était sédaté et sous ventilation mécanique. Le monitoring de la T_{oes} et celui de la T_{sg} se faisaient respectivement chez 16 et 12 patients. La durée moyenne de monitoring de la T_{ic} et de la T_{zhf} était de 124,81 heures (+/- 44,88).

Les caractéristiques démographiques étaient identiques avec autant d'hommes que de femmes (50%), l'âge médian était de 58 ans [50- 61]. L'IGS II médian était de 40 (25 ; 45,7), avec une médiane du score de Glasgow à la prise en charge à 6 (3 ; 7,2), et principalement des hémorragies sous arachnoïdiennes à 68,7% (cf tableau 1).

Age (années)	58 [50-61]
Ratio homme/femme (n (%))	8/16 (50/50)
Motifs hospitalisation (n) :	
Traumatisme crânien	4
Hémorragie méningée	11
AVC hémorragique	1
Durée de séjour en réanimation (jours)	28 (16-45)
Durée de ventilation mécanique (jours)	26 (13-35)
Score IGS2	40 (25-45,7)
Score de Glasgow	6 (3-7,2)
Score de GOS	3 (2.8-3)
Score de Rankin	4 (4-4)
Décès (n)	3

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques des patients (n=16). Les données âge, durée de séjour en réanimation, durée de ventilation mécanique, score IGS2, score de GOS et score de Rankin sont exprimées en médiane et interquartile.

Un total de 1977 paires de données de T_{ic} et T_{zhf} étaient analysées. Les valeurs de T_{ic} étaient réparties entre 33,7 et 40°C. Comparé à la T_{ic} , le biais et les limites d'agrément du T_{zhf} étaient de -0,1 +/-0,7°C (cf figure 2), la différence absolue était inférieure ou égale à 0,5°C dans 87,81% (IC95% 83,73% ; 92,04%) soit 1736 paires sur 1977. La différence absolue était inférieure ou égale à 1°C dans 99,39% (IC95% 95,05 ; 100%) soit 1965 paires sur 1977. Dans le sous-groupe, $PtiO_2 \leq 15$ mmHg, le biais et les limites d'agrément de la T_{ic} étaient de 0,1 +/-0,9°C (cf figure 3). Aucun patient n'avait présenté de PPC inférieure à 50 mmHg durant l'étude (limite inférieure de l'autorégulation cérébrale), une analyse pour une PPC ≤ 65 mmHg était donc réalisée et ne montrait pas de différence de biais et limites d'agrément par rapport à la comparaison de T_{zhf} et T_{ic} .

L'écart de température entre la T_{ic} et la T_{zhf} est stable, y compris pour des valeurs extrêmes de température, 33,7°C et 40°C (cf Figure 4).

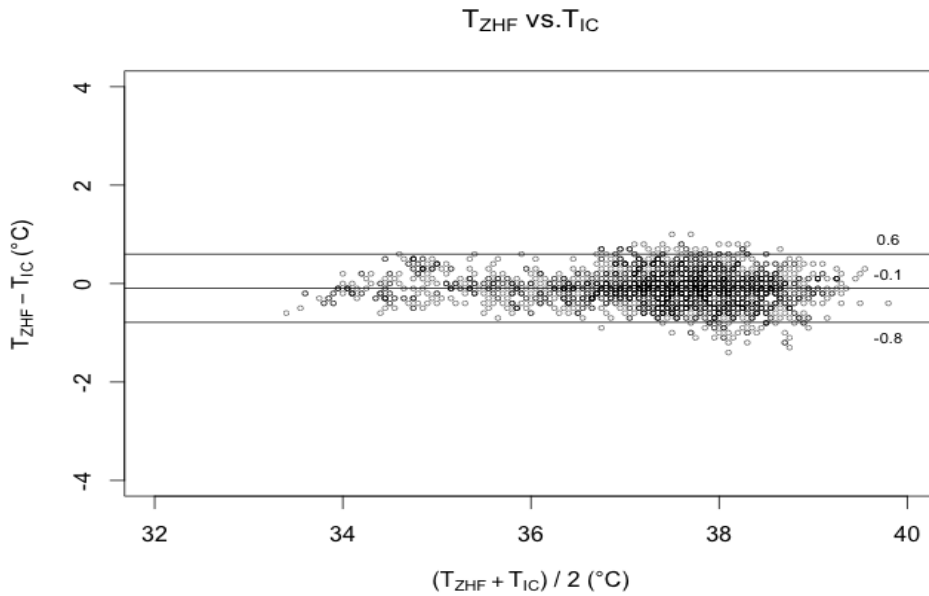


Figure 2 : Représentation graphique de Bland et Altman comparant $T_{z_{hf}}$ et T_{ic} . La différence entre T_{ic} et $T_{z_{hf}}$ est en ordonnée et la moyenne des deux mesures est en abscisse. Chaque point représente une mesure, le biais est représenté par un trait plein ; les limites d'agrément sont représentées par des traits pointillés.

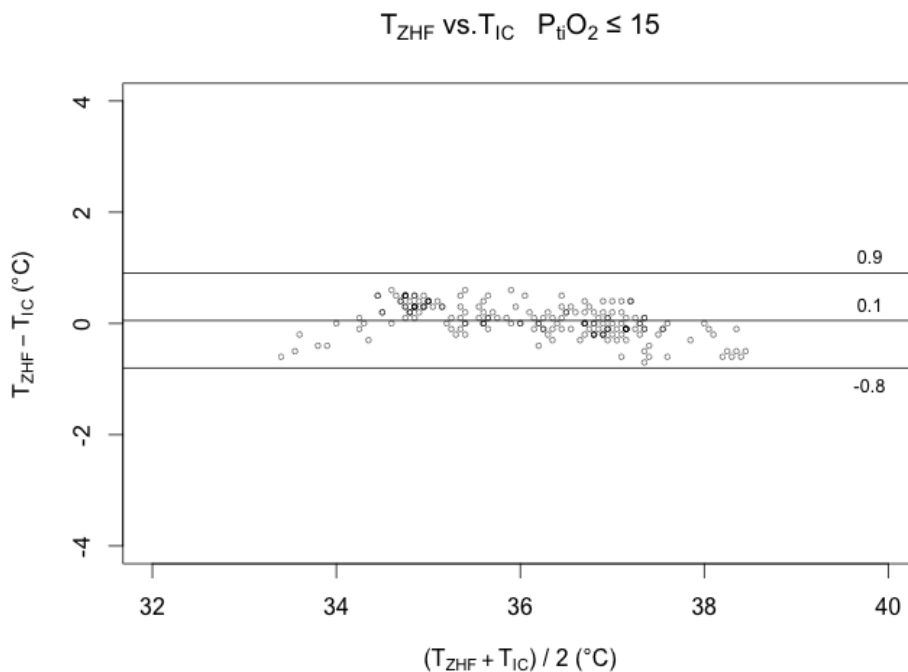


Figure 3 : Représentation graphique de Bland et Altman comparant $T_{z_{hf}}$ et T_{ic} lorsque la $P_{t_iO_2} \leq 15$ mmHg. La différence entre T_{ic} et $T_{z_{hf}}$ est en ordonnée et la moyenne des deux mesures est en abscisse. Chaque point représente une mesure, le biais est représenté par un trait plein ; les limites d'agrément sont représentées par des traits pointillés.

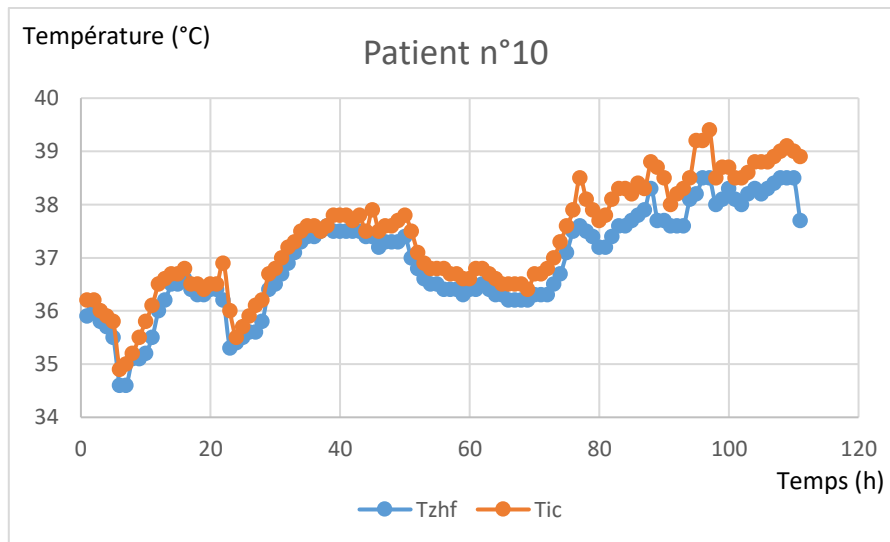


Figure 4 : Représentation graphique de T_{zhf} et T_{ic} en fonction du temps sur un patient type. Chaque point représente une mesure de température. En abscisse, le temps en heures. En ordonnée, la température en degré Celsius.

Au total, 36324 paires de données de T_{oes} et T_{zhf} , 8339 paires de données T_{sg} et T_{zhf} avaient été analysées. Recueil informatique des données. Les valeurs de température étaient réparties entre 33,1 et 39,5°C pour T_{oes} et entre 32,7 et 39,4°C pour T_{sg} . Respectivement, la comparaison avec la T_{oes} et la T_{sg} montrait des biais et limites d'agrément du T_{zhf} de -0,2 +/- 0,5°C, et de -0,1 +/- 0,5°C (cf Figure 5 et 6).

Aucune réaction cutanée grave n'était retrouvée, seules 2 excoriations rapidement cicatrisées étaient observées. Aucune allergie n'était retrouvée, aucun décollement cutané malgré la fièvre et aucun souci de monitoring n'étaient retrouvés lors de l'étude.

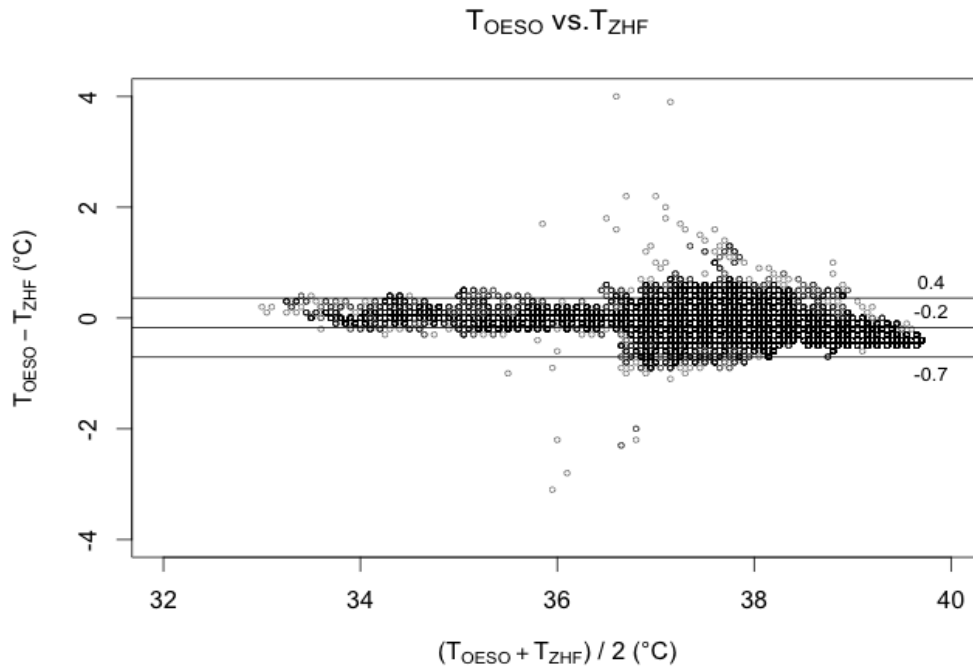


Figure 5 : Représentation graphique de Bland et Altman comparant T_{zhf} et T_{oes} . La différence entre T_{oes} et T_{zhf} est en ordonnée et la moyenne des deux mesures est en abscisse. Chaque point représente une mesure, le biais est représenté par un trait plein ; les limites d'agrément sont représentées par des traits pointillés.

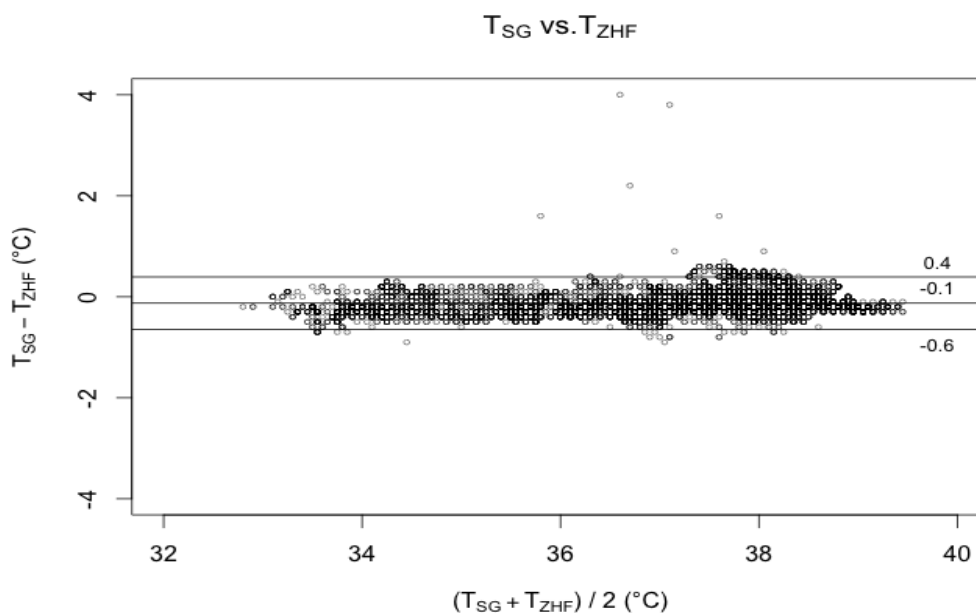


Figure 6 : Représentation graphique de Bland et Altman comparant T_{zhf} et T_{sg} . La différence entre T_{sg} et T_{zhf} est en ordonnée et la moyenne des deux mesures est en abscisse. Chaque point représente une mesure, le biais est représenté par un trait plein ; les limites d'agrément sont représentées par des traits pointillés.

5. Discussion

Cette étude est la première, comparant la température par le monitoring du ZHF à la température intra cérébrale chez des patients de réanimation.

Le capteur cutané, le 3M[®]SpotOn[™], utilisé pour l'évaluation de la température par la méthode du ZHF et montre une précision acceptable face à la température intra cérébrale (sonde parenchymateuse Licox[®]) en réanimation avec un biais et des limites d'agrément de $-0,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$. De plus, 87,81% des valeurs de T_{zhf} , par rapport à T_{ic} , avaient une différence absolue inférieure ou égale à $0,5^{\circ}\text{C}$. L'écart de température entre la T_{ic} et la T_{zhf} est stable, y compris pour des valeurs extrêmes de température, $33,7^{\circ}\text{C}$ et 40°C .

En pratique clinique, la précision nécessaire pour qu'un monitoring de la température reflète la température centrale est une limite de concordance de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ à $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pour une mesure fiable, et de $\pm 0,6$ à $\pm 1^{\circ}\text{C}$ pour une mesure acceptable (23). Les résultats de comparaison des T_{zhf} et de T_{ic} montrent donc une mesure acceptable avec un biais de $-0,1^{\circ}\text{C}$ et des limites d'agrément de $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ face à la température de référence de ce travail.

L'analyse de cette fiabilité selon les paramètres de bas débit sanguin cérébral, à savoir une $\text{PtiO}_2 \leq 15 \text{ mmHg}$ ou une PPC $< 65 \text{ mmHg}$ ne montraient pas de différence comparativement à la précision globale de la T_{zhf} à la T_{ic} .

Devant des limites d'agrément de $-0,1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pour la T_{sg} contre $-0,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ pour la T_{ic} et de $-0,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pour la T_{oes} , il semble que le ZHF soit sensiblement plus précis pour déterminer la T_{sg} et la T_{oes} . Ainsi, ces résultats tendent à montrer que la T_{zhf} semble plus représentative de la température centrale que de la température intra parenchymateuse cérébrale. Néanmoins, la différence de précision reste faible et le nombre de paires de $T_{\text{zhf}} - T_{\text{ic}}$ est moindre comparativement à celles avec les T_{sg} et T_{oes} , ce qui pourrait expliquer cette différence. Ainsi, la méthode du ZHF présente une précision acceptable pour la température cérébrale et centrale. De plus, elle a l'avantage d'être la seule méthode non invasive continue qui reflèterait la température intra parenchymateuse cérébrale.

Concernant la comparaison de la T_{zhf} à la température centrale par la sonde de Swan Ganz, la principale étude clinique publiée à ce jour a été réalisée en chirurgie cardiaque réglée et montre un biais et limites d'agrément de $-0,23^{\circ}\text{C} \pm 0,82^{\circ}\text{C}$ (19) face à la température centrale. Nos résultats retrouvent une meilleure précision du T_{zhf} avec le T_{sg} du PiCCO₂[®], avec un biais et des limites d'agrément de $-0,1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Cet écart pourrait s'expliquer du fait

d'une variation thermique rapide lors de la chirurgie cardiaque. Une autre hypothèse pourrait être une amélioration de la performance du 3M[®]SpotOn[™] entre la version prototype et la version commercialisée.

Une deuxième étude, en cours de publication, (20) compare sur 52 patients le 3M[®]SpotOn[™] face à la T_{oes} et à la T_{sg} par le dispositif PiCCO₂[®] sur un grand nombre de données. Soit un biais et une limite de concordance de -0.19 ± 0.53 °C pour la T_{oes} (sur 61298 paires) et -0.00 ± 0.36 °C pour la T_{sg} (sur 1850 triplets). Nos résultats montrent une précision comparable avec $-0,2 \pm 0,5$ °C pour T_{oes} et moins bonne pour T_{sg} avec $-0,1 \pm 0,5$ °C. Néanmoins, la fiabilité du T_{zhf} reste dans les deux cas fiable comparativement à la T_{sg}.

Concernant la comparaison de T_{zhf} et de la température cérébrale intra parenchymateuse, seules 5 études à ce jour ont comparé la température intra cérébrale à la température centrale (13,15) et retrouvent des limites d'agrément allant de $\pm 0,45$ à $\pm 0,9$ °C. Ces études regroupent des patients traumatisés crâniens graves avec des effectifs allant de 8 à 58 patients comparant le dispositif intra parenchymateux à la température rectale. L'étude de Soukup *et al* (25) a inclus 58 patients traumatisés crâniens graves (hématomes sous-duraux, extra-duraux, hémorragies méningées traumatiques, contusions et lésions diffuses) répartis en 2 groupes, un groupe normothermique entre 36 et 37,5°C, soit 25 patients, et un groupe avec une hypothermie thérapeutique modérée inférieure à 36°C, soit 33 patients. La comparaison de la température rectale face à la température intra cérébrale (sonde parenchymateuse Codman[®], Randolph, MA) montre en normothermie un biais et des limites de concordances de $0,0 \pm 0,5$ °C et en hypothermie $-0,2 \pm 0,6$ °C. Cette étude est donc à interpréter avec précaution car ne prenant pas en compte la température centrale de référence, les mesures par la Swan Ganz ou par le PiCCO₂[®].

Une seule étude a comparé la température cérébrale à la température centrale par Swan Ganz (26). Dans cette étude, la température cérébrale était mesurée au niveau ventriculaire chez 20 patients (10 traumatisés crâniens graves, 8 HSA et 2 tumeurs cérébrales). Ce travail montre une augmentation du gradient moyen de température de 0.16 ± 0.62 °C de dérivation standard avant un épisode fébrile et de $0.41 \pm 0,76$ °C au pic fébrile ($p < 0,05$) entre les 2 monitorages. La température cérébrale restant supérieure à la température centrale mais avec un écart plus important en cas d'hyperthermie. Ces résultats restent néanmoins difficiles à comparer aux nôtres compte tenu de la différence de technique de température cérébrale et du site de mesure ventriculaire. Cependant, en comparaison à la température artérielle de référence théorique, la précision de la mesure ventriculaire est notablement moins bonne comparativement à la

température cutanée par T_{zhf} mesurée dans notre étude. A notre connaissance, aucun gradient de température entre le parenchyme et les ventricules n'a été décrit.

Par ailleurs, il peut exister une inversion du rapport : température cérébrale sur température centrale, la température centrale devenant alors supérieure à la température intra cérébrale. Ceci a été rapporté lors d'un pronostic neurologique défavorable chez le traumatisé crânien (12). Ainsi la température cérébrale chute plus rapidement et plus profondément que la température centrale. Ce phénomène s'observe également lors de la progression vers la mort encéphalique (27).

En physiologie, la température cérébrale de référence est celle de l'hypothalamus, centre régulateur de la température centrale corporelle. Ainsi, théoriquement chez le sujet sain, le meilleur monitoring de cette température serait la mesure thermique tympanique. En effet, il mesure la température au plus proche de l'artère carotide interne mais il reste encore à évaluer chez le cérébrolésé (28).

En cas de lésion cérébrale, il existe une inflammation locale, la mesure de la température tympanique est donc faussée et un monitoring invasif de la température intra parenchymateuse permet une mesure exacte de cette dernière (15). Cette mesure erronée est due à une modification du seuil de thermorégulation de l'hypothalamus du fait de cascades inflammatoires.

La température tympanique, dispositif discontinu avec une fiabilité approximative (biais et limites de concordances de $0.6^{\circ}\text{C} \pm 0.77^{\circ}\text{C}$ (28)), n'est pas utilisé en pratique et n'est pas recommandée pour le contrôle ciblé de la température des cérébrolésés (1). De plus, chez le patient sous anesthésie générale, le risque de perforation tympanique est important car le patient ne ressent pas la douleur d'une insertion trop profonde. Ainsi, il s'agit d'une des limites de cette étude qui ne l'a pas mesurée. Mais devant un monitoring non recommandé en réanimation et potentiellement à risque de lésion pour le patient, il a été décidé de ne pas en faire usage.

La méthode du ZHF présente plusieurs avantages, elle est non invasive, simple d'utilisation et économise du temps de soin infirmier, sans nécessité d'évaluation du bon positionnement et sans déplacement secondaire possible. De plus, cette technique peut aussi être proposée chez les patients vigiles en unité de soins continus, unités neuro-vasculaires ou réanimation. Dans notre étude, 2 patients ont présenté des érosions cutanées de faible intensité sans conséquence esthétique à distance de la réanimation. Ces érosions sont apparues du fait de la mise en place

du capteur cutané sous le bandage nécessaire au maintien des pansements des cicatrices cutanées du scalp. Ce problème a pu être amendé après modification de la technique de bandage. Seule une étude rapporte des érosions cutanées juste après avoir retiré le capteur chez des enfants de très faible poids avec une immaturité cutanée, sans complication sévère cutanée retrouvée (29). L'élément négatif reste son prix, 10 fois supérieur à la sonde œsophagienne, le patch cutané quotidien coûtant 12,73 euros (sans le prix d'achat du reste du matériel) contre 1,55 euros pour une sonde œsophagienne permanente.

Sa fiabilité acceptable dans cette étude nous permet aussi d'éviter la mise en place d'une sonde de température intra parenchymateuse cérébrale qui pourra être utilisée par exemple pour l'utilisation de la micro-dialyse intra cérébrale.

Néanmoins, l'étude présente des limites. Le dispositif Licox® étudie la température intra parenchymateuse sur une surface de 13 mm², zone ne pouvant être représentative de l'ensemble de la température intra cérébrale, et notamment hypothalamique ou bien pouvant être contaminée par la lésion initiale.

La position du capteur cutané était modifiée chaque jour, comme recommandé par le fournisseur, sans prendre en compte la localisation de la lésion cérébrale ou le côté de la sonde intra parenchymateuse (Licox®). Par ailleurs, le positionnement de la sonde œsophagienne était contrôlé par radiographie à sa pose sans contrôle à distance laissant le risque d'une mobilisation secondaire. Enfin, malgré de multiples vérifications journalières un petit décollement cutané du capteur pouvait se produire et induire une diminution de la précision de la mesure. Ensuite, le capteur du 3M®SpotOn™ met environ 10 minutes à trouver l'équilibre de température après chaque changement de capteur. Durant ce délai, la température du patient n'a pas pu être prise en compte. Mais 10 minutes par 24h en considérant que la température était prise toutes les 5 minutes, cela paraît négligeable.

Cinq patients sur les 16 ne possédaient pas de sonde artérielle PiCCO₂® devant l'absence d'indication.

6. Conclusion

Cette étude est la première à avoir comparé la température intra parenchymateuse cérébrale à la température cutanée par ZHF. La température par la méthode du ZHF et la température intra parenchymateuse cérébrale ont une concordance satisfaisante, mais sensiblement moins bonne qu'avec les températures sanguines et œsophagiennes. Cette technique non invasive semble être plus représentative de la température centrale que de la température intra cérébrale et pourrait tout de même trouver sa place en réanimation dans la prise en charge des cérébrolésés pour le contrôle thermique des ACSOS.

7. Références

1. Contrôle ciblé de la température en réanimation (hors nouveau-nés) - SFAR - Société Française d'Anesthésie et de Réanimation SFAR – [cité 7 juin 2016]. Disponible sur: <http://sfar.org/controle-cible-de-la-temperature-en-reanimation-hors-nouveau-nes/>
2. Li J. Chinese Head Trauma Data Bank: effect of hyperthermia on the outcome of acute head trauma patients. *J Neurotrauma*. 1 janv 2012;29(1): 096-100.
3. Jiang J-Y. Early indicators of prognosis in 846 cases of severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. juill 2002;19(7):869-874.
4. Bao L. Fever burden is an independent predictor for prognosis of traumatic brain injury. *PLoS One*. sept 2014; (3):e90956.
5. Diringner MN. Elevated body temperature independently contributes to increased length of stay in neurologic intensive care unit patients. *Crit Care Med*. juill 2004;32(7):1489-1495.
6. Schwarz S. Incidence and prognostic significance of fever following intracerebral hemorrhage. *Neurology*. 25 janv 2000;54(2):354-361.
7. Leira R. Early neurologic deterioration in intracerebral hemorrhage: predictors and associated factors. *Neurology*. 10 août 2004;63(3):461-467.
8. Oliveira-Filho J. Fever in subarachnoid hemorrhage: relationship to vasospasm and outcome. *Neurology*. 22 mai 2001;56(10):1299-1304.
9. Wartenberg KE. Impact of medical complications on outcome after subarachnoid hemorrhage. *Crit Care Med*. mars 2006;34(3):617-623.
10. Busija DW. Hyperthermia increases cerebral metabolic rate and blood flow in neonatal pigs. *Am J Physiol - Heart Circ Physiol*. 1 août 1988;255(2):H343-346.
11. Fernandez A. Fever after subarachnoid hemorrhage: risk factors and impact on outcome. *Neurology*. 27 mars 2007;68(13):1013-1019.
12. Mrozek S. Brain Temperature: Physiology and Pathophysiology after Brain Injury. *Anesthesiol Res Pract*. 2012;2012: 01-13.
13. Childs C. Clinical review: Brain-body temperature differences in adults with severe traumatic brain injury. *Crit Care Med*. 2013;17(2):222.
14. Rumana CS. Brain temperature exceeds systemic temperature in head-injured patients. *Crit Care Med*. mars 1998;26(3):562-567.
15. Geeraerts T. Cellular metabolism, temperature and brain injury. *Ann Fr Anesth Reanim*. avr 2009;28(4):339-344.
16. Krizanac D. Femoro-iliacal artery versus pulmonary artery core temperature measurement during therapeutic hypothermia: an observational study. *Resuscitation*. juin 2013;84(6):805-809.

17. Robinson J. Oesophageal, rectal, axillary, tympanic and pulmonary artery temperatures during cardiac surgery. *Can J Anaesth* . avr 1998;45(4):317-323.
18. Fox RH. A new method for monitoring deep body temperature from the skin surface. *Clin Sci*. janv 1973;44(1):81-86.
19. Eshraghi Y. An evaluation of a zero-heat-flux cutaneous thermometer in cardiac surgical patients. *Anesth Analg*. sept 2014;119(3):543-549.
20. Dahyot-Fizelier C. Accuracy of zero heat flux cutaneous temperature in intensive care adults. *Crit Care Med* (per review)
21. Teunissen LPJ. M. Non-invasive continuous core temperature measurement by zero heat flux. *Physiol Meas*. mai 2011;32(5):559-570.
22. Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*. juin 1999;8(2):135-160.
23. Lefrant J-Y. Temperature measurement in intensive care patients: comparison of urinary bladder, oesophageal, rectal, axillary, and inguinal methods versus pulmonary artery core method. *Intensive Care Med*. mars 2003;29(3):414-418.
24. Prise en charge des traumatisés crâniens graves à la phase précoce (24 premières heures) [Internet]. SFAR - Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. 2016 [cité 30 déc 2016]. Disponible sur: <http://sfar.org/prise-en-charge-des-traumatismes-craniens-graves-a-la-phase-precoce/>
25. Soukup J. The importance of brain temperature in patients after severe head injury: relationship to intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, cerebral blood flow, and outcome. *J Neurotrauma*. mai 2002;19(5):559-571.
26. Rossi S. Brain temperature, body core temperature, and intracranial pressure in acute cerebral damage. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. oct 2001;71(4):448-454.
27. Fountas KN. Disassociation between intracranial and systemic temperatures as an early sign of brain death. *J Neurosurg Anesthesiol*. avr 2003;15(2):87-89.
28. Moran JL. Tympanic temperature measurements: are they reliable in the critically ill? A clinical study of measures of agreement. *Crit Care Med*. janv 2007;35(1):155-164.
29. van der Spek RDG. Body temperature measurement in VLBW infants by continuous skin measurement is a good or even better alternative than continuous rectal measurement. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992. févr 2009;98(2):282-285.

8. Annexe 1 : Brochure 3MSpotOn™

3M™ SpotOn™

Système non-invasif de surveillance de la température centrale



Innovation
en matière de surveillance
de la température centrale

3M, Partenaire de la Prévention de l'Hypothermie

3M

3M™ SpotOn™



Le dispositif 3M™ SpotOn™ est un système non-invasif, simple et précis pour la surveillance de la température centrale. Il mesure en continu cette constante grâce à un capteur cutané à usage unique relié à un moniteur.

3M™ SpotOn™

une révolution dans la
surveillance de la température centrale
de vos patients

Le dispositif 3M™ SpotOn™ s'applique à tous vos patients.

La surveillance de la température centrale s'avère indispensable dans certaines indications thérapeutiques et préventives.

Jusqu'à présent la surveillance de la température centrale était indissociable d'une pratique invasive par l'introduction de sondes naso-cesophagiennes, vésicales, rectales ou par cathétérisme central. Ces dispositifs démontrent aujourd'hui leurs limites, tant sur la fiabilité que sur l'agressivité acceptable pour les patients.

Le dispositif 3M™ SpotOn™ est un système précis, fiable et non-invasif de la mesure en continu de la température centrale de tous les patients, qu'ils soient sous sédation profonde ou parfaitement conscients.

Cette technologie définitivement non-invasive est la garantie de sécurité et de confort que les dispositifs actuels ne proposent pas.





La température centrale : une constante sous haute surveillance

Au cours des dernières décennies, **le maintien de l'homéostasie** est devenu primordial pour assurer une prévention du risque infectieux et une réhabilitation post-Interventionnelle complète et rapide. L'une des composantes est d'assurer une normothermie per-opératoire supérieure à 36,5° C.

- Les recommandations croissantes à l'utilisation clinique de **l'hypothermie thérapeutique** en réanimation permettent de prévenir de nombreuses complications cardiaques et ont démontré ses vertus neuro-protectrices.
- Les **hyperthermies infectieuses**, transfusionnelles ou malignes doivent être prévenues le plus rapidement possible.
- La surveillance et le contrôle de la température centrale sont des **facteurs prédictifs incontournables** de la prise en charge et de la sécurité des patients.

Le dispositif 3M™ SpotOn™ s'utilise dans tous les services où la surveillance et le contrôle de la température centrale sont nécessaires.



Non-invasif. Continu. Précis et fiable. Homogène et reproductible

- **Technique non-invasive**

Un capteur à usage unique est placé sur le front du patient.

- **Design, simple et pratique**

La mise en place du dispositif et son utilisation sont simples, intuitives et rapides.

- **Continu**

Le moniteur affiche en permanence la température mesurée toutes les 5 minutes. Une puce électronique, située dans le capteur conserve ces données par plage de deux heures. L'évolution de la température du patient se visualise en continu sur le moniteur.

- **Précis et fiable**

Un essai clinique comparatif avec les mesures enregistrées à l'aide d'une sonde de Swan-Ganz® montre une faible déviation inférieure à 0,2° C.

- **Homogène et reproductible**

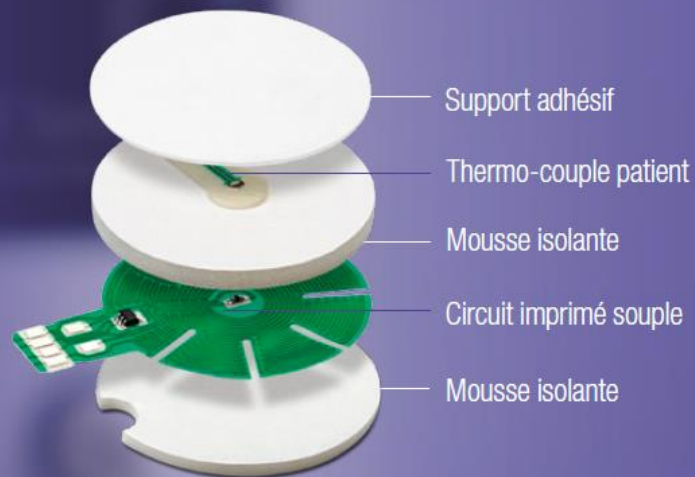
Le capteur reste en place sur le patient après avoir été déconnecté (exemple en sortie de salle d'opération) et peut être reconnecté à tout moment dans un autre service. Cela exclut les variations constatées avec les méthodes invasives et périphériques.



Les différentes alternatives à la sédation systématique en réanimation, aux anesthésies générales au bloc opératoire ou à la pratique de certaines indications chirurgicales ne permettent pas l'utilisation des dispositifs invasifs.

Le système 3M™ SpotOn™ est la réponse adaptée pour une surveillance clinique de la température centrale des patients.

Principe de fonctionnement : une technologie au contact de la peau



Le capteur à usage unique du système de surveillance de température 3M™ SpotOn™ comporte un isolant thermique qui exclut toute perturbation pour le recueil de la température centrale qui pourrait être liée aux variations de température ambiante d'un service à l'autre.

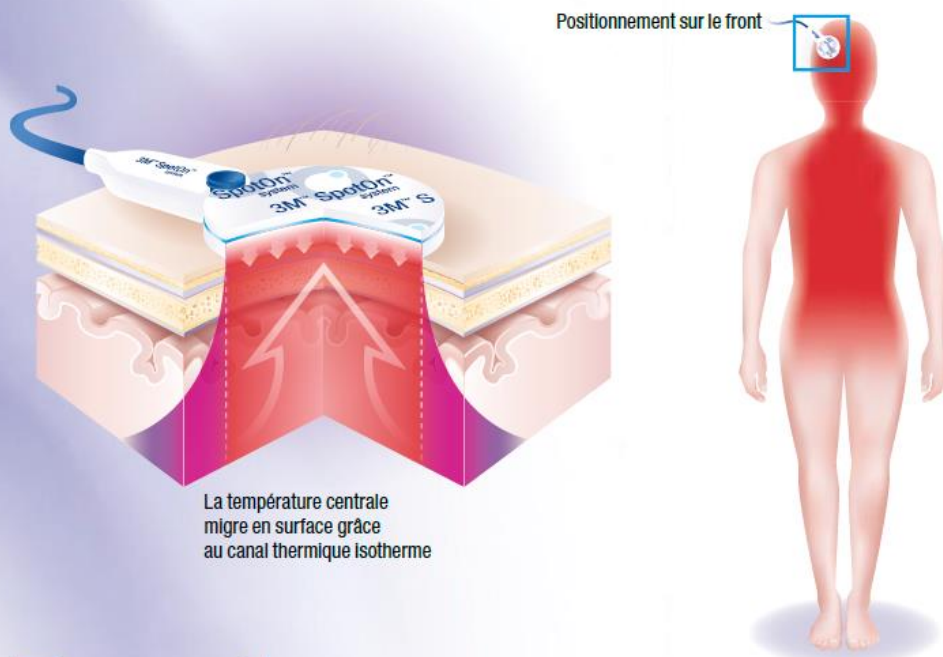
Une fois connecté au moniteur 3M™ SpotOn™, le circuit souple régule activement sa température afin de créer une zone parfaitement isolée, ce qui élimine les déperditions thermiques.





Migration de la température centrale à la surface cutanée

La création d'une zone isotherme en dessous du capteur élimine la perte de chaleur cutanée. Il en résulte la création d'un canal thermique isotherme. Ce canal permet de mesurer en surface la température centrale du patient.



Formation du canal thermique isotherme

L'isolation thermique conserve la chaleur sous le capteur.



Trois minutes suffisent pour que le canal thermique isotherme se forme sous le capteur. La mesure de la température centrale est alors possible.

Les résultats cliniques confirment la fiabilité de la mesure

Une étude comparative récente a démontré la fiabilité de ce nouveau système.

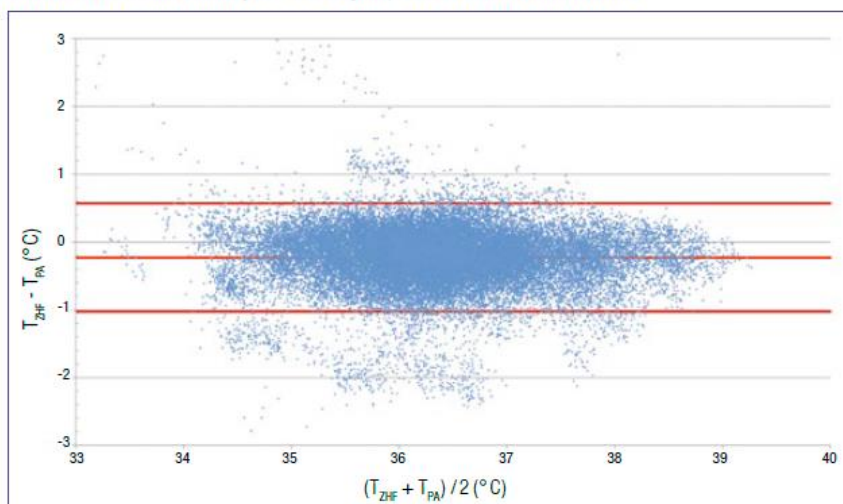
105 patients de chirurgie cardiaque sans caractère d'urgence ont été surveillés simultanément avec le système 3M™ SpotOn™ et une sonde de Swan-Ganz®. Les températures ont été enregistrées à une seconde d'intervalle durant l'intervention en excluant le temps de pontage cardiaque et pendant quatre heures en post-opératoire.

Les analyses statistiques de Bland et Altman* ont été utilisées pour comparer les résultats. Le système 3M™ SpotOn™ a affiché les mêmes mesures que la sonde de Swan-Ganz® avec une variation inférieure à 0,2° C⁽¹⁾.

* Test de comparaison statistique de 2 méthodes de mesure d'un paramètre quantitatif sur un même groupe de sujets.



Données de l'essai cardiaque – 105 sujets ; 35 717 relevés de données



Mean Error ($T_{ZHF} - T_{PA}$) = - 0.23° C ; 95 % LOA = ± 0.8° C

Prototype Zero Heat Flux Thermometer

⁽¹⁾ Eshraghi, Y., & Sessler, D. I. Exploratory Method-Comparison Evaluation of a Disposable Non-Invasive Zero Heat Flux Thermometry System. 2012 American Society of Anesthesiologists Annual meeting. A63.



3M™ SpotOn™ Système non-invasif de surveillance de la température centrale

Informations produits

Article	Réf.	Code Commande	Caractéristiques	Conditionnement
Moniteur 3M™ SpotOn™	37010	37010A	Hauteur : 93 mm - réglable en hauteur jusqu'à 114 mm Largeur : 71 mm Profondeur : 43 mm Poids : 128 g Longueur du câble du capteur : 400 cm	1 / boîte
Capteur cutané 3M™ SpotOn™	36000	36000A	Diamètre : 41 mm Épaisseur : 5 mm	25 / boîte

Câble de liaison aux moniteurs multi-paramètres sur demande.

3M, votre partenaire de la
Prévention de l'Hypothermie



3M France
Division Prévention des Infections

Boulevard de l'Oise
95006 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. : 01 30 31 82 82
Fax. : 01 30 31 85 65

RCS Pontoise 542 078 555

Centre Information Clients

► N°Azur 0 810 331 300

Plus d'infos sur le site
www.3m.fr

IPD-000201 – Août 2013. 3M™, SpotOn™ et Bair Hugger™ sont des marques déposées de 3M. Swan-Ganz® est une marque de Edwards Lifesciences. Photos non contractuelles.
Dispositifs médicaux de classe IIa selon la Directive 93/42 CEE. Marquage CE0086. 3M Deutschland GmbH, Allemagne.
Lire attentivement les notices avant toute utilisation. Distribués par 3M France, 95006 Cergy-Pontoise Cedex, France.

9. Résumé

Introduction :

La température centrale, présente au sein des organes, notamment du cerveau, fait référence car non influencée par la température extérieure ou la vasoconstriction cutanée. Elle fait partie du monitoring des patients en réanimation particulièrement des cérébrolésés pour la prévention des ACSOS. Les techniques utilisées à ce jour sont invasives, discontinues ou peu fiables. Un dispositif récent non invasif, le 3M®SpotOn™, permettrait une mesure continue de la température centrale, par voie transcutanée par la méthode du « zero heat flux » (ZHF). L'objectif de cette étude prospective, de soins courants (CPP ouest III), était d'évaluer la performance de la mesure par le ZHF (T_{zhf}) comparée à la température intra cérébrale (T_{ic}) obtenue par une sonde intra parenchymateuse utilisée comme méthode de référence. Les températures sanguines, mesurées par PiCCO2® (T_{sg}), et œsophagiennes (T_{oes}) étaient également relevées.

Matériels et méthodes :

Durant 26 mois, 16 patients hospitalisés en neuro-réanimation, nécessitant un monitoring invasif d'oxygénation (PtiO₂, LICOX®) et de température intracérébrale ont été inclus. Ils avaient tous un monitoring de la T_{oes} , et 12 un monitoring hémodynamique par PiCCO2®. Les données étaient recueillies manuellement chaque heure pour les T_{ic} et la PtiO₂ et automatiquement par 5 minutes pour les autres données. Les données quantitatives sont exprimées en médiane et 25-75ème percentiles. La comparaison des températures centrales entre T_{zhf} et T_{ic} et entre T_{zhf} , T_{sg} et T_{oes} a été réalisée selon la méthode de Bland et Altman avec ajustement pour mesures multiples afin d'obtenir les biais et les limites d'agrément (LA).

Résultats :

Les patients, âgés en moyenne de 58 ans [50-61], IGS II de 40 [25;45,7] étaient hospitalisés principalement pour des hémorragies sous arachnoïdiennes (68,7%). Les valeurs de T_{ic} étaient comprises entre 33,7 et 40°C. 1977 paires de données de T_{ic} et T_{zhf} ont été analysées. Les biais et limites d'agrément pour la T_{zhf} sont de -0,1 +/-0,7°C comparés à la T_{ic} ; de -0,2 +/-0,5°C comparés à la T_{oes} (36324 paires) et de -0,1 +/- 0,5°C comparés à la T_{sg} (8339 paires). Deux complications cutanées ont été relevées, sans séquelle, sans aucune allergie.

Conclusion :

Ces résultats montrent une concordance satisfaisante entre la T_{zhf} et la T_{ic} , mais sensiblement moins bonne qu'avec la T_{oes} et T_{sg} . Cette technique non invasive est plus représentative de la température centrale que de la température intra cérébrale et pourrait tout de même trouver sa place en réanimation dans la prise en charge des cérébrolésés pour le contrôle thermique des ACSOS.

SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

