

## 수염 자극 시 대뇌수염피질에서의 혈류변화에 따른 근적외선 신호와 전기신호의 동시측정

### Simultaneous measurements of NIR and electrical signals on rat brain during whisker stimulation

이승덕<sup>1</sup>, 권기운<sup>1</sup>, 고달권<sup>1</sup>, 호동수<sup>1</sup>, 김법민<sup>1\*</sup>

이현주<sup>2</sup>, 량이란<sup>2</sup>, 신형철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 의공학과, <sup>2</sup>한림대학교 의과대학 생리학 교실

\*beopmkim@yonsei.ac.kr

근적외선 분광법(Near-infrared spectroscopy, NIRS)은 대뇌피질에서의 혈류변화(oxy-, deoxyhemoglobin의 농도변화)를 비침습적으로 측정할 수 있는 방법이다. 본 논문에서는 향후 뇌-컴퓨터 접속기술(Brain computer interface)에 적용하기 위한 초기 연구단계로, 쥐의 수염을 자극시 활성화되는 대뇌수염피질 영역에서의 혈류변화 및 전기신호를 동시에 측정하고 두 신호의 패턴을 분석한다.

#### 본론

근적외선 분광분석법(Near-infrared spectroscopy, NIRS)은 생체조직에 존재하는 oxy-hemoglobin(HbO<sub>2</sub>), deoxy-hemoglobin(Hb), cytochrome oxidase, water, lipid 등과 같은 흡수체의 농도변화를 비침습적으로 측정할 수 있는 방법으로, 1977년 Franz Jöbsis가 처음으로 생체조직에 대해 조직산소화(Tissue oxygenation)를 측정할 바 있다. 생체조직에 존재하는 흡수 물질중 산소 의존적인 HbO<sub>2</sub>, Hb, cytochrome oxidase의 농도 변화는 생체조직의 대사과정과 밀접하게 관련 되어있어 이에 대한 비침습적이고 정량적인 측정방법이 매우 필요하다.<sup>(1)</sup> 또한 기존 소동물의 대뇌 혈류변화를 측정하기 위한 방법으로 OIS(Optical intrinsic signal)를 많이 이용했는데, 소동물의 두피 및 두개골을 열어야 하는 단점이 있다. 본 연구에서는 선행되었던 OIS 방법과 근적외선 분광법을 이용하여 얻은 결과를 비교 분석하고자 한다.

700-900nm 대역의 근적외선은 생체조직에 대한 산란, 흡수의 영향이 작아서 빛이 깊게 도달할 수 있으며, 이를 이용하여 비침습적으로 대뇌 피질영역에서 일어나는 HbO<sub>2</sub>, Hb 의 농도변화를 검출할 수 있다. 이와 같은 혈류변화를 통하여 대뇌의 기능영상<sup>(2)</sup> 및 근적외선을 이용한 뇌-컴퓨터 접속기술<sup>(3)</sup>에 대한 연구가 세계적으로 진행되고 있다. 근적외선 분광법은 측정 방법에 따라 CW(Continuous wave), FD(Frequency domain), TD(Time domain)의 세 가지 방법으로 나눌 수 있으며, 본 논문에서는 FD 방식의 ISS사의 Imagent(그림1)를 이용하여 수염자극에 대한 쥐의 대뇌수염피질에서의 혈류변화량을 측정하고자 한다. 혈류변화를 측정하기 위해서는 HbO<sub>2</sub>, Hb의 흡수도가 같아지게 되는 800nm의 전·후 파장을 선택해서 측정하게 된다. 본 연구에 사용되는 Imagent system은 690, 830nm의 레이저 다이오드를 사용하며, 각각 110MHz로 변조되고, 위상 및 빛의 신호 강도 변화를 통하여 광학계수를 도출한다.

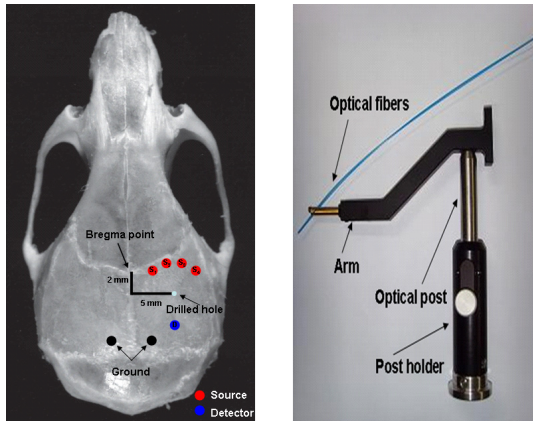
혈류변화를 측정하기 위해서는 변형된 Beer-lambert law(식1)를 이용하여 HbO<sub>2</sub>, Hb의 농도변화를 구할 수 있다.

$$\Delta OD = -\ln \frac{I_{final}}{I_{initial}} = \epsilon \Delta CLB, \Delta OD^\lambda = (\epsilon_{HbO}^\lambda \Delta [HbO] + \epsilon_{Hb}^\lambda \Delta [Hb]) B^\lambda L$$

$$\Delta [Hb] = \frac{\epsilon_{HbO}^{\lambda_2} \frac{\Delta OD^{\lambda_1}}{B^{\lambda_1}} - \epsilon_{HbO}^{\lambda_1} \frac{\Delta OD^{\lambda_2}}{B^{\lambda_2}}}{(\epsilon_{Hb}^{\lambda_1} \epsilon_{HbO}^{\lambda_2} - \epsilon_{Hb}^{\lambda_2} \epsilon_{HbO}^{\lambda_1}) L}, \Delta [HbO] = \frac{\epsilon_{Hb}^{\lambda_1} \frac{\Delta OD^{\lambda_2}}{B^{\lambda_2}} - \epsilon_{Hb}^{\lambda_2} \frac{\Delta OD^{\lambda_1}}{B^{\lambda_1}}}{(\epsilon_{Hb}^{\lambda_1} \epsilon_{HbO}^{\lambda_2} - \epsilon_{Hb}^{\lambda_2} \epsilon_{HbO}^{\lambda_1}) L} \quad \text{---(식1)}$$

여기서, I=빛의 강도,  $\epsilon$ =흡수체의 흡수도, B=differential pathlength factor, L=광원과 검출기의 거리 B(differential pathlength factor)값은 측정할 수 없기 때문에 문헌에 나와 있는 값을 사용했다.<sup>(4)</sup>

대뇌수염피질에서의 혈류변화를 측정하기 위해 다음과 같이 광학 프로브(core 400 $\mu$ m)를 설계했다.(그림1) 쥐의 수염 자극시 활성화되는 대뇌수염피질 영역의 해부학적 위치는 천공을 기준으로 후면 방향으로 약 1.8mm, 오른쪽 방향으로 4~7mm이다. 전기신호를 측정하기 위해 Urethane (1.25g/kg) 마취를 한 후, stereotaxic frame에 머리를 고정하고, 대뇌 수염피질 영역에 해당되는 위치의 두개골에 드릴을 이용해 작은 구멍을 만들었다. 전기신호 측정을 위한 전극은 stereotaxic의 manipulating arm을 이용해 삽입했다.



(그림1) 광원, 검출기, 전극 배치 및 광학 프로브

### 참고문헌

- [1] 이승덕 외, “근적외선 분광분석법을 이용한 수염자극에 대한 쥐 뇌의 혈류변화 연구“, 제14회 광전자 및 광통신 학술회의, FP-46, 2007
- [2] David A. Boas, et al, "Diffuse optical imaging of the whole head", *J Biomed Opt*, vol. 11, no. 5, pp.054007-1~10, 2006
- [3] Ranganatha Sitaram, et al, "Temporal classification of multichannel near-infrared spectroscopy signals of motor imagery for developing a brain-computer interface", *Neuroimage*, vol. 34, pp.1416-27, 2007
- [4] D. T. Delpy, et al, "Optical pathlength measurements on adult head, calf and forearm and the new born infant using phase resolved optical spectroscopy", *Phys Med Biol*, vol. 40, pp.295-04, 1995