

【文献調査】

Simulation of near-infrared light absorption considering individual head and prefrontal cortex anatomy: implications for optical neuroimaging

横山 宗平 廣安 知之 日和 悟

2017年10月03日

1 タイトル

個々の頭部および前頭前野皮質を考慮した近赤外光吸収シミュレーション：光ニューロイメージングへの影響

2 著者

F. B. Haeussinger, S. Heinzl, T. Hahn, M. Schecklmann, A. Ehli, A. J. Fallgatter

3 出典

PloS one, vol. 6, no. 10, pp.e26377, 2011

4 アブストラクト

機能的近赤外分光法 (fNIRS) は、神経活動を推測する機能的血行動態反応を測定するための確立された光学的神経イメージング法である。しかし、皮質灰白質内の血行動態を測定する fNIRS の感度に対する個々の解剖学的な構造の影響はまだ判明していない。23 人の健常な被験者 (平均年齢: (25.0 ± 2.8) 歳) のモンテカルロシミュレーションおよび構造的 MRI を用いて、24 の前頭前部 fNIRS チャンネルの下の組織の特異的な近赤外光吸収の個々の分布を特徴付けた。我々は、近赤外光が通る頭皮からの皮質距離 (SCD)、前頭洞容積および灰白質体積 (V_{gray}) 上の脈状形態、すなわち解剖学的依存性 fNIRS 感度の影響を調べた。オプトード間の近赤外光吸収は、最も深い 5% の光を考慮し、平均浸透の深さが (23.6 ± 0.7) mm の回転楕円体に分布していた。検出された光子のうち、頭皮および骨ではエネルギーの (96.4 ± 9.7) % および V_{gray} は (3.1 ± 1.8) % を吸収した。平均 V_{gray} 容積 (1.1 ± 0.4) cm^3 は、SCD および正面洞容積 ($r = -.57$) と負の相関 ($r = -.76$) があり、小さな前頭洞に比べて比較的大きな被験者では 41.5% 減少した。頭囲は平均 SCD ($r = -.46$) および横断正面洞容積 ($r = -.43$) と有意に正の相関があった。溝の形態は V_{gray} に大きな影響を与えなかった。我々の知見では、個々の SCD および正面洞の容積が fNIRS 感度に影響する解剖学的要因と考えることを示唆している。頭囲は、誤差分散のこれらの原因を部分的に制御する実用的な尺度を表すことができる。

5 キーワード

Central nervous system, Photons, Scalp, Ellipsoids, Cerebrospinal fluid, Skull, Magnetic resonance imaging, Monte Carlo method

6 参考文献

6.1 精神医学の神経イメージングの文献

[1] D. Linden, A. J. Fallgatter, Neuroimaging in psychiatry: from bench to bedside, Frontiers in human neuroscience, vol. 3, 2009

6.2 光の吸収と伝播に関する文献

[2] P. Crippa, V. Romeo, A band model for melanin deducted from optical absorption and photoconductivity experiments, Biochim Biophys Acta, vol. 538, pp. 164-170, 1978

6.3 光学分光法と脳機能イメージングに関する文献

[3] A. Villringer , B. Chance, Britton , Non-invasive optical spectroscopy and imaging of human brain function , Trends in neurosciences , vol. 20 , no. 10 , pp. 435-442 , 1997

6.4 近赤外光の伝播に関する文献

[4] P. Van der Zee , S. R. Arridge M. Cope , D. T. Delpy , The effect of optode positioning on optical pathlength in near infrared spectroscopy of brain , Oxygen transport to tissue XII , pp. 79-84 , 1990

[5] E. Okada , M. Firbank , M. Schweiger , R. Simon , M. Cope , T. David , Theoretical and experimental investigation of near-infrared light propagation in a model of the adult head , Applied optics , vol. 36 , no. 1 , pp. 21-31 , 1997

6.5 NIRS と fMRI の比較をした文献

[6] X. Cui , S. Bray , D. Bryant , G. Glover , A quantitative comparison of nirs and fmri across multiple cognitive tasks , Neuroimage , vol. 54 , no. 4 , pp. 2808-2821 , 2011

6.6 近赤外分光法を扱った文献

[7] M. M. Plichta , M. J. Herrmann , Event-related functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): are the measurements reliable? , Neuroimage , vol. 31 , no. 1 , pp. 116-124 , 2006

[8] M. D. Reynolds , J. M. Johnston , H. H. Dodge , S. T. DeKosky , M. Ganguli , Small head size is related to low mini-mental state examination scores in a community sample of nondemented older adults , Neurology , vol. 53 , no. 1 , pp. 228-228 , 1999

[9] M. Schecklmann , A. Ehlis , M. Plichta , A. Fallgatter , Functional near-infrared spectroscopy: a long-term reliable tool for measuring brain activity during verbal fluency , Neuroimage , vol. 43 , no. 1 , pp. 147-155 , 2008

6.7 脳血液を長期測定可能なシステムを構築した文献

[10] M. Cope , D. T. Delpy , System for long-term measurement of cerebral blood and tissue oxygenation on newborn infants by near infra-red transillumination , Medical and Biological Engineering and Computing , vol.26 , no. 3 , pp. 289-294 , 1988

6.8 前頭前庭の活性を検討した文献

[11] Y. Minagawa-Kawai , S. Matsuoka , I. Dan , N. Naoi , K. Nakamura , S. Kojima , Prefrontal activation associated with social attachment: facial-emotion recognition in mothers and infants , Cerebral Cortex , vol. 19 , no. 2 , pp. 284-292 , 2008

6.9 副鼻腔が ct に及ぼす影響を検討した文献

[12] S. Pirner , K. Tingelhoff , CT-based manual segmentation and evaluation of paranasal sinuses , European archives of oto-rhino-laryngology , vol. 266 , no. 4 , pp. 507-518 , 2009

[13] I. Park , Volumetric study in the development of paranasal sinuses by CT imaging in Asian: a pilot study , International journal of pediatric otorhinolaryngology , vol. 74 , no. 12 , pp. 1347-1350 , 2010

6.10 した文献

[14] B. Chance , J. Leigh , H. Miyake , D. Smith , S. Nioka , Comparison of time-resolved and -unresolved measurements of deoxyhemoglobin in brain , Medical and Biological Engineering and Computing , vol. 85 , pp. 4971-4975 , 1988

[15] E. Okada , D. Yamamoto , N. Kiryu , A. Katagiri , N. Yokose , T. Awano , K. Igarashi , S. Nakamura , T. Hoshino , Y. Murata , Theoretical and experimental investigation of the influence of frontal sinus on the sensitivity of the NIRS signal in the adult head , Oxygen Transport to Tissue XXXI , pp. 231-236 , 2010

6.11 近赤外光の伝播に関する文献

[16] P. Van der Zee , T. David , Simulation of the point spread function for light in tissue by a Monte Carlo method , Oxygen transport to tissue IX , pp. 2179-191 , 1987

[17] Y. Fukui , Y. Ajichi , E. Okada , Monte Carlo prediction of near-infrared light propagation in realistic adult and neonatal head models , Applied optics , vol. 42 , no. 16 , pp. 2881-2887 , 2003

[18] E. Okada , D. Delay , Near-infrared light propagation in an adult head model. i. modeling of low-level scattering in the cerebrospinal uid layer , *Applied optics* , pp. 2906-2914 , 2003

[19] D. A. Boas , J. P. Culver , J. J. StottA. K. Dunn , Three dimensional Monte Carlo code for photon migration through complex heterogeneous media including the adult human head , *Optics express* , vol. 10 , no. 3 , pp. 159-170 , 2002

6.12 モンテカルロ・シミュレーションを用いた文献

[20] C. K. Lee , C. W. Sun , P. L. Lee , H. C. Lee , C. C. Yang , C. P. Jiang , Y. P. Tong , T. C. Yeh , J. C. Hsieh , Study of photon migration with various source-detector separations in near-infrared spectroscopic brain imaging based on three-dimensional Monte Carlo modeling , *Optics express* , vol. 13 , no. 21 , pp. 8339-8348 , 2005

[21] X. Zhang , V. Y. Toronov , A. G. Webb , Simultaneous integrated diffuse optical tomography and functional magnetic resonance imaging of the human brain , *Optics express* , vol. 13 , no. 14 , pp. 5513-5521 , 2005

[22] V. Y. Toronov , X. Zhang , A. G. Webb , A spatial and temporal comparison of hemodynamic signals measured using optical and functional magnetic resonance imaging during activation in the human primary visual cortex , *Neuroimage* , vol. 34 , no. 3 , pp. 1136-1148 , 2007

6.13 散乱体に対するランベルトベールの法則を検討した文献

[23] A. Sassaroli , S. Fantini , Comment on the modified Beer–Lambert law for scattering media , *Physics in Medicine and Biology* , vol. 49 , no. 14 , pp. N255 , 2004