

Oxymétrie cérébrale transcrânienne: un outil non invasif pour estimer métabolisme de l'oxygène cérébral

Gerald Schwarz MD ministère de l'anesthésiologie et de soins intensifs à l'Université de Graz
Gerhard Litscher Ph.D. Département de l'anesthésiologie et de soins intensifs à l'Université de Graz
Henrika Voit - Augustin MD ministère de l'anesthésiologie et de soins intensifs à l'Université de Graz

Citation: G. Schwarz, G. Litscher, H. Voit - Augustin: oxymétrie cérébrale transcrânienne: un outil non invasif pour estimer métabolisme de l'oxygène cérébral. *L'Journal Internet du Neuromonitoring* . 2001 Volume 2 Numéro 2. DOI: 10.5580/255

Mots-clés: Neuromonitoring, les neurosciences, les neurologues

Principes

Oxymétrie cérébrale transcrânienne est une technique non-invasive pour surveiller les changements dans le métabolisme cérébral en oxygène, ce qui présente des informations additifs quand les variables conventionnelles clés comme l'oxygénation périphérique et / ou hémodynamique systémique ne serait pas prédictif.

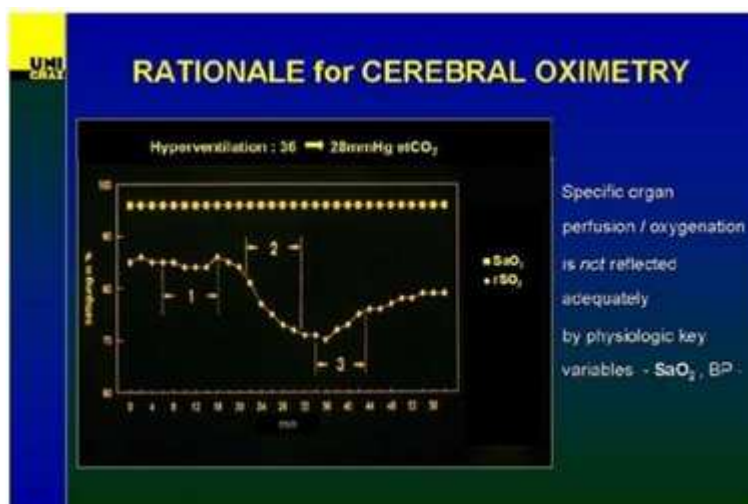


Figure 1: Diminution de la saturation en oxygène cérébral régional (rSO₂) au cours de manœuvre hyperventilation alors saturation périphérique en oxygène (SaO₂) reste inchangé. (1 normoventilation =, = 2 épisode d'hyperventilation, 3 = redémarrage de normoventilation)

La méthode repose sur la mesure de l'absorption de la lumière à des longueurs d'ondes multiples dans le 690 - 1100 nm Plage spectrale, ce qui permet la transmission des photons à travers la peau, des os, du cerveau et de la liqueur.

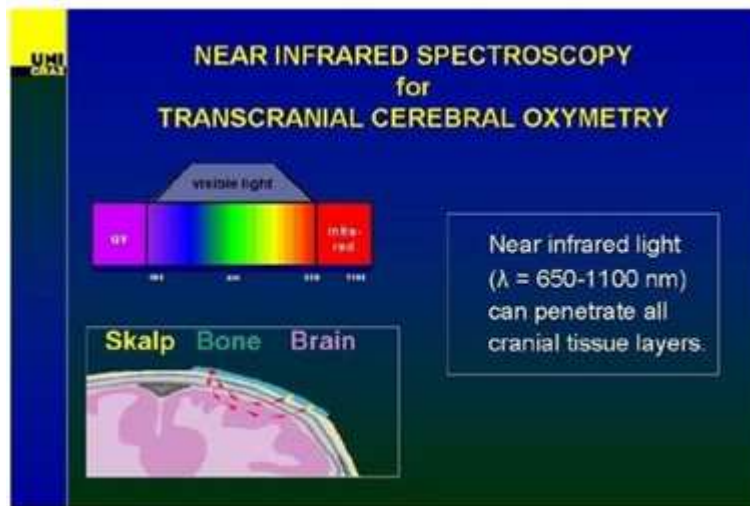


Figure 2: Représentation schématique de la gamme de la lumière. Éventuels changements de l'état d'oxygénation des chromophores intracérébrales sont détectés transcranially.

Un autre prémisson biophysique est la variation de l'absorption de l'hémoglobine en fonction de son état d'oxygénation [¹] et la modification de l'absorption dans le cytochrome aa₃ fonction de son état d'oxydo-réduction. Afin de déterminer les différences de concentration des chromophores dominantes du cerveau loi de Beer-Lambert a été modifié:

$$\text{Atténuation} = \alpha \cdot c \cdot d + G$$

α = coefficient d'absorption du chromophore

c = concentration du chromophore

d = la distance entre les sondes

B = facteur de longueur de trajet différentiel (le parcours moyen de photons dans le tissu multiscattering est plus longue que la distance entre les sondes de collecte de lumière [²]).

G = perte de lumière en fonction de la géométrie de la sonde et les propriétés optiques du volume échantillonné

Les valeurs obtenues avec la spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS) représentent principalement l'état d'oxygénation des chromophores du compartiment veineux (75%) du lit vasculaire cérébral (20% artérielle, capillaire 5%) [³].

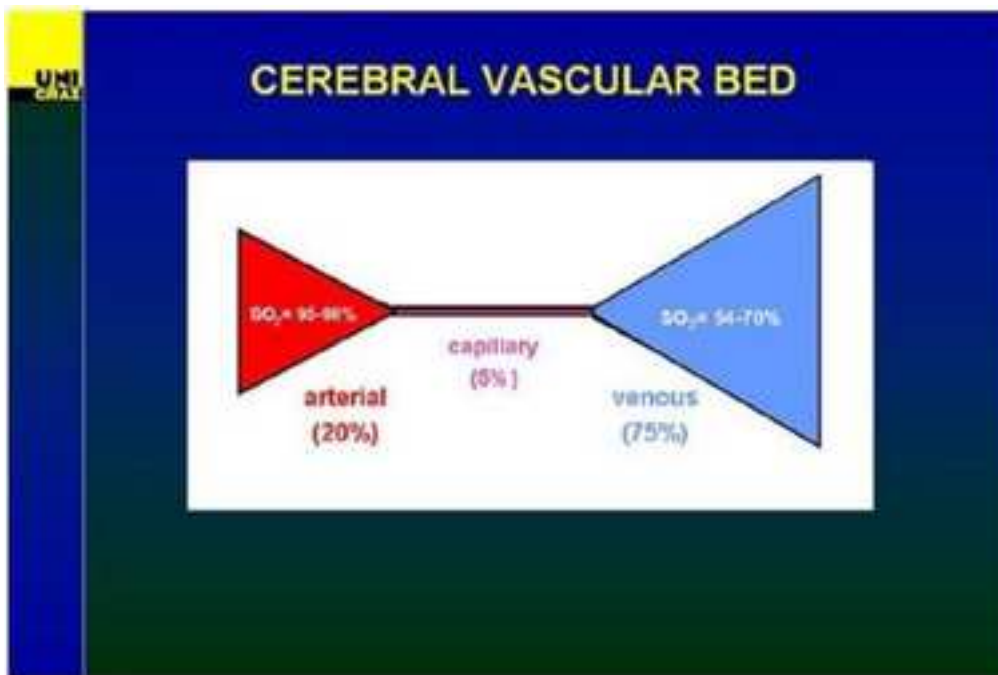


Figure 3: Schéma de principe du lit vasculaire cérébral (modifié d'après [4]).

Les changements dans les paramètres de l'oxymétrie transcrânienne cérébral de changements dans l'équilibre entre l'offre et la consommation d'oxygène cérébrale d'oxygène. Le réglage de la SPIR - systèmes sont schématiquement basée sur un émetteur de lumière dans le proche infrarouge et un récepteur. Ceux-ci sont placés en général au niveau du front latéral et doit avoir une distance d'au moins interoptode 4 cm. Le NIR - la lumière vers et à partir des optodes est réalisée par des fibres optiques flexibles.

SPIR principaux paramètres -

Oxygenated hemoglobin	[Oxy-Hb]
Deoxygenated hemoglobin	[Deoxy-Hb]
Total hemoglobin	[Hb-tot]
Oxidized cytochrome aa3	[ctO ₂]
Regional O ₂ saturation index	[rSO ₂]
Tissue oxygen index	[TOI]
Tissue hemoglobin index	[THI]

Indications

La publication sur l'utilisation de la SPIR dans diverses applications cliniques ne cesse d'augmenter. SPIR fournit des informations qui pourraient guider les utilisateurs sur l'interprétation des situations dans lesquelles l'oxygénation cérébrale potentiellement peuvent être altérées.

- Surveillance peropératoire
- L'endartériectomie carotidienne [⁵]
- Procédures Neuroendovascular (embolisation d'un anévrisme, la thrombolyse) [⁶ , ⁷]
- La chirurgie cardiaque [⁸]
- La crosse aortique chirurgie [⁹]
- La médecine de soins intensifs et la médecine d'urgence
- L'identification précoce d'un hématome intracrânien [¹⁰ , ¹¹ , ¹²]
- Détection des événements de désaturation chez les patients gravement blessés tête [¹³ , ¹⁴ , ¹⁵]
- Suivi des modifications hémodynamiques intracrâniennes [¹⁶]
- Gestion des hémorragie sous-arachnoïdienne anévrismale [¹⁷ , ¹⁸]
- La détection de l'hypoxie cérébrale au cours d'un bas débit cardiaque, les maladies pulmonaires et vasculaires, la septicémie, l'anémie [¹⁹]
- Évaluation du débit sanguin cérébral [²⁰]
- Evaluation de la réactivité vasculaire cérébral CO₂ [²¹]
- Médecine fœtale, néonatale et pédiatrique [²² , ²³]
- L'apnée du sommeil [²⁴]
- L'épilepsie [²⁵ , ²⁶]

Interprétation des données SPIR-

Pour l'interprétation de la signification clinique de lectures indiquant dysoxygénation cérébrale la physiopathologie sous-jacente doit être pris en considération. Par conséquent, la surveillance synchronuoues des paramètres pertinents et / ou la connaissance de certaines conditions préalables spécifiques sont essentielles:

- La pression artérielle systémique
- L'oxygénation artérielle systémique
- La capacité de transport d'oxygène (hémoglobine)
- La température du corps
- Le dioxyde de carbone
- Profondeur de l'anesthésie

- Cérébrale obstruction artérielle ou veineuse
- Convulsions cérébrales

Des exemples de NIRS-enregistrements

SPIR - appareils promettent une grande sensibilité aux grands et même minime événements physiologiques, physiopathologiques et thérapeutiques.

Surveillance peropératoire au cours de la procédure neurochirurgicale [27]

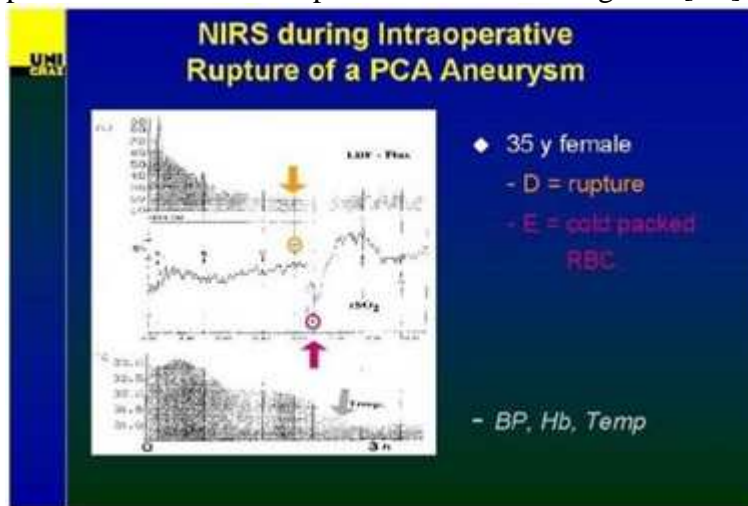


Figure 4: SPIR-surveillance pendant la procédure neurochirurgicale. Notez la diminution marquée de la rSO₂ après la rupture d'un anévrisme de l'artère cérébrale postérieure (D) et l'augmentation de la rSO₂ après l'application de globules rouges (E). Comparez le paramètre microcirculation périphérique diminué (flux) et de la température du corps mesurée par laser Doppler (LDF) et les effets de la température dans additon à l'augmentation de la pression artérielle et de l'hémoglobine sur les valeurs rSO₂ augmentation (modifié d'après [26]).



Figure 5: enregistrement continu SPIR pendant la chirurgie fosse postérieure chez un patient neuropédiatrique. A: Stable trace de la SPIR enregistrements (TOI), B: diminution immédiate de l'Hb tot, Oxy Hb et TOI cours de courte durée un arrêt cardiaque lors de la manipulation de neurochirurgie à structures du tronc cérébral inférieur; noter la forte augmentation transitoire de la NIRS valeurs à la période de récupération; C: Restauré trace TOI.

Augmentation de la pression intracrânienne: SPIR peut documenter les effets pharmacodynamiques minimes après les interventions thérapeutiques [28].

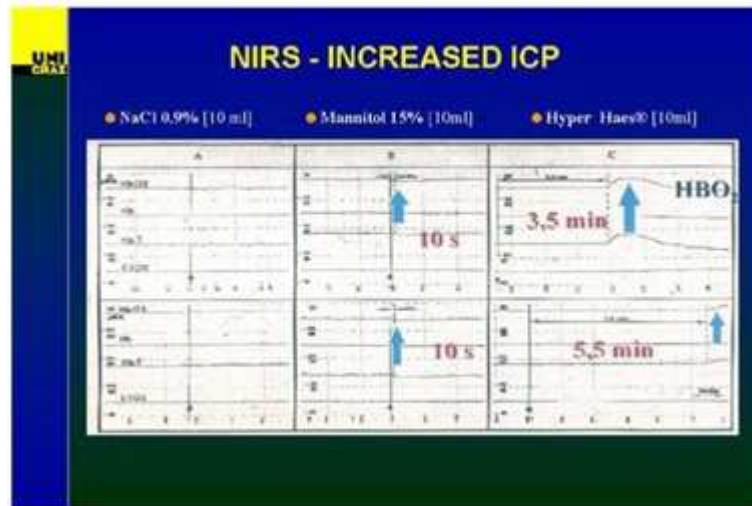


Figure 6: augmentation reproductible d'Oxy-Hb après l'application de 10 ml de mannitol 20% ou 20 ml hydroxyéthyl amidon à 10% chez un patient avec respect cérébrale altérée après un traumatisme crânien grave [27].

La surveillance pendant l'oxygénation hyperbare [29]

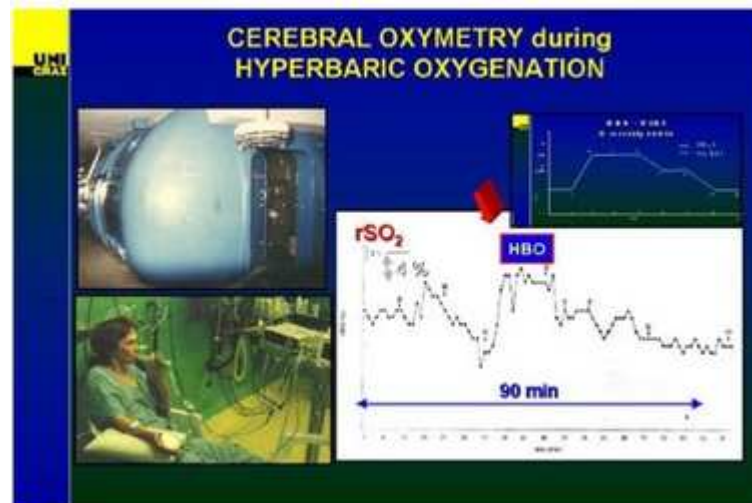


Figure 7: SPIR-surveillance chez un volontaire sain dans des conditions hyperbares. Notez le decrease maximale de rSO2 pendant la respiration de compression et de l'air à 2,5 ata et l'augmentation maximale de rSO2 valeurs lors de l'oxygénation hyperbare (OHB).

Limites

- Limitation Focale: Les valeurs de saturation sont uniquement représentatives de la région sous le capteur et peut ne pas être sensitive à des changements sur d'autres sites.
- Présence d'écoulements collectes de sang au sein de la sous-arachnoïdienne extravasculaires frontale, compartiments tissulaires sous-duraux ou intra-parenchymateux peuvent interférer avec les enregistrements; mélange de signaux avec celle obtenue à partir d'une mare stagnante de mal ou non oxygéné sang peut entraîner des valeurs de pas de signification clinique.
- L'emplacement du capteur: enregistrements des régions de l'infarctus connu, autrement endommagés ou de tissus cérébraux absent peut donner lieu à des lectures erronées. Un implant post-craniotomie plaque métallique rend évidemment la surveillance

impossible. Inversement, l'absence de l'os frontal peut entraîner des signaux réfléchis hors échelle.

- Contaminations extracérébrales: problèmes méthodologiques [[30](#) , [31](#) , [32](#)], dont il est question controversely [[33](#)].

SPIR - interférences

- Bistouri électrique
- Une irritation mécanique, le mouvement
- Une forte lumière ambiante (sources infrarouges)
- Colorants
- Dyshemoglobinemia
- La bilirubine biliverdine-

Erreurs de l'utilisateur

- Mauvais positionnement de optodes: mise en place correcte doit être aussi élevée que possible sur le front de avoide lectures du sinus frontaux, la position du capteur latéral empêche les données obtenues à partir du sinus sagittal.
- La lumière est insuffisante blindage
- Fixation sonde inadéquate

Les problèmes cliniques

Bien qu'il existe des rapports très encourageants en utilisant la NIRS-surveillance dans les traumatismes crâniens graves tels que présentés ci-dessus, il doit être pris en considération que les hématomes du cuir chevelu, des hématomes bilatéraux ou hématomes intracrâniens profonds peuvent conduire à des résultats faussement négatifs [12]. Certains auteurs se lever la question de savoir si la SPIR est capable de détecter des événements ischémiques chez les patients traumatisés tête [[34](#)]. Dramatique volume intracrânien se déplace en cours de hernie transtentorielle [[35](#)] et la perte totale de la fonction cérébrale en mort cérébrale [[36](#) , [37](#)] et l'arrestation de circulation générale [[38](#)] ne sont pas reflétées de manière adéquate par la SPIR pour chaque patient.

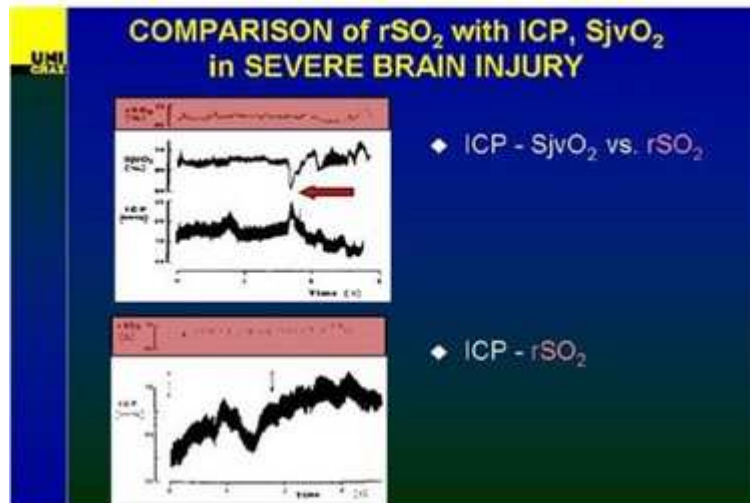


Figure 8: Près stables rSO₂ valeurs au cours des épisodes d'hypertension intracrânienne (ICP) et la réduction de la saturation veineuse jugulaire (SjvO₂) dans une lésion cérébrale grave (modifié d'après [35])

Avancement réel des appareils NIRS

- 10x intensité lumineuse lumineux - signal de bruit x10: la stabilité du signal accrue, moins d'interférences de lumière
- Indice de la qualité du signal (IQS) / indice de force de signal
- Synchronuoues mesures bilatérales
- Différents modes de NIRS-maesurements chez les adultes et de pédiatrie
- Algorithmes supplémentaires pour rSO₂, et le calcul TOI
- Une plus grande précision pour des valeurs absolues et l'analyse des tendances en raison de SQI
- La plus grande fréquence de mesure - cycles de mesure courts

Les aspects futurs

- SPIR cartographie [³⁹] / dynamiques NIRS-imagerie
- Plusieurs NIRS l'intégration de données dans TDC / MR
- Réelle sur mesure en ligne de photons trajet optique / trajet optique spectroscopie résolue [19]:
- temps de vol (TOF)
- déphasage mesure par spectroscopie à modulation de phase

Conclusion

L'utilisation de la SPIR pour fournir en continu, l'imagerie en temps réel de l'oxygénation des tissus au chevet du patient s'est conceptuellement séduisante. Bien que la baisse de la saturation en oxygène cérébral de 25-30% semble être associée à un dysfonctionnement neurologique corrigée [37], pour le moment nous n'avons pas de seuils d'intervention cliniquement utiles. En outre, au point actuel de la technique, il est plus raisonnable d'examiner la dynamique continue de NIRS-de paramètres que les valeurs absolues des lectures individuelles. La capacité de détecter et de suivre le déroulement des événements cérébraux comme ils occure nécessitera de nouveaux appareils NIRS qui peuvent mesurer avec précision longueur du trajet des photons et traiter des données à partir de plusieurs détecteurs en images tomographiques. La recherche est active et que le futur verra un nombre croissant d'améliorations technologiques dans NIRS. Après avoir résolu les problèmes techniques réels d'un avantage de plus en plus des applications cliniques sont espérées. Les Appareils NIRS devraient alors être des outils précieux pour suivre les tendances pour les situations dans lesquelles saturation de l'hémoglobine intracrânienne peuvent changer dangereusement.



Figure 9: Intégration de la SPIR dans un casque neuromonitorage multiparamétrique [28].

Remerciements

L'étude a été financée par la Banque nationale Jubiläumsfonds der Oesterreichischen (projet 8134). Ce document a été présenté à la 23e réunion annuelle de l'Académie européenne d'anesthésiologie (EAA): biologie moléculaire, l'éthique et l'avenir de la recherche anesthésie. Août 30 - Septembre 1, 2001, Graz, Autriche.

Correspondance à

Gerhard Schwarz, MD Professeur LKH-Universitätsklinikum Graz ministère de l'anesthésiologie et de soins intensifs Auenbruggerplatz 29 8036 Graz, Austria

Références

1. Jöbsis FF non invasive, la surveillance infrarouge de suffisance oxygène cérébral et l'infarctus et les paramètres circulatoires. La science 1977; 198: 1264-1267.
2. Delpy DT, M. Cope, P. van der Zee, Arridge S., S. Wray, Wyatt J. Estimation de la longueur de chemin optique à travers le tissu de temps de mesure directe vol. Phys Med Biol 1988; 33: 1433-1442.

3. Mchedlishvili G. comportement cérébrale artérielle prviding constante débit cérébral sanguin, la pression et le volume. Dans: comportement artérielle et la circulation sanguine dans le cerveau. Bevan JA (éd.), New York: Plenum Press, 1986: 42-95.
4. Logemann F., W. Lobbes, Mehler D., W. Seitz, Selhorst-Kiss S., J. Zuk Near-Infrared Spectroscopy-pour la surveillance d'alimentation en oxygène cérébrale: Validation des examens de la INVOS-System. Dans: Litscher G., G. Schwarz (dir.) oxymétrie cérébrale transcrânienne. Pabst Science Publishers: Lengerich Berlin Düsseldorf Riga Scottsdale Wien Zagreb, 1997: 152-166.
5. Kirkpatrick PJ, J. Lam, Al-Rawi P., P. Smielewski, Czosnyka M. définition des seuils pour ischémie critique en utilisant la spectroscopie proche infrarouge dans le cerveau adulte. *J Neurosurg* 1989; 89/3: 389-394.
6. G. Hernandez, M. Dujovny, Slavin KV, MS Luer, Nijensohn E., G. Geremia, Ausman JI utilisation de l'oxymétrie cérébrale transcrânienne pour surveiller la saturation en oxygène cérébral régional au cours des procédures neuroendovasculaire. *Am J Neuroradiobiology* 1995; 16: 1618-1625.
7. Witham TF, Nemoto EM, Jungreis CA, Kaufmann AM spectroscopie proche infrarouge surveillés thrombolyse veineuse cérébrale. *Can J Neurol Sci* 1999; 26/1: 48-52.
8. E. Schindler, Wyderka T., Zickmann B., Müller M., G. Wozniak, Hempelmann hémodynamique cérébrale et G. bilan d'oxygène pendant la circulation extracorporelle. *Cardiovasc Eng* 1998; 3/1: 57-60.
9. Ogino H., Y. Ueda, Sugita T., K. Morioka, Sakakibara Y., K. Matsubayashi, T. Nemoto surveillance de l'oxygénation cérébrale régionale par spectroscopie proche infrarouge au cours de la perfusion cérébrale rétrograde continue pour la chirurgie crosse de l'aorte. *Eur J Surg Cardio Thorac* 1998; 14/4: 415-418.
10. Gopinath SP, CS Robertson, RG Grossman, BC utilisation Risque de localisation proche infrarouge par spectroscopie d'hématomes intracrâniens. *J Neurosurg* 1993; 79: 43-47.
11. Robertson CS, Gopinath SP, BC utilisation Risque de spectroscopie proche infrarouge pour identifier les hématomes intracrâniens. *J Optique Biomed* 1997; 2: 31-41.
12. Robertson CS, Gopinath SP, B. Risque Identifier les hématomes intracrâniens avec infrarouge spectroscopie. Dans: Litscher G., G. Schwarz (dir.) oxymétrie cérébrale transcrânienne. Pabst Science Publishers: Lengerich Berlin Düsseldorf Riga Scottsdale Wien Zagreb, 1997: 131-141.
13. Kirkpatrick P., P. Smielewski, Czosnyka M., JD Pickard Surveillance de l'oxy intracrânienne et les niveaux déoxyhémoglobine en tête blessés patients utilisant la spectroscopie proche infrarouge: calculs sont des niveaux de saturation d'hémoglobine cérébrales valides? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1996; 58: 116-117.
14. J. Cruz suivi en ligne de l'hypoxie cérébrale globale de lésion cérébrale aiguë. *J Neurosurg* 1993; 79: 228-233.
15. Kirkpatrick PJ, Smielewski P., Czosnyka M., Menon DK, JD Pickard utilisation spectroscopie dans le proche infrarouge chez les patients présentant un traumatisme crânien. *J Neurosurg* 1995,83 / 6: 963-970.
16. M. Kaminogo, Ichikura A., S. Shibata, Toba T., M. Yonekura Effet de l'acétazolamide sur l'oxygène cérébral régional saturationand débit sanguin cérébral régional. *Course* 1995; 26: 2358-2360.
17. Slavin KV, Dujovny M., Ausman JI, G. Hernandez, M. Luer, Stoddart H. L'expérience clinique avec l'oxymétrie cérébrale transcrânienne. *Surg Neurol* 1994; 42: 531-535.
18. A. Eklund, Kongstad P., H. Saveland, Rommer B., P. Reinstrup, Kristiansson KA, L. Brandt, R. Seiler, V. Seifert transcrânienne oxymétrie cérébrale liée à l'examen Doppler transcrânien après hémorragie sous-arachnoïdienne anévrismale. *Acta Neurochir* 1998; 140/10: 1029-1036.
19. Widman RA, Gonopolsky O. Près spectrscopy infrarouge - aspects futurs. Dans: Litscher G., G. Schwarz (dir.) oxymétrie cérébrale transcrânienne. Pabst Science Publishers: Lengerich Berlin Düsseldorf Riga Scottsdale Wien Zagreb, 1997: 232-251.
20. J. Patel, K. Marks, Roberts I., Azzopardi D., Mesure AD Edwards du débit sanguin cérébral dans les nouveau-nés en utilisant la spectroscopie proche infrarouge avec le vert d'indocyanine. *Pediatr Res* 1998; 43/1: 34-39.
21. Endoh H., T. Honda, Komura N., Shibue C. Une étude comparative de l'échographie Doppler transcrânien et la spectroscopie proche infrarouge pour l'évaluation de la réactivité vasculaire cérébral CO₂. *Jpn J anesthésiolo* 1998; 47/9: 1090-1095.
22. Siebenthal vK, Bernert G., P. Casaer spectroscopie proche infrarouge des nouveau-nés. *Cerveau Dev* 1992; 14: 135-143.
23. Urlesberger B., K. voyage, Ruchti JJI, Kerbl R., F. Reiterer, Müller W. Quantification des fluctuations cycliques de volume sanguin cérébral chez les nourrissons en bonne santé. *Neuropédiatrie* 1998; 29/4: 208-211.
24. Slavin KV, Basner RC, Stepanski EJ, Dujovny M., M. Lopata, Carley DW, Ernst C., A. Rood, Önal E. oxymétrie cérébrale transcrânienne en apnée obstructive du sommeil. *Sommeil Res* 1994; 23: 329.
25. Oana Y., C. Wang, Hoshika A., Y. Takei, Sakue N., N. Hirabayashi, Kaneko Modifications de M. sanguin cérébral et l'oxygénation des tissus dans l'épilepsie du lobe temporal indiqués par spectroscopie dans le proche infrarouge. *J Jap épilepsie Soc* 1998; 16/2: 109-116.
26. Adelson PD, Nemoto E., M. Scheuer, peintre M., J. Morgan, Yonas H. surveillance non invasive continue de l'oxygénation cérébrale periictally en utilisant la spectroscopie proche infrarouge: Un rapport préliminaire. *Epilepsia* 1999; 40/11: 1484-1489.
27. Litscher G., G. Schwarz oxymétrie cérébrale transcrânienne - Est-il cliniquement inutile en ce moment d'interpréter les valeurs absolues obtenues par le INVOS 3100 oxymètre cérébral. *Biomed Technik* 1997; 42: 74-77.
28. Litscher G., G. Schwarz spectroscopie proche infrarouge et le contrôle multivariable. Dans: Litscher G., G. Schwarz (dir.) oxymétrie cérébrale transcrânienne. Pabst Science Publishers: Lengerich Berlin Düsseldorf Riga Scottsdale Wien Zagreb, 1997: 10-61.
29. Litscher G., G. Schwarz, Ratzenhofer-Komenda B., H. Kovac, Gabor S., Smolle-Jüttner FM oxymétrie cérébrale transcrânienne dans le milieu hyperbare. *Biomed Technik* 1997; 42: 35-41.
30. Harris DNF, Cowans FM, Wertheim SPIR DA dans la région temporelle forte influence de l'artère carotide externe. *Adv Exp Med Biol* 1994; 345: 825-828.

31. Germon TJ, Kane NM, Manara AR, Nelson RJ spectroscopie proche infrarouge chez l'adulte: effets de l'ischémie et l'hypoxie extra-intracrânienne sur l'estimation de l'oxygénation cérébrale. *Br J Anesth* 1995; 73/4: 503-506.
 32. Lam JMK, Smielewski P., Al-Rawi P., P. Griffiths, JD Pickard, Kirkpatrick PJ interne et externe contributions carotides à la spectroscopie proche infrarouge au cours de l'endartériectomie carotidienne. *Course* 1997; 28: 906-911.
 33. Samra SK, Stanley J.C., Zelenock Go, Dorje P. Un bilan de la contribution apportée par les tissus extra-crâniennes lors de l'oxymétrie cérébrale. *J Neurosurg anesthésiolo* 1999; 11: 1-5.
 34. Sacci L., L. Beretta, Citerio G., A. Cipriani non-invasive de la saturation cérébrale régionale chez les patients comateux. *Crit Care Intern* 1996; 11-13.
 35. Unterberg A., A. Rosenthal, Schneider GH, Kiening K., Lanksch WR Validation de la surveillance de l'oxygénation cérébrale par spectroscopie proche infrarouge chez les patients comateux. Dans: T. Tsubokawa, Marmarou A., C. Robertson, A. Teasdale surveillance neurochimique (eds.) dans l'unité de soins intensifs. Springer: Tokyo, 1995: 204-210.
 36. Schwarz G., G. Litscher, Jobstmann R., R. Kleinert, Pendl G. oxymétrie cérébrale transcrânienne et la perte de la fonction cérébrale. Dans: Litscher G., G. Schwarz (dir.) oxymétrie cérébrale transcrânienne. Pabst Science Publishers: Lengerich Berlin Düsseldorf Riga Scottsdale Wien Zagreb, 1997: 142-151.
 37. Kytä J., J. Öhman, Tanskanen P., T. Randell contribution extracrânienne de l'oxymétrie cérébrale chez les patients de mort cérébrale: un rapport de six cas. *J Neurosurg Anesth* 1999; 11/4: 252-254.
 38. Schwarz G., G. Litscher, Kleinert R., R. Jobstmann oxymétrie cérébrale chez les sujets morts. *J Neurosurg Anesth* 1996; 8: 189-193.
 39. E. Watanabe, Maki A., F. Kawaguchi, Takashiro K., Y. Yamashita, Koizumi H., Y. Mayanagi non-invasive de la dominance de la langue avec le proche infrarouge cartographie spectroscopique. *Neurosci Lett* 1998; 256/1: 49-52.
- See more at: <http://www.ispub.com/journal/the-internet-journal-of-neuromonitoring/volume-2-number-2/transcranial-cerebral-oximetry-a-non-invasive-tool-for-estimating-cerebral-oxygen-metabolism.html#sthash.HSGf9Os8.dpuf>