



ROYAUME DU MAROC  
*Université Mohammed V - Rabat*  
*Faculté de Médecine et de Pharmacie*  
**RABAT**

---



Année 2021

N°: MS1492021

**Mémoire de fin d'études**  
Pour L'obtention du Diplôme National de Spécialité  
en :« **Anesthésie-Réanimation** »

**Intérêt du NIRS dans le monitoring de l'autorégulation  
cérébrale chez les patients opérés pour chirurgie  
carotidienne**

Présenté par

**Docteur Adnane HNIAD**

Sous la direction du

**Professeur Almahdi AWAB**

**Octobre 2021**

# **Sommaire**

## Liste des figures

**Figure 1** : Courbe de Lanssen

**Figure 2** : Echo-doppler transcrânien

**Figure 3** : Appareil de NIRS (MASIMO®)

**Figure 4** : Courbe parabolique et Biais de mesure (exemple du NIRS)

## Liste de tableaux

**Tableau 1** : Seuils des indices d'autorégulation cérébrale, permettant de définir une perte de l'autorégulation cérébrale.

## Table de matières

Introduction	5
Objectifs	8
Matériel et méthode	10
Résultats	13
Discussion	21
Conclusion	41
Résumé	43
Abstract	45
Références	47

# **Introduction**

Le cerveau est un organe noble commandant les fonctions vitales, de cela résulte un métabolisme intense. Ne possédant aucune réserve en sucre ni en oxygène, le cerveau demeure vulnérable du fait de son manque de ressources énergétiques. Il reste donc totalement dépendant des apports sanguins via la circulation cérébrale et donc du débit sanguin cérébral (DSC). La dépendance accrue du cerveau vis-à-vis de l'apport sanguin signifie que même une brève interruption du flux sanguin cérébral entraînerait des perturbations considérables des fonctions neurologiques. De cela découle la nécessité d'une parfaite régulation du débit sanguin cérébral. Ceci est possible grâce à l'autorégulation cérébrale, phénomène physiologique qui permet le maintien d'une bonne circulation sanguine cérébrale face aux variations hémodynamiques cérébrales ou systémiques qui pourraient l'affecter. (1)

Par conséquent, le monitoring du DSC et de l'autorégulation cérébrale est essentielle en anesthésie-réanimation pour la détection et la prise en charge précoce des anomalies de la perfusion cérébrale, en particulier chez les patients cérébrolésés.

Plusieurs méthodes sont disponibles pour le monitoring cérébral, dont les plus invasives comme Pression Intracrânienne PIC, et les moins invasives comme Doppler Transcrânien DTC, Oxymétrie tissulaire ou Near Infrared Spectroscopy NIRS. L'objectif commun de ces instruments est de déterminer les conditions de perfusion optimales dans chaque situation à partir des données du monitoring multimodal, ce qui permet de conclure si l'autorégulation cérébrale est conservée ou non en fonction de leurs variations par rapport à la pression artérielle moyenne (PAM).

En pratique, on apprécie l'état de l'autorégulation cérébrale via « l'Indice d'Autorégulation cérébrale » qui reflète les capacités d'adaptation de la circulation cérébrale aux variations des pressions systémiques, en corrélant les valeurs de la PAM et à celles obtenues par les méthodes de monitoring.

Les méthodes du monitoring du DSC et de l'autorégulation cérébrale ont été

sujets de plusieurs études et essais que ce soit en anesthésie ou en réanimation.

L'objectif de notre travail est de préciser la place du NIRS dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale en chirurgie carotidienne.

Pour ce faire, il est nécessaire de faire un rappel physiologique sur la circulation sanguine cérébrale, citer les différents moyens de monitoring utilisés en pratique puis détailler le NIRS, outil qu'on a utilisé dans notre série. Puis, on va discuter son autonomie, sa fiabilité et aussi sa place dans la prédiction du pronostic chez les sujets monitorés par le NIRS avec analyse des études en ce sujet.

# **Objectifs**

- Objectif général :

Etudier les variations du NIRS durant les endartériectomies chez 8 de nos patients, opérés sous anesthésie générale.

- Objectifs spécifiques :

- Rapporter l'évolution des patients opérés pour chirurgie carotidienne sous anesthésie générale, et la variation du NIRS en peropératoire.
- Evaluer l'intérêt du NIRS dans le dépistage des accidents vasculaires cérébraux.

# **Matériel et méthode**

L'application clinique du NIRS a été discutée par plusieurs auteurs, et en différentes situations. Ainsi, Les données relevées de la littérature fournissent des éléments de réponse à notre problématique « Quelle place pour le NIRS dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale afin de dépister une souffrance au cours d'une chirurgie carotidienne chez des patients athéromateux ».

Selon ces données, l'intérêt du NIRS revêt différents aspects : Certains mettent en évidence la fiabilité et l'autonomie du NIRS dans l'évaluation de l'autorégulation cérébrale, tandis que d'autres analysent ces performances selon le pronostic et le devenir des patients. Cependant, peu d'études s'attardent sur les limites de l'application du NIRS. Ainsi, nous discuterons les aspects du NIRS précédemment identifiés (fiabilité et limites du NIRS, autonomie du NIRS, NIRS et pronostic) par l'intermédiaire d'une revue non exhaustive de la littérature.

Notre étude consiste à rapporter via 8 observations, la variation du NIRS chez des patients sous anesthésie générale pour chirurgie carotidienne et décider sur sa valeur prédictive de survenue d'accident vasculaire cérébrale en peropératoire. Tout en les comparant avec des études observationnelles, des revues de la littérature et une méta-analyse retrouvés sur Google Scholar, Embase, Cochrane Database of SystematicReviews, National Center for Biotechnology Information et Medline.

- Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Patients ayant bénéficié d'une chirurgie carotidienne sous anesthésie générale.
- Patients opérés dans le bloc opératoire central du centre hospitalier Ibn Sina de rabat.
- Période d'étude limitée aux 3 dernières années, de la fin de 2018 au début de l'année 2021.

- Les critères d'exclusion étaient principalement représentés par les dossiers incomplets.

# Résultats

## **Observation 1**

Patient âgé de 66 ans, Ayant comme antécédents un tabagisme chronique, un diabète et une HTA sous traitement, un pontage aorto-coronarien et un AVC ischémique sans séquelles.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 3 mois avant son admission par l'installation de paralysie faciale avec hémiplégié droite et aphasie.

Le Bilan étiologique a objectivé une sténose de la carotide interne gauche à 72%. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posé.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait un patient ASA 3, conscient, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, avec un bilan de crase correct, une hémoglobine à 13g/dl et une fonction rénale conservée.

Le patient a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une pression artérielle non invasive, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène et un NIRS.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 80 bpm, une tension artérielle à 11/06 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 61% du côté droit et 61% du côté gauche.

Le patient a bénéficié d'une intubation orotrachéale après induction par Fentanyl, Propofol et Rocuronium.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne, ayant duré 1h15. La variation du NIRS durant le geste n'était pas significative avec des valeurs aux alentours de 60%.

Le patient a été extubé sur table opératoire après réveil complet et réchauffement ; l'évaluation neurologique ne différait pas par rapport à l'antérieure.

## **Observation 2**

Patiente âgée de 74 ans, Ayant comme antécédents un diabète et une HTA sous traitement et un AVC ischémique sans séquelles.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 2 ans à la suite d'un premier AVCI droit ayant récupéré complètement, des visites de contrôle chez son médecin traitant avec

des contrôles au doppler des troncs supra-aortique ont permis de déceler une installation d'une sténose sub-occlusive de la carotide interne droite et une sténose serrée de la carotide gauche à 78%, en absence de symptomatologie clinique déficitaire. L'indication d'une endartériectomie carotidienne gauche a été posée.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait un patient ASA 3, consciente, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, avec un bilan de crase correct, une hémoglobine à 11g/dl, une fraction d'éjection conservée et une fonction rénale correcte.

Le patient a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une pression artérielle non invasive, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 72 bpm, une tension artérielle à 13/07 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 69 % du côté droit et 66% du côté gauche. Le patient a bénéficié d'une intubation oro-trachéale après induction par Fentanyl, Propofol et Rocuronium.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne, ayant duré 1h25. Aucun incident particulier n'est survenu durant le geste opératoire et la variation du NIRS n'était pas significative avec des valeurs aux alentours de 68%.

Le patient a été extubé sur table opératoire après réveil complet et réchauffement ; l'évaluation neurologique ne différait pas par rapport à l'antérieure, avec une fonction musculaire conservée aux 4 membres.

### **Observation 3**

Patiente âgée de 73 ans, Ayant comme antécédents un asthme depuis l'enfance, une cardiopathie ischémique sous AVK, une HTA sous traitement et un AVC ischémique sans séquelles. La patiente a été opérée 5 ans plutôt pour ischémie aigue du membre inférieure.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 11 mois avant son admission par l'installation d'un accident ischémique transitoire. Le Bilan étiologique a objectivé une sténose de la carotide interne droite à 90%. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posée.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait une patiente ASA 3, consciente, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, avec un bilan de crase correct, une hémoglobine à 13g/dl, une fraction d'éjection du VG à 55% et une fonction rénale conservée.

La préparation a consisté en l'arrêt des AVK et relai par HBPM et administration de Salbutamol et Méthylprednisolone avant le geste opératoire. La patiente a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une pression artérielle non invasive, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène et un NIRS.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 70 bpm, une tension artérielle à 15/07 et une SpO2 à 96%, le NIRS à l'admission était de 66 % du côté droit et 64 % du côté gauche.

La patiente a bénéficié d'une intubation oro-trachéale après induction par Fentanyl, Propofol et Rocuronium.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne, ayant duré 1h10. La variation du NIRS durant le geste n'était pas significative avec des valeurs aux alentours de 62%.

Le patient a été extubé sur table opératoire en dehors de bronchospasme ou tout autre problème, réveil complet, analgésie et réchauffement ; l'évaluation neurologique était sans particularité en post opératoire.

#### **Observation 4**

Patient âgé de 74 ans, Ayant comme antécédents un tabagisme chronique, un diabète et une HTA sous traitement, une cardiopathie ischémique avec une notion de lithiase urinaire pour laquelle il avait été opéré plusieurs années plutôt.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 2 mois avant son admission par l'installation d'un accident ischémique transitoire. Le Bilan étiologique a objectivé une sténose de la carotide interne gauche à 75%. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posé.

L'évaluation pré-anesthésique trouve un patient ASA 3, conscient, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, une fraction d'éjection du VG à 35%, avec un bilan

de crase correct, une hémoglobine à 13 et une fonction rénale altérée (clairance de créatinine à 20).

Le patient a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une pression artérielle non invasive, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène et un NIRS.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 90 bpm, une tension artérielle à 14/07 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 54 % du côté droit et 55 % du côté gauche.

Le patient a bénéficié d'une intubation oro-trachéale après induction par Fentanyl, Propofol et Rocuronium.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne, ayant duré 1h30. La variation du NIRS durant le geste n'était pas significative avec des valeurs aux alentours de 58%.

Le patient a été extubé sur table opératoire après réveil complet et réchauffement ; l'évaluation neurologique ne différait pas par rapport à l'antérieure.

## **Observation 5**

Patiente âgée de 56 ans, Ayant comme antécédents un HTA et une dyslipidémie sous traitement.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 4 mois avant son admission par l'installation d'une symptomatologie déficitaire en faveur d'un AVC ischémique gauche.

Le Bilan étiologique a objectivé une sténose occlusive de la carotide interne gauche à 95%, ainsi qu'une sténose droite à 80%. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posé.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait une patiente ASA 3, consciente, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, avec une FEVG conservée, un bilan de crase correct, une hémoglobine à 13 et une fonction rénale conservée.

La patiente a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une

pression artérielle non invasive, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène et un NIRS.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 65 bpm, une tension artérielle à 13/07 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 75 % du côté droit et 74 % du côté gauche.

Le patient a bénéficié d'une intubation orotrachéale après induction par Fentanyl, Propofol et Rocuronium.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne, ayant duré 2h05. La variation du NIRS durant le geste n'était pas significative avec des valeurs aux alentours de 70%.

La patiente a été extubé sur table opératoire après réveil complet et réchauffement ; l'évaluation neurologique ne différait pas par rapport à l'antérieure.

## **Observation 6**

Patient âgé de 64 ans, Ayant comme antécédents un tabagisme chronique, un diabète et un HTA sous traitement, ainsi qu'une cataracte opérée.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 3 mois avant son admission par l'installation d'hémiplégie gauche avec aphasie.

Le Bilan étiologique a objectivé une sténose de la carotide interne droite à 80%. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posé.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait un patient ASA 3, conscient, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, avec un bilan de crase correct, une hémoglobine à 13, une FEVG et une fonction rénale conservées.

Le patient a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, un NIRS, une pression artérielle non invasive, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 80 bpm, une tension artérielle à 12/06 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 59 % du côté droit et 64 % du côté gauche.

Le patient a bénéficié d'une intubation orotrachéale après induction par Fentanyl, Propofol et Rocuronium.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne, ayant duré 1h45. Durant l'intervention, une variation significative du NIRS a été remarqué en parallèle à une hypotension artérielle, chose qui n'a duré que le temps de correction de la tension artérielle.

Le patient a été extubé sur table opératoire après réveil complet et réchauffement ; l'évaluation neurologique ne différait pas par rapport à l'antérieure. Une TDM cérébrale a été réalisé quand même, mais ne montrant pas d'aggravation des images.

## **Observation 7**

Patient âgé de 69 ans, Ayant comme antécédents un tabagisme chronique, un diabète et un accident ischémique transitoire.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 8 jours avant son admission par l'installation d'un Accident ischémique transitoire.

Le Bilan étiologique a objectivé une sténose serrée de la carotide interne droite. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posé.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait un patient ASA 3, conscient, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, ne présentant aucun déficit avec un bilan de crase correct, une hémoglobine à 13 et une fonction rénale et une FEVG conservées.

Le patient a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une pression artérielle non invasive, un NIRS ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 80 bpm, une tension artérielle à 11/06 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 64 % du côté droit et 61 % du côté gauche.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne sous anesthésie locorégionale, ayant duré 2 heures en tout. Une variation significative du NIRS en fin du geste a été remarqué avec des valeurs atteignant 50% concomitante avec un pic hypertensif atteignant 220 mmHg de systolique, jugulé par du Nicardipine. Le patient a été admis à la réanimation dans le post-opératoire. L'évaluation neurologique à la sortie du bloc trouvait un déficit du côté gauche. La TDM cérébrale a objectivé un AVC hémorragique capsule-lenticulaire.

Le patient est resté en réanimation 72 heures, puis sortis avec un comme séquelles, un syndrome déficitaire et une lenteur verbale.

## **Observation 8**

Patient âgé de 70 ans, Ayant comme antécédents un tabagisme chronique, un diabète et un HTA sous traitement.

L'histoire de sa symptomatologie remonte à 3 semaines avant son admission par l'installation d'une hémiparésie gauche.

Le Bilan étiologique a objectivé une sténose de la carotide interne droite à 73% et carotide gauche à 50%. L'indication d'une endartériectomie carotidienne a été posé.

L'évaluation pré-anesthésique retrouvait un patient ASA 3, conscient, stable sur les plans hémodynamique et respiratoire, avec un bilan de crase correct, une hémoglobine à 13 et une fonction rénale et une FEVG conservées.

Le patient a bénéficié lors de son arrivée au bloc opératoire d'un monitoring classique, fait de cardioscope à 5 brins pour le monitoring du segment ST, une pression artérielle invasive continue, ainsi qu'une saturation pulsée en oxygène et un NIRS.

Le scope avant l'induction montrait une fréquence cardiaque à 70 bpm, une tension artérielle à 14/08 et une SpO2 à 99%, le NIRS à l'admission était de 68 % du côté droit et 64 % du côté gauche.

Le geste opératoire a consisté en la réalisation d'une endartériectomie carotidienne sous anesthésie locorégionale, ayant duré 2h45. Devant l'agitation du patient avec aggravation du déficit et baisse légère des chiffres du NIRS à 59%, l'équipe d'anesthésiste a décidé la conversion vers une anesthésie générale. Aucun autre incident n'est survenu à la suite.

Le patient a été transféré en réanimation intubé, aucune imagerie n'a été réalisé puisque l'évaluation testing musculaire chez le patient à son réveil ne différait pas par rapport à l'évaluation antérieure.

# **Discussion**

Le cerveau utilise 20% d'oxygène et 25% du glucose consommés par le corps, afin de maintenir l'intégrité structurelle des membranes cellulaires et de la barrière hémato-encéphalique (BHE) et pour assurer l'activité électrique et la synthèse des neurotransmetteurs(1).

Cet organe noble est entièrement dépendant du DSC, qui lui même est dépendant de la Pression de Perfusion Cérébrale (PPC) et des Résistances Vasculaires Cérébrales (RVC), selon l'équation:  $DSC = PPC / RVC$  (2).

La PPC correspond à la différence entre la pression artérielle moyenne et la pression intracrânienne :  $PPC = PAM - PIC$  (3).

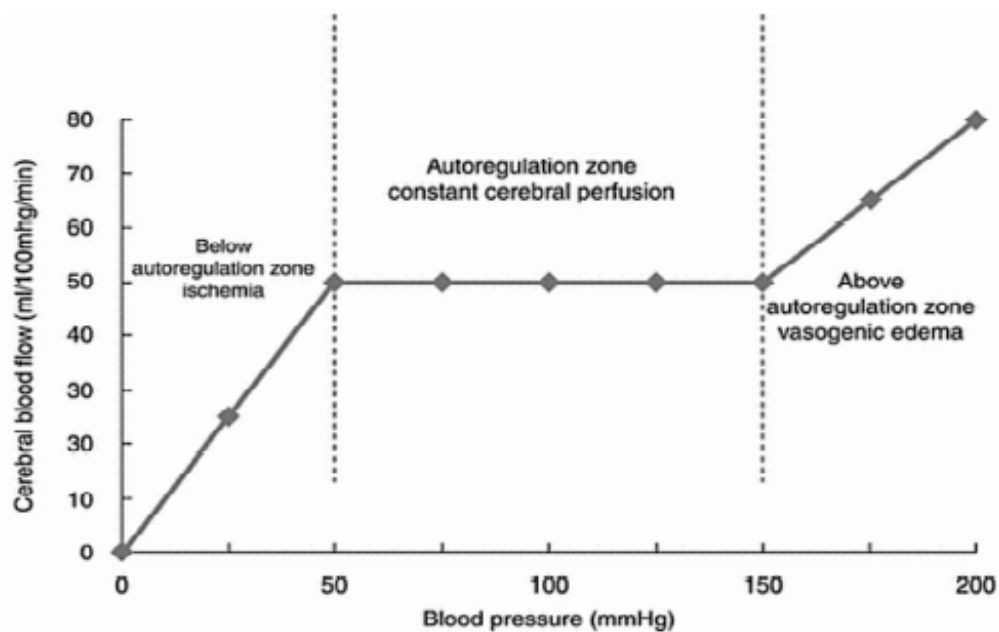
On conclut alors que « toute diminution de la PAM ou élévation de la PIC va exposer le cerveau à une hypo perfusion en raison de la diminution de la PPC. » (4).

L'autorégulation cérébrale reflète la capacité des vaisseaux cérébraux à s'adapter aux changements de la PPC. C'est un mécanisme de protection contre l'hypo perfusion cérébrale (2).

Elle permet de maintenir pour une PAM entre 60 à 150 mmHg, le DSC constant (autour de 50 ml /100g /min) (5).

Cette réactivité vasculaire pourrait être expliquée par un mécanisme myogène ou effet Bayliss, (6). Cependant, ce mécanisme n'est activé qu'à partir des valeurs de PAM sus-cités, ce qui permet au DSC de dessiner une courbe ascendante en-

dessous de 60 mmHg et au-dessus de 150 mmHg, avec un plateau entre ces deux valeurs (Courbe de Lassen). (Figure 1)



**Fig. 1: Courbe de Lassen**

Elle met en évidence le phénomène d'autorégulation cérébrale par l'intermédiaire de la variation du DSC en fonction de la PPC. L'aspect observé est celui d'une courbe ascendante pour des valeurs de PPC < 50 mmHg (où le risque principal est l'ischémie cérébrale), > 150 mmHg (où le risque est celui d'un œdème cérébral) et où la variation de DSC est passive, alors que l'aspect décrit lorsque l'autorégulation cérébrale est opérationnelle est celui d'un plateau qui traduit un DSC constant pour une PPC allant de 50 à 150 mmHg.

Deux modalités nous permettent d'évaluer le pouvoir du système vasculaire cérébral à maintenir le DSC constant : (7)

- Statique : qui correspond à l'appréciation des capacités de la vasomotricité cérébrale à s'adapter aux variations de la pression de perfusion cérébrale.
- Dynamique : intégrant la notion de vitesse à laquelle peuvent survenir ces changements adaptatifs vasculaires.

L'évaluation dynamique de la réactivité vasculaire nous permet d'évaluer la qualité de l'autorégulation cérébrale et donc de déterminer la PAM et la PPC

optimales, et ainsi d'instaurer des mesures thérapeutiques rapides et d'évaluer leurs efficacités. (8).

## **I. Moyens de monitoring de l'autorégulation cérébrale :**

### **1) Monitoring Invasif :**

#### **a) Pression Intracrânienne :**

La surveillance de la PIC est primordiale en neuro-monitorage, car elle permet une estimation continue de la PPC (9).

Un monitoring de la PIC est recommandé devant toute HTIC, en dehors du traumatisme crânien.(10).

La méthode la plus utilisée est la mise en place d'un cathéter intra-ventriculaire, qui permet la mesure intermittente de la PIC. (11) Le seuil thérapeutique attendu de PIC est fixé à 20 mmHg.

#### **b) Pression Tissulaire cérébrale en oxygène :**

Il s'agit d'une sonde placée en intra-parenchymateux, permettant de réaliser des mesures renseignant sur l'état d'oxygénation tissulaire régionale (12-13).

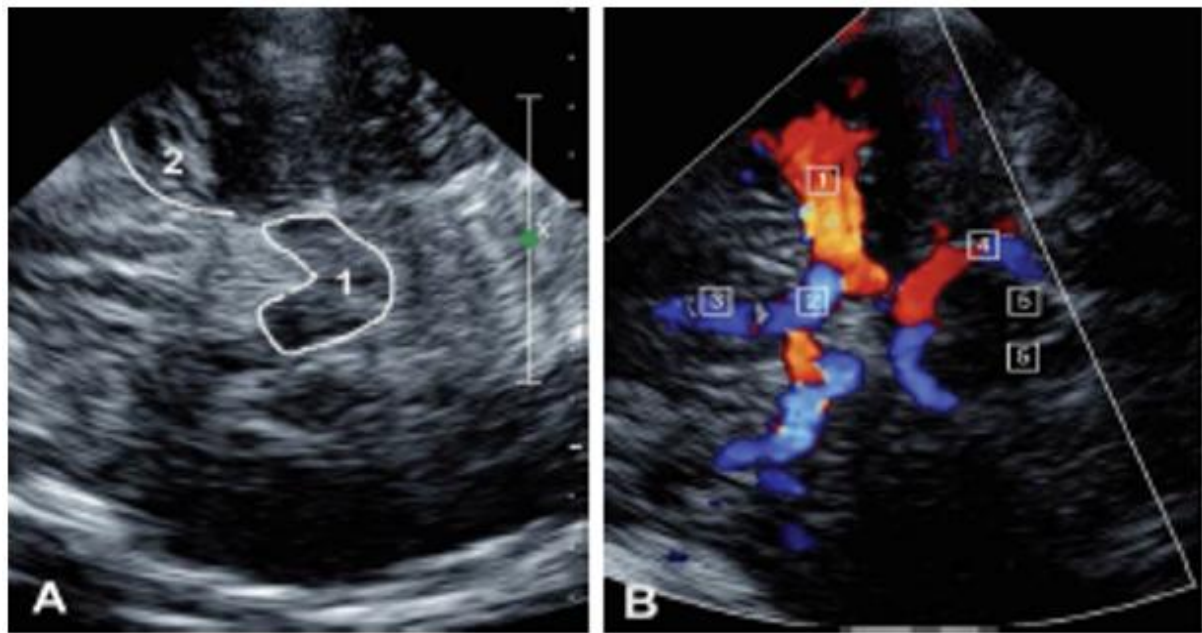
Le pronostic fonctionnel serait péjoratif avec une mortalité plus élevée devant des valeurs de PtiO<sub>2</sub> inférieures à 10 mmHg pendant plus de 15 minutes (14-15).

### **2) Monitoring Non-Invasif :**

#### **a) Doppler Transcrânien :**

Cette méthode permet d'examiner le flux sanguin cérébral grâce à un tir doppler sur l'axe de l'Artère Cérébrale Moyenne (ACM). Ce qui permet d'apprécier les structures anatomiques du télencéphale en mode « 2D » (mésencéphale, ventricules latéraux, voûte crânienne, ligne médiane ...), de fournir une représentation des vaisseaux cérébraux en mode « Couleur » et d'estimer, à l'aide du doppler, également les variations des vitesses de circulation des

globules rouges dans les vaisseaux dits « vélocités » qui sont exposés aux conditions de perfusion (16).



(A) Image en 2D d'une fenêtre temporale à l'écho-doppler transcrânien : (1) correspond au Mésencéphale et (2) correspond à l'aile sphénoïdale.  
(B) Image en Doppler Couleur sur une même fenêtre d'insonation : (1) correspond à l'Artère Cérébrale Moyenne, (2) et (3) correspondent à l'Artère Cérébrale Antérieure, (4) correspond à l'Artère Cérébrale Postérieure et (5) correspond pédoncules cérébraux qui se prolongent par le Mésencéphale.

Figure 2: Echo-doppler transcrânien (16).

b) Oxymétrie Tissulaire NIRS :

Il s'agit d'une technique non-invasive permettant de mesurer en continue et instantanément la saturation tissulaire en oxygène basée sur l'utilisation d'électrodes placées sur le plan cutané en regard des tissus cibles (muscle, cerveau, rein...). Chaque électrode est muni d'une diode émettrice des « rayons arciformes » proche infra-rouge et d'une autre réceptrices de ces rayons. Cette

méthode est basée sur les propriétés d'absorption sélective de la lumière infra-rouge par les tissus à travers la composante chromophore qui se trouve dans l'hémoglobine oxygénée (HbO<sub>2</sub>) et l'hémoglobine désoxygénée (HbH) des vaisseaux sanguins de plus de 1 mm. (17)



**Figure 3 : Appareil de NIRS (MASIMO®) (17)**

- Principe de fonctionnement : (17)

Les mesures de concentration se basant sur l'absorption de la lumière sont effectués selon la loi de Beer-Lambert, qui précise que la diminution de la lumière (A) dans une solution est proportionnelle à la concentration du composé mesuré dans la solution (C), à la longueur du trajet parcouru par la lumière (d) et au coefficient d'extinction spécifique du composé (a) selon l'équation suivante :

$$A = C \cdot d \cdot a.$$

On peut calculer la concentration C en se basant sur cette formule (les valeurs de (d) et (a) sont constantes).

La lumière émise se distribue sur le tissu et s'atténue pour s'approcher de son

point cible (X : atténuation de la lumière), alors que le trajet (L) parcouru par la lumière doit être plus long que la longueur de transmission physique (d) puisqu'il n'est pas rectiligne.

-  $A = a \cdot L \cdot C + X$  (loi de Beer-Lambert modifiée).

La variation de concentration  $\Delta C$  est obtenue par soustraction  $A(t_0)$  d' $A(t)$ , en prenant en considération que la variable (X) est temporellement constante, donc :

$\Delta A = a \cdot L \cdot \Delta C$ , et  $\Delta C = \Delta A / (a \cdot L)$ .

$\Delta HbO_2$  et  $\Delta HbH$  sont les variations de concentration à mesurer. Leur calcul est basé les équations suivantes :

-  $\Delta A(11) = L \cdot \{a(1,1) \cdot \Delta HbO_2 + a(2,1) \cdot \Delta HbH\}$

-  $\Delta A(12) = L \cdot \{a(1,2) \cdot \Delta HbO_2 + a(2,2) \cdot \Delta HbH\}$

A savoir que les variations de l'atténuation de la lumière sont définies à plusieurs longueurs d'onde (I) pour calculer les paramètres par la loi de Beer-Lambert modifiée et l'adaptation de la courbe spectrale.

On tient à préciser que  $a(i,j)$  est le coefficient d'extinction molaire des composants  $i$  ( $i= 1$  pour  $HbO_2$  et  $2$  pour  $HbH$ ) à la longueur d'ondes  $j$  ( $j = 1$  pour  $11$  et  $2$  pour  $12$ ), qui sont des valeurs connues.

L'indice de saturation en  $O_2$  au niveau des tissus est ainsi calculé à l'aide de la résolution de ce système d'équation :  $StO_2 = HbO_2 / (HbO_2 + HbH)$ .

#### - Applications cliniques :

Dans le contexte des patients à risque, la  $StO_2$  représente un véritable index d'hypoxie et d'ischémie cérébrale. Sa valeur normale est aux alentours de 60% pour une  $PaO_2$  à 100 mmHg. Elle est liée inversement à l' $EtO_2$  cérébrale, et dont ses déterminants principaux sont la consommation cérébrale en  $O_2$  et le transport artériel cérébral en  $O_2$ , ceux-ci dépendent à leur tour du taux d'hémoglobine, la PAM, la  $PaCO_2$  et la  $SaO_2$ .(18).

L'étude prospective réalisée par Al-Rawi et al. (19) a comparé en peropératoire d'endartériectomie, pour identifier la valeur seuil de  $\Delta rSO_2$  au-dessus de laquelle des signes électriques d'ischémie cérébrale sont observés.

Ils ont retenu un seuil de 13%, et en dessous de cette variation, aucun patient ayant présenté des signe d'ischémie cérébrale n'a été détecté. Une étude observationnelle de Rigamonti et al. (20) a trouvé une valeur moyenne de 17% de  $\Delta rSO_2$  chez les patients ayant développé un AVC ischémique (AVCI) après une endartériectomie, et de 8% chez les patients n'ayant pas présenté un déficit post-opératoire.

#### - Technique d'installation et Surveillance : (17)

Le NIRS est un moniteur constitué de deux boîtiers sur lesquels sont branchées des électrodes. C'est une méthode de surveillance dynamique capable de comparer les valeurs affichées avec la valeur de base enregistrée au démarrage du monitoring.

Plusieurs types d'électrodes sont disponibles selon le site d'application et le poids du patient.

Avant de placer les électrodes, il est conseillé de nettoyer la peau, et éviter de les poser sur des cheveux afin d'éviter toute interférence avec la transmission et la réception du signal. Une application d'une protection cutanée entre la peau et l'électrode (Cavillon®) est également souhaitable.

#### - Avantages et Inconvénients : (17)

Compte tenu de son application multi-site (cérébrale et rénale ou mésentérique), l'application du NIRS en milieu de réanimation a permis de démontrer l'existence d'une bonne corrélation entre la  $StO_2$  et la Saturation veineuse centrale en oxygène. En revanche, la limite principale observée est le tissu graisseux qui empêche les rayons proches infra-rouge d'atteindre les tissus

cibles.

- Intérêt dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale : (21-22)

L'analyse de la corrélation entre les variations simultanées de StO<sub>2</sub> et de PAM permet de déterminer si l'autorégulation cérébrale est maintenue ou non ; cette dernière est perdue s'il existe une corrélation linéaire entre ces deux variables, tandis que la maintien de l'autorégulation cérébrale est défini par une corrélation nulle ou négative. Les seuils utilisés dépendent de chaque indice et diffèrent d'une étude à l'autre, par conséquent leur précision n'a donc pas encore été prouvée.

## **II. Méthodes de monitoring de l'autorégulation cérébrale :**

### **1) Indices de l'autorégulation cérébrale :**

Les indices utilisés le plus souvent sont (CO<sub>x</sub>, TO<sub>x</sub>) et du DTC (M<sub>x</sub>, M<sub>xa</sub>, S<sub>x</sub>). D'autres indices issus de certaines méthodes de monitoring comme l'oxymétrie tissulaire ou encore l'Ultrasound-Tagged Near-Infrared Spectroscopy (UT-NIRS) sont également utilisés pour évaluer l'autorégulation cérébrale.

Ils définissent la réponse des vaisseaux cérébraux aux variations concomitantes des mesures hémodynamiques systémiques ou locales. Les indices les plus couramment utilisés résultent du monitoring de la PIC (PR<sub>x</sub>), et du DTC (ARI), et du NIRS (TH<sub>x</sub>, THI, HV<sub>x</sub>)

Indice	Abréviation	Moniteur	Mesure	Seuils	Ref
Tissue Oxygen Index	TOx	NIRS	Coefficient de corrélation entre la variation de StO <sub>2</sub> et la PAM	> 0,1	50
Cerebral Oxygen Index	Cox	NIRS		> 0,3	51
Brain Tissue Oxygen Pressure Index	ORx	Oxymètre tissulaire	Coefficient de corrélation entre la variation de PtiO <sub>2</sub> et la PAM	> 0,4	52
Mean Flow Velocity Index	Mx	DTC	Coefficient de corrélation entre la variation des VM et la PPC	> 0,3	53
Mean Flow Velocity Index	Mxa	DTC	Coefficient de corrélation entre la variation des VM et la PAM	> 0,3	54
Systolic Flow Velocity Index	Sx	DTC	Coefficient de corrélation entre la variation des VS et la PAM	> 0,1	50
Cerebral Blood Flow Velocity Index	CFVx	UT-NIRS	Coefficient de corrélation entre l'indice de DSC et la PAM	ND	

Indice	Abréviation	Moniteur	Mesure	Seuils	Ref
Total Hemoglobin Reactivity Index	THx	NIRS	Coefficient de corrélation entre le taux d'hémoglobine oxygénée et désoxygénée et la PAM	ND	
Hemoglobin Volume Index	HVx	NIRS	Coefficient de corrélation entre la variation du volume total d'hémoglobine et la PAM	> 0,3	55
Dynamic Autoregulatory Index	ARI	DTC	Coefficient de corrélation entre la variation des vitesses et la PAM	< 4	56
Pressure Reactivity Index	PRx	PIC	Coefficient de corrélation entre la variation de la PIC et la PAM	> 0,3	54

**Tableau 1:** seuils des indices d'autorégulation cérébrale, permettant de définir une perte de l'autorégulation cérébrale

- Interprétation des valeurs :

La perte d'autorégulation cérébrale est désignée lorsque la valeur d'index calculée s'approche de 1, indiquant un manque de réactivité vasculaire ainsi qu'une variation passive du DSC en fonction des pressions de perfusion cérébrale. Une valeur négative ou proche de 0 indique une réactivité aux pressions de perfusion intacte (23).

L'indice d'autorégulation dynamique (ARI), est désormais le seul indice qui utilise une autre échelle de variation qui va de 0 (signifiant une perte complète de l'autorégulation cérébrale) à 9 (= l'autorégulation cérébrale la plus efficace), et 4 (= en-dessous la perte de l'autorégulation est déterminée)(24).

## 2) Mesure de la PPC et de la PAM optimales :

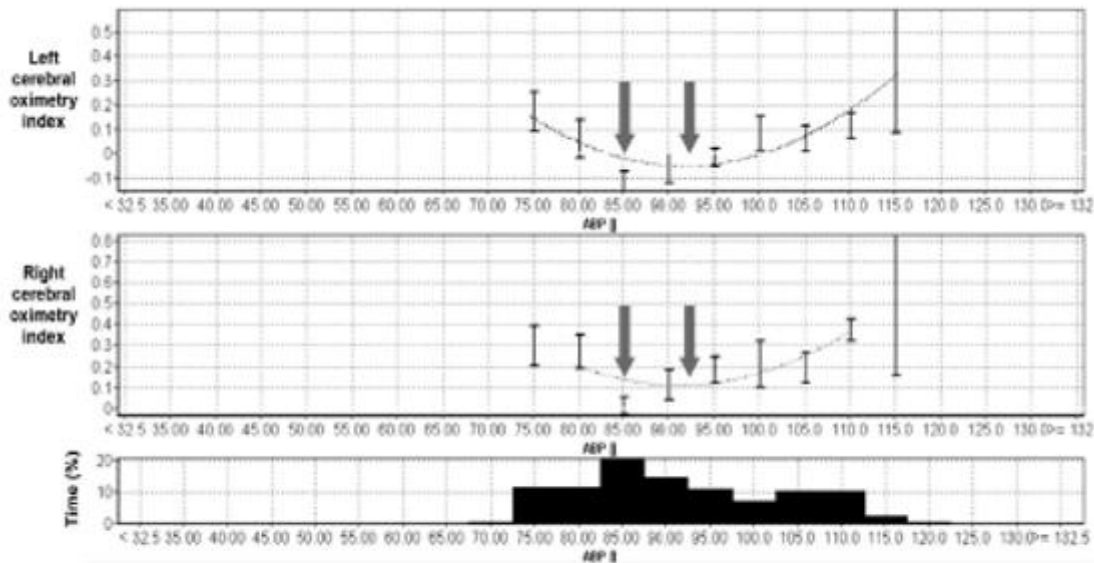
L'objectif principal des indices d'autorégulation cérébrale est de préciser la PAM et la PPC optimales. Ces indices peuvent également se montrer utiles pour prédire le pronostic des patients. Ces indices sont utilisés de manière variable, les plus adéquats sont les suivants.

### - Formule polynomiale de second ordre :

Cette méthode, qui est utilisée chez le patient atteint de lésion cérébrale, consiste à calculer la PPC optimale par l'interprétation de la courbe parabolique qui correspond à l'évolution, sur une période de 4 heures, de l'indice d'autorégulation cérébrale en fonction de la PPC ou la PAM. Il s'agit donc d'une méthode fiable et précise, cependant, mais n'est exploitable que chez certains patients (25-26).

Elle peut aussi être induite à l'erreur par des valeurs aberrantes, comme dans le cas de monitoring intermittent, et de variation inégale des pressions, ce qui demande une modification des mesures selon la durée totale de prise des valeurs, ou l'annulation des valeurs obtenues sur un pourcentage de temps général imparti de moins de 3%

La courbe attendue peut également être modifiée par des facteurs extrinsèques (absence de balancements lents de la pression artérielle, des valeurs de PRx élevées, utilisation de doses d'anesthésiques faibles et l'absence de bloc neuromusculaire...) (27).



**Figure 4** : Courbe parabolique et Biais de mesure (exemple du NIRS) (27)

Les deux courbes paraboliques représentent l'évolution de l'indice d'oxygénation cérébrale (COx) calculé à gauche (courbe du haut) et à droite (courbe du milieu). Elles montrent une différence de 5 mmHg entre la PAM optimale définie par la courbe (flèche droite) et la PAM optimale correspondant à la plus faible valeur de COx (flèche gauche).

La courbe inférieure montre un temps de mesure prolongé pour une PAM entre 85 et 90 mmHg, ce qui explique l'écart présent entre les deux PAM optimales.

- [Dynamic Adaptive Target of Active Cerebral Autoregulation \(DATACAR\)](#):

Le DATACAR est une méthode permettant de préciser une valeur unique de la PPC. Elle fait usage de la même approche que celle de la formule précédente (courbe parabolique), mais se répète sur plusieurs fenêtres d'exploration de durées différentes (1, 2, 4, 8, 12 et 24 heures. Cette méthode a montré une meilleure précision, par rapport à celle de la formule polynomiale, quant au pronostic prédit des patients, tout en déterminant la PPC optimale chez plus de patient que la méthode initiale (28).

### **III. Application du NIRS en Anesthésie :**

9 études ont utilisé le NIRS pour faire le monitoring de l'autorégulation cérébrale au bloc opératoire. Deux d'entre elles s'intéressaient à la fiabilité du NIRS dans le contexte chirurgical. La première publication est celle de Brady et al. (Stroke, 2010), réalisée chez 60 patients soumis à une circulation extracorporelle (CEC) durant une chirurgie cardiaque (29). Il s'agit d'une étude de cohorte qui a examiné la corrélation entre les données du NIRS (StO<sub>2</sub> et COx) et celles du DTC (VM, Mx). Les deux indices d'autorégulation cérébrale ont montré une forte corrélation ( $r = 0,55$  ;  $p < 0,0001$ ), et ont permis d'identifier le seuil à partir duquel l'autorégulation a été altérée (Mx = 0,45 ; COx = 0,38) dans 76% des cas. Ces indices ont présenté une valeur inférieure à leurs seuils respectifs pour un intervalle de PAM optimale, au cours duquel l'autorégulation cérébrale était restaurée. Leur valeur s'élevait pour des pressions plus basses, attestant d'une passivité des résistances cérébrovasculaires.

Une étude de Ono et al. (Anesth. Analg, 2013) a confirmé par le même procédé les résultats de cette première étude (30). Il s'agit d'une étude observationnelle prospective menée chez 70 patients soumis à une CEC non pulsatile durant une chirurgie cardiaque. Le but principal de cette étude était l'évaluation de la précision d'un monitoring autonome de l'autorégulation cérébrale grâce au NIRS. Une forte corrélation a été observée entre Mx et Cox ( $r = 0,51$  ;  $p < 0,001$ ).

### **IV. Limites de l'application du NIRS :**

#### 1) Précision des mesures :

Les données de l'oxymétrie tissulaire ne sont qu'une moyenne pondérée de la saturation en O<sub>2</sub> dans le sang artériel, capillaire et veineux. Plus l'organe

exploré est richement vascularisé, plus ces données seront précises. Chez le nouveau-né, la substance blanche est la composante prédominante de l'encéphale et qui est pauvrement vascularisé, ce qui en résulte une insensibilité à l'hypoxie tissulaire par oxymétrie tissulaire à cet âge (31). Les valeurs de StO<sub>2</sub> déterminées par le NIRS ont été validées en les comparant avec la SvjO<sub>2</sub> chez le grand enfant et l'adulte. Certaines études ont montré une bonne corrélation entre les deux variables, avec un biais aux alentours de 5% selon la méthode de Bland-Altman (32-33).

La StO<sub>2</sub> nous renseigne sur la circulation cérébrale régionale, selon le lieu d'insertion des électrodes.

Tandis que la SvjO<sub>2</sub> nous renseigne sur la circulation cérébrale générale mais ne permet pas de différencier entre les zones insuffisamment irriguées et d'autres bien perfusées.

Ceci pose des doutes sur la fiabilité de la corrélation précédemment établie ; surtout que les recherches menées ont été faites sur des patients non atteints de lésion cérébrale au bloc opératoire.

## 2) Répétabilité des mesures :

Elle est limitée avec une variabilité allant jusqu'à 8%, ce qui semble liée au remplacement des électrodes. Ce manque de précision entrave considérablement la prise de décision au chevet du patient. La méthode analytique de Bland-Altman, qui a été utilisée dans différentes études, ainsi que d'autres méthodes, démontrent une faible précision par rapport à l'oxymétrie de pouls qui a une répétabilité d'environ 2 à 3% (34-35-36).

Cette différence de précision est due à la perturbation des signaux par les différences des tissus traversés (circonvolutions cérébrales, méninges, espace sous arachnoïdien, scalp, Vx ..). D'après ces études, une précision <3% est désirée pour construire un raisonnement, une conduite diagnostique et thérapeutique.

### 3) Exactitude des valeurs :

Boas et al. ont comparé dans une étude, au cours de l'exécution d'un ordre moteur chez l'adulte, et d'un mouvement passif chez le nouveau-né, le NIRS à la tomographie optique diffuse (TOD) par la mise en place d'électrodes en regard des aires fonctionnelles motrices (37).

Les valeurs théoriques ont montré que la loi de Beer- Lambert modifiée utilisée par le NIRS ne pouvait pas préciser les variations  $\Delta\text{HbO}_2$  et  $\Delta\text{HbH}$  dans des conditions idéales. Les valeurs expérimentales ont quant à elles montré que les mesures obtenues par le NIRS sont très variables. Mais cette technique ne parvient pas à quantifier avec exactitude les variations de  $\text{HbO}_2$  et de  $\text{HbH}$  qui surviennent suite à des variations hémodynamiques focales, ce qui serait responsable de biaiser la prise de décision au lit du malade. Cette imprécision peut être liée à un effet de volume partiel, qui en résulte une sous-estimation les variations focales de  $\text{HbO}_2$  et  $\text{HbH}$ , et à une variation de la sensibilité spectrale, qui est liée à l'écart du point d'insertion des électrodes par rapport au site de variation hémodynamique focale.

## V. **Autonomie du NIRS:** (38-39)

Rares sont les études qui ont pu confirmer le pouvoir du NIRS à lui seul dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale.

L'étude unique qui a retenu cette déduction est celle de Ono M. et al. qui a été réalisée chez 70 sujets qui allaient subir une chirurgie cardiovasculaire sous

CEC non pulsatile, et qui a comparé les résultats du NIRS à ceux du DTC pour valider sa capacité à surveiller l'autorégulation du cerveau de façon précise et autonome(38). Une corrélation concordante entre Mxer Cox a donc été prouvée( $r = 0,51$  ; 95% d'intervalle de confiance ;  $p < 0,001$  ; biais de  $-0,07 \pm 0,19$ ). Ces résultats montrent la capacité du NIRS dans le monitoring autonome de l'autorégulation du cerveau et à donner une prédiction de la PAM idéale pendant la période de CEC.

En se basant sur ces résultats, une étude de Hori et al a analysé l'autorégulation du cerveau de façon exclusive par le NIRS chez 257 malades sélectionnés pour une chirurgie cardiaque combinée (39). Trois groupes ont été choisis. Le 1<sup>er</sup> avec 8 malades chez qui ils ont réalisé une endartériectomie combinée à une opération cardiaque pour une sténose carotidienne importante ( $> 70\%$ ). Le deuxième avec 8 patients qui ont eu une chirurgie cardiaque sans correction d'une sténose carotidienne significative au préalable. Le 3<sup>ème</sup> avec le reste de et comprend les patients présentant une sténose carotidienne non significative ( $< 50\%$ ) ou ayant reçu d'une endartériectomie avant l'opération cardiaque. Cette recherche a montré une absence de l'autorégulation cérébrale dans le groupe de patients chez qui on n'a pas fait d'endartériectomie avant la chirurgie cardiaque, pour une sténose significative. Aussi, le groupe chez qui on a fait une chirurgie combinée a montré un COx plus haut que celui du 3<sup>ème</sup> groupe avant la CEC, et un COx moyen similaire pendant la CEC. Cette étude a trouvé une variation d'oxygénation entre une zone bien perfusée et une autre insuffisamment irriguée. Cette observation montre que le NIRS peut être un outil qui peut permettre de faire une prédiction à lui seul du maintien ou pas de l'autorégulation cérébrale.

En dehors de ces études, aucune ne s'est intéressée pour montrer l'autonomie du NIRS en réanimation ou chez le patient cérébrolésé au bloc opératoire.

## **V. Place du NIRS dans le pronostic**

Différents indices d'autorégulation cérébrale se sont montrés pertinents pour prédire la mortalité et le GOS (Glasgow Outcome Scale) dans le traumatisme crânien, tels que PRx, Mx-PPC et de l'ARI. En revanche, dans le contexte d'une hémorragie sous-arachnoïdienne, seul l'ARI s'est montré apte à prédire le GOS. Ces données ont été rapportées dans une méta-analyse de Rivera et al. (Crit. Care Med, 2017) qui trouve qu'un monitoring continu de l'autorégulation cérébrale est meilleur qu'un monitoring intermittent pour établir un pronostic (40). Aussi, le monitoring de l'autorégulation cérébrale est une méthode prometteuse pour définir les seuils de pression de perfusion cérébrale, dans le cadre de la gestion d'un traumatisme crânien ou d'une hémorragie sous-arachnoïdienne. Cependant, d'autres études sont encore nécessaires pour confirmer ces résultats et inclure les indices issus du NIRS (TOx, COx) parmi les indices capables de prédire la morbi-mortalité chez l'adulte.

# **Conclusion**

Le NIRS est un outil non invasif du monitoring de l'oxygénation cérébrale, qui permet d'apprécier le statut de l'autorégulation cérébrale grâce à l'indice d'autorégulation cérébrale qui en découle. Cette propriété a été démontrée par quelques études, principalement chez l'adulte, tant au bloc opératoire qu'en réanimation. Ces études ont comparé le NIRS aux autres moyens de monitoring de l'autorégulation cérébrale, notamment la PIC et le DTC. La corrélation entre les différents indices d'autorégulation était la méthode de comparaison la plus fréquemment utilisée, et était le plus souvent forte.

L'ensemble des données de la littérature disponible à ce jour s'accordent à dire que le NIRS soit un outil utile et séduisant dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale chez l'adulte, en dépit des limites qu'il présente, avec une capacité non négligeable à prédire le pronostic et le devenir des patients.

# Résumé

**Titre :** Intérêt du NIRS dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale chez les patients opérés pour chirurgie carotidienne

**Mots clés :** NIRS, indice d'autorégulation cérébrale, chirurgie carotidienne, réanimation

L'autorégulation cérébrale est la capacité de l'organisme à maintenir un débit sanguin cérébral constant malgré les variations importantes de pressions de perfusion cérébrales ou de pressions artérielles. Celle-ci est monitorée vu l'impact sur la prise en charge du patient cérébrolésé en anesthésie.

Le but principal du monitoring de l'autorégulation cérébrale est de préciser la pression de perfusion cérébrale optimale. Son application a largement été étudiée grâce à différents outils de monitoring, incluant la PIC, le DTC et le NIRS. Ce dernier est un outil non invasif permettant de mesurer la StO<sub>2</sub> cérébrale et d'évaluer par son biais l'état de la circulation cérébrale.

Son utilisation est répandue chez l'adulte, c'est pourquoi ce travail s'intéresse à préciser la place du NIRS dans le monitoring de l'autorégulation cérébrale au cours des endartériectomies.

Plusieurs bases de données ont été exploitées afin de répondre à notre problématique.

Afin de répondre à notre problématique, nous avons évalué la place du NIRS dans le dépistage des AVC chez des patients admis au bloc opératoire pour chirurgie carotidienne, tout en les comparant à des études observationnelles, des revues systématiques et des méta-analyse. Malgré tous ces documents, on n'a pas pu prouver la fiabilité du NIRS, ni son autonomie et sa place dans le pronostic des patients, vu que l'échantillon total demeure insuffisant pour valider sa fiabilité.

Le NIRS est considéré une bonne méthode pour le monitoring de l'autorégulation cérébrale. Mais, son application est encore limitée, invitant à faire plus de recherches, pour valider d'une part son autonomie, d'autre part sa fiabilité dans la prédiction d'une perte de l'autorégulation cérébrale, ainsi que dans l'identification une PPC optimale.

# **Abstract**

**Title:** Place of NIRS in the cerebral autoregulation monitoring in carotid surgery patients

**Key words:** NIRS, cerebral autoregulation, autoregulation index, carotid surgery, intensive care unit

The cerebral autoregulation monitoring is a bedside tool with direct impact on the management of brain injured patients in intensive care unit, as well as on the intraoperative management of cerebral circulation.

Its main goal is to define the optimal cerebral perfusion pressure (CPP). Its application has been widely studied thanks to various monitoring tools, including intracranial pressure (ICP), transcranial doppler (TCD) and near infrared spectroscopy (NIRS).

NIRS is a non-invasive tool for measuring regional saturation of oxygen (rSO<sub>2</sub>), which allows the assessment of cerebral circulation state. Its use is widespread within adults mainly; this is why this review approaches the problematic “Where does NIRS stand in the cerebral autoregulation monitoring in patients operated for endarterectomy?”.

A case series and a literature review have been used to address the issue. Several authors have explored the interest of NIRS in the cerebral autoregulation monitoring, in adults in operating room, and compared the values of the autoregulation index resulting from NIRS (CO<sub>x</sub>, TO<sub>x</sub>, TH<sub>x</sub>) to autoregulation indexes resulting from other monitoring methods (PR<sub>x</sub>, M<sub>x</sub>, ARI, S<sub>x</sub>, ...). The correlation between these indexes, was most often good, making it possible to define thresholds for the cerebral autoregulation loss. However, the total sample remains insufficient to validate its reliability.

NIRS is currently retained as an attractive tool in cerebral autoregulation monitoring. Yet, its application in children still has limits, and leaves room for

more research to validate its reliability and demonstrate its autonomy to predict a cerebral autoregulation loss, as well as to define the optimal CPP.

ملخص

**العنوان:** اهتمام **NIRS** بمراقبة التنظيم الذاتي للدماغ في المرضى الذين خضعوا لجراحة الشريان السباتي  
**الكلمات الرئيسية:** **NIRS**، التنظيم الذاتي للدماغ، مؤشر التنظيم الذاتي للدماغ، جراحة الشريان السباتي، الإنعاش

التنظيم الذاتي للدماغ هو قدرة الجسم على الحفاظ على تدفق الدم المستمر إلى الدماغ على الرغم من التغيرات الكبيرة في ضغوط التروية الدماغية أو ضغوط الشرايين. يتم رصد ذلك في ضوء تأثير ذلك على إدارة المريض المصاب بالدماغ في التخدير. الهدف الرئيسي من مراقبة التنظيم الذاتي للدماغ هو تحديد ضغط التروية الدماغية الأمثل. تمت دراسة تطبيقه على نطاق واسع باستخدام أدوات مراقبة مختلفة، بما في ذلك **DTC** و **PIC** و **NIRS**. هذا الأخير هو أداة غير جراحية لقياس التشبع الدماغية بالأكسجين وتقييم حالة الدورة الدموية الدماغية من خلاله. ينتشر استخدامه على نطاق واسع لدى البالغين، ولهذا السبب يهتم هذا العمل بتوضيح مكان **NIRS** في مراقبة التنظيم الذاتي للدماغ أثناء عمليات استئصال باطنة الشريان. تم استخدام العديد من قواعد البيانات للإجابة على مشكلتنا. للإجابة على مشكلتنا، قمنا بتقييم مكانة **NIRS** في الكشف عن السكتات الدماغية لدى المرضى المقبولين في غرفة العمليات لجراحة الشريان السباتي، مع مقارنتها بالدراسات القائمة على الملاحظة والمراجعات المنهجية والتحليلات التلوية. على الرغم من كل هذه الوثائق، لم يكن من الممكن إثبات موثوقية **NIRS**، ولا استقلاليتها ومكانتها في تشخيص المرضى، حيث لا تزال العينة الإجمالية غير كافية للتحقق من موثوقيتها. تم التعرف على **NIRS** حتى الآن كأداة جذابة في مراقبة التنظيم الذاتي للدماغ. ومع ذلك، لا يزال تطبيقه يعاني من قيود ويترك مجالاً لمزيد من البحث للتحقق من موثوقيته وتأييد استقلالته في التنبؤ بفقدان التنظيم الذاتي للدماغ، وكذلك لتحديد ضغط الدم الدماغية الأمثل.

# Références

- [1] Y. Haimeur, A. Bentalha  
Thèse Intérêt du NIRS dans le monitoring de l'autorégulation  
cérébrale chez l'enfant (123dok.net)
- [2] Dupui P, Géraud G.  
Régulation de la circulation cérébrale.  
EMC Neurologie, 17-003-C-10, Elsevier-Masson 2006.
- [3] Bruder N, Ravussin P.  
Anesthésie en neurochirurgie.  
EMC Anesthésie- Réanimation, 36-613-B-10, Elsevier-Masson 2005.
- [4] Bès A, Géraud G.  
Circulation cérébrale.  
Physiologie. Paris : Sandoz ; 1974.
- [5] Bruder N, Ravussin P.  
Anesthésie pour chirurgie vasculaire cérébrale  
Ravussin P, editor. Le point sur le patient  
neurochirurgical. Paris: Springer-Verlag; 2004. p. 145-67.
- [6] Bayliss W.  
On the local reactions of the arterial wall to changes of internal  
pressure.  
J Physiol 1902; 28: 220-31.
- [7] Czosnyka M, Miller C;  
Participants in the International Multidisciplinary Consensus  
Conference on Multimodality Monitoring: Monitoring of cerebral  
autoregulation.  
Neurocrit Care 2014; 21 Suppl 2: S95–102.
- [8] Kontos HA, Wei EP, Navari RM, Levasseur JE, Rosenblum  
WI, Patterson JL Jr  
Responses of cerebral arteries and arterioles to acute hypotension and  
hypertension.  
Am J Physiol 1978; 234:H371–83.

- [9] Stocchetti N, Picetti E, Berardino M, et al.  
Clinical applications of intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury: report of the Milan consensus conference.  
Acta Neurochir 2014 ; (Wien) 156:1615–22.
- [10] Helbok R, Olson DM, Le Roux PD, et al.  
Intracranial pressure and cerebral perfusion pressure monitoring in non-TBI patients: special considerations.  
Neurocrit Care 2014 ; 21:85–94.
- [11] Raboel PH, Bartek J, Andresen M, et al.  
Intracranial pressure monitoring : invasive versus non-invasive methods: a review.  
Crit Care ResPract 2012:1–14.
- [12] Ponce LL, Pillai S, Cruz J, et al  
(2012) Position of probe determines prognostic information of brain tissue PO<sub>2</sub> in severe traumatic brain injury.  
Neurosurgery 70:1492–503.
- [13] Andrews PJD, Citerio G, Longhi L, et al  
(2008) NICEM consensus on neurological monitoring in acute neurological disease.  
Intensive Care Med 34:1362–1370.
- [14] Maloney-Wilensky E, Gracias V, Itkin A, et al  
(2009) Brain tissue oxygen and outcome after severe traumatic brain injury: a systematic review.  
Crit Care Med 37:2057–63.
- [15] Bratton SL, Chestnut RM, Ghajar J, et al  
(2007) X. Brain oxygen monitoring and thresholds.  
J Neurotrauma 24: S65–S70.
- [16] M.-P. Gobin-Metteil, D. Eddine Benzohra.

Echodoppler Transcrânien : techniques, résultats normaux. EMC Radiologie et imagerie médicale – musculosquelettique – neurologique – maxillofaciale 2018. 30-890-A-20.

[17] M. Panczer.

L'oxymétrie tissulaire ou Near Infrared Spectroscopy (NIRS). IRBM News 2011 32 (4-5).

[18] N. Tafer, M. Ferraty, I. Del Campo Fuentes, P. Desnoyes, P. Mauriat.

Nouvelles techniques de monitoring cérébral en réanimation pédiatrique — Spectroscopie proche infrarouge (NIRS). Réanimation (2011) 20: S650-S654.

[19] Al-Rawi P et al.

Tissue oxygen index: thresholds for cerebral ischemia using near-infrared spectroscopy. Stroke (2006); 37:2720–2725

[20] Rigamonti A. et al.

A clinical evaluation of near infrared cerebral oximetry in the awake patient to monitor cerebral perfusion during carotid endarterectomy. J Clin Anesth 2005 Sep;17(6):426-30

[21] Budohoski KP, Czosnyka M, Smielewski P, Kasprowicz M, Helmy A, Bulters D, Pickard JD, Kirkpatrick PJ

Impairment of cerebral autoregulation predicts delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: A prospective observational study.

Stroke 2012; 43:3230–7.

[22] Budohoski KP, Czosnyka M, Smielewski P, Varsos GV, Kasprowicz M, Brady KM, Pickard JD, Kirkpatrick PJ

Cerebral autoregulation after subarachnoid hemorrhage: Comparison of three methods.

J Cereb Blood Flow Metab 2013; 33:449–56.

[23] Czosnyka M, Smielewski P, Kirkpatrick P, Laing RJ, Menon D, Pickard JD

Continuous assessment of the cerebral vasomotor reactivity in head injury.

Neurosurgery 1997; 41:11–9.

[24] Tiecks FP, Lam AM, Aaslid R, Newell DW

Comparison of static and dynamic cerebral autoregulation measurements.

Stroke 1995; 26:1014– 9.

[25] Aries MJ, Czosnyka M, Budohoski KP, Steiner LA, Lavinio A, Koliass AG, Hutchinson PJ, Brady KM, Menon DK, Pickard JD, Smielewski P

Continuous determination of optimal cerebral perfusion pressure in traumatic brain injury.

Crit Care Med 2012; 40:2456–63.

[26] Jaeger M, Dengl M, Meixensberger J, Schuhmann MU

Effects of cerebrovascular pressure reactivity-guided optimization of cerebral

perfusion pressure on brain tissue oxygenation after traumatic brain injury.

Crit Care Med 2010; 38:1343–7.

[27] Weersink CS, Aries MJ, Dias C, Liu MX, Koliass AG, Donnelly J, Czosnyka M, van Dijk JM, Regtien J, Menon DK, Hutchinson PJ, Smielewski P

Clinical and physiological events that contribute to the success rate of finding “optimal” cerebral perfusion pressure in severe brain trauma patients.

Crit Care Med 2015; 43:1952–63.

[28] Depreitere B, Güiza F, Van den Berghe G, Schuhmann MU, Maier G, Piper I, Meyfroidt G

Pressure autoregulation monitoring and cerebral perfusion pressure target recommendation in patients with severe traumatic brain injury based on minute-by-minute monitoring data.

J Neurosurg 2014; 120:1451–7.

[29] Kenneth Brady, Brijen Joshi, Christian Zweifel, Peter Smielewski, Marek Czosnyka, R. Blaine Easley, Charles W. Hogue, Jr.

Real-Time Continuous Monitoring of Cerebral Blood Flow Autoregulation Using Near-Infrared Spectroscopy in Patients Undergoing Cardiopulmonary Bypass.

Stroke 2010; 41:1951-1956.

[30] Masahiro Ono, Yueying Zheng, Brijen Joshi, Jeffrey C. Sigl, and Charles W. Hogue.

Validation of a Stand-Alone Near Infrared Spectroscopy System for Monitoring Cerebral Autoregulation during Cardiac Surgery.

Anesth Analg. 2013 January; 116(1): 198–204.

[31] Martin Wolf, Gorm Greisen.

Advances in Near-Infrared Spectroscopy to Study the Brain of the Preterm and Term Neonate.

ClinPerinatol 36 (2009) 807–834.

[32] Bhutta AT, Ford JW, Parker JG, et al.

Non-invasive cerebral oximeter as a surrogate for mixed venous saturation in children.

PediatrCardiol 2007; 28:34–41.

[33] Weiss M, Dullenkopf A, Kolarova A, et al.

Near-infrared spectroscopic cerebral oxygenation reading in neonates and infants is associated with central venous oxygen saturation.

PaediatrAnaesth 2005; 15:102–9.

[34] Rais-Bahrami K, Rivera O, Short BL.

Validation of a non-invasive neonatal optical cerebral oximeter in veno-venous ECMO patients with a cephalad catheter.

J Perinatol 2006; 26:628–35.

- [35] Sorensen LC, Greisen G.  
Precision of measurement of cerebral tissue oxygenation index using near-infrared spectroscopy in preterm neonates.  
J Biomed Opt 2006; 11:054005.
- [36] Elisabeth M. W. Kooi, Elise A. Verhagen, Jan Willem J. Elting, Marek Czosnyka, Topun Austin, Flora Y. Wong & Marcel J.H. Aries (2017) Measuring cerebrovascular autoregulation in preterm infants using near-infrared spectroscopy: an overview of the literature,  
Expert Review of Neurotherapeutics, 17:8, 801-818
- [37] David A. Boas, Tom Gaudette, Gary Strangman, Xuefeng Cheng, John J. A. Marota, and Joseph B. Mandeville.  
The Accuracy of Near Infrared Spectroscopy and Imaging during Focal Changes in Cerebral Hemodynamics.  
NeuroImage 13, 76–90 (2001).
- [38] Masahiro Ono, Yueying Zheng, Brijen Joshi, Jeffrey C. Sigl, and Charles W. Hogue.  
Validation of a Stand-Alone Near Infrared Spectroscopy System for Monitoring Cerebral Autoregulation during Cardiac Surgery.  
Anesth Analg. 2013 January; 116(1): 198–204.
- [39] Daijiro Hori, Masahiro Ono, Hideo Adachi and Charles W. Hogue.  
Effect of carotid revascularization on cerebral autoregulation in combined cardiac surgery.  
Eur. J. Cardiothorac. Surg. (2015) 1–7.
- [40] Lucia Rivera-Lara, Andres Zorrilla-Vaca, Romer Geocadin, Wendy Ziai, Ryan Healy, Richard Thompson, Peter Smielewski, Marek Czosnyka, Charles W. Hogue.  
Predictors of outcome with cerebral autoregulation monitoring: a systematic review and meta-analysis.  
Crit. Care Med 2017.