

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K10978

研究課題名(和文) 子どもの読字活動時における脳反応について

研究課題名(英文) Brain reactions during children's reading activities

研究代表者

森 健治 (MORI, Kenji)

徳島大学・大学院医歯薬学研究部(医学域)・教授

研究者番号：20274201

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：発達性読み書き障害(読字障害)の病態解明のため、読字障害を有する小学1年生10名と定型発達児小学1年生12名に音読・黙読時の左大脳半球の血流動態について近赤外線スペクトロスコピー(NIRS)を用いて解析を行った。左大脳半球に24ch装着。定型発達全例の結果、音読時・黙読時ともに左前頭前野外側部および左下後側頭部に酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度が上昇した。読字障害児は、同部位のoxy-Hb濃度上昇が乏しく読字障害児群におけるBroca野および左下後側頭部のoxy-Hb濃度は定型発達児群に対し有意に低下していた。読字障害児群においては、左頭頂部でoxy-Hb濃度の有意な上昇を認めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

定型発達児では音読時・黙読時ともに、Broca野および左下後側頭部にoxy-Hb濃度の上昇を認めたが、読字障害児群におけるBroca野および左下後側頭部のoxy-Hb濃度は、定型発達児群と比べ有意に低く、左頭頂部でoxy-Hb濃度の有意な上昇を認めた。1年生の定型発達児は、chunkingが可能で、左下後側頭部が活動していたが、読字障害児では逐次読みがみられ、decodingに關与する左頭頂部が活動していた。また、読字障害児においては、努力性の読みを裏づける代償的経路であるBroca野の活動が、乏しかった。読字障害の評価にNIRSが有用であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In order to elucidate the pathology of developmental dyslexia, near-infrared spectroscopy was performed on the hemodynamics of the left cerebral hemisphere during reading aloud and silently on 10 first grade elementary school students with reading disabilities and 12 typically developing elementary school students. Analysis was performed using 24 channels are attached to the left cerebral hemisphere. In all students with neurotypical development, oxy-Hb levels increased in the left lateral prefrontal cortex (Broca area) and the left lower posterior temporal region during both reading aloud and silent reading. Children with dyslexia had a poor increase in oxy-Hb concentration at the same site, and oxy-Hb concentrations in Broca area and left lower posterior temporal region in the dyslexia group were significantly lower than those in the neurotypical group. In the group of children with dyslexia, a significant increase in oxy-Hb concentration was observed in the left parietal area.

研究分野：小児神経学

キーワード：発達性読み書き障害 NIRS Broca 音読 黙読

1. 研究開始当初の背景

発達性ディスレクシア(読字障害)においては、聞いた語音のまとまりを処理する音韻処理能力に障害があるため、文字とその読みとの対応が自動化しないことが、基本的な病態と考えられている。

本症では解読(decoding)障害があり、文字に対応する音の想起に努力と時間を要する。さらに、単語や語句をひとまとまりとして認識すること(chunking)も非常に困難であり、逐次読みとなる。

大学生を対象として、読字活動時の脳反応について近赤外線スペクトロスコピー(NIRS: near-infrared spectroscopy)を用いて検討したところ、黙読・音読時における左前頭前野外側部(Broca野)の酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度変化量と、黙読速度との間には負の相関関係を認めた。黙読・音読時に認められた前頭前野外側部(Broca野)のoxy-Hb濃度上昇は、読字が苦手な学生における努力性の読みを反映していると考えられた。

2. 研究の目的

発達性ディスレクシア(読字障害)の病態解明のため、読字障害を有する小児と定型発達児において、音読および黙読時の左大脳半球の血流動態について近赤外線スペクトロスコピー(NIRS)を用いて解析を行った。

3. 研究の方法

対象は、定型発達の小児1年生12名と読字障害を有する小児1年生10名である。全例、右利き。本研究を行うにあたり、被験者および保護者に対して研究目的と方法を説明して同意を得た。ETG-4000(日立メディコ製)を用い、左大脳半球に24チャンネルのNIRSプローブ(縦3×横6、間隔3cm)を一番下段の中心がT3になるよう装着した。黙読および音読課題には、グリム童話の漢字かな交じり文(漢字総ルビ付き)を文字テキストとして使用した。黙読課題は、文字テキストを見せながら60秒間、黙読してもらった。各課題前に60秒間の安静課題(「あいうえお」を繰り返し読んでもらった)を挿み計2回、課題を施行し、2回分を加算平均し加算平均波形を求めた。続いて黙読課題と同様の方法で音読課題を施行した。

本研究は、徳島大学病院生命科学・医学系研究倫理審査委員会の承認(No.1671)を得て行った。

この研究にあたり、発達性ディスレクシア(読字障害)の診断は、特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン(診断と治療社 稲垣真澄 編)に準じて行った。全般的知能が正常であることを確認し、読字・書字困難の症状チェック表を用い、読字症状が7つ以上あるいは書字症状が7つ以上あることを確認する。次に、単音連続読み検査、単語速読検査の有意味語と無意味語、単文音読検査という4つのひらがな音読検査を実施して、音読時間が平均よりも2SD(標準偏差)以上遅い検査が2つ以上ある場合に発達性ディスレクシア(読字障害)と診断した。

4. 研究成果

黙読・音読時ともに読字障害児において一分間に読める文字数が有意に少なかった。

NIRS 検査時の黙読速度

小学1年生(定型発達): 363.8 ± 122.9 (文字数/分)
小学1年生(読字障害): 138.3 ± 84.7 (文字数/分)
p < 0.01

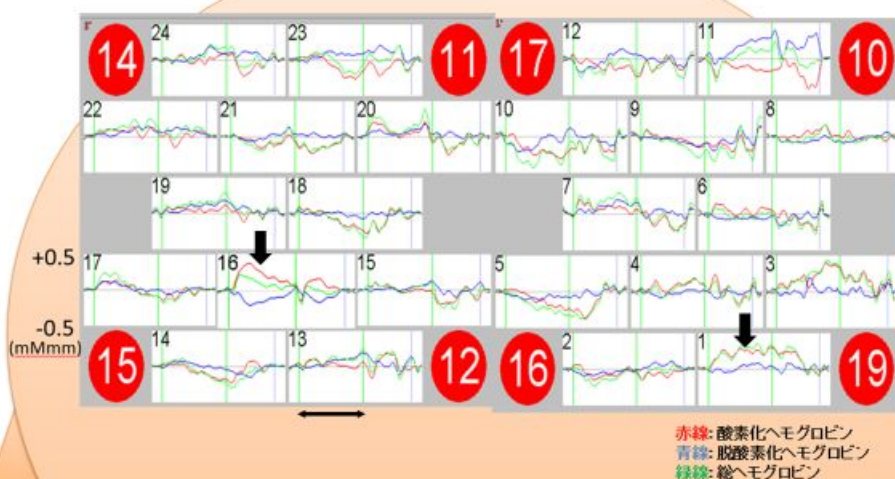
NIRS 検査時の音読速度

小学1年生(定型発達): 289.5 ± 83.6 (文字数/分)
小学1年生(読字障害): 86.3 ± 39.9 (文字数/分)
p < 0.01

定型発達の小学1年生12名全例の結果を平均化すると、音読時・黙読時ともに、左前頭前野外側部（Broca 野）および左下後側頭部にて酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）濃度の上昇を認めた。読字障害児においては、課題中、これらの部位のoxy-Hb濃度上昇が乏しく、読字障害児群におけるBroca野および左下後側頭部のoxy-Hb濃度は、定型発達児群と比較して、有意に低下していた（ $p < 0.05$ ）。それに対して、読字障害児群においては、左頭頂部でoxy-Hb濃度の有意な上昇を認めた（ $p < 0.01$ ）。

1年生の定型発達児は、chunkingが可能となっており、NIRS検査で左下後側頭部の活動が認められたのに対し、読字障害児においては、一文字ずつ対応する音に変換（decoding）しながらゆっくり読む逐次読みがみられ、decodingに関与する左頭頂部の脳活動が認められた。また、1年生の読字障害児においては、年長者の努力性の読みを裏づける代償的経路であるBroca野の活動が、まだ乏しかった。読字障害の評価にNIRSは有用であると考えられる。

小学1年生(定型発達)の平均トレンドグラフ(音読時)



左前頭前野外側部および左下後側頭部にて酸素化ヘモグロビン濃度の上昇が認められた(↓)。↔の間に刺激課題である文字テキストの音読を行った。

読字障害(小学1年生)の平均トレンドグラフ(音読時)



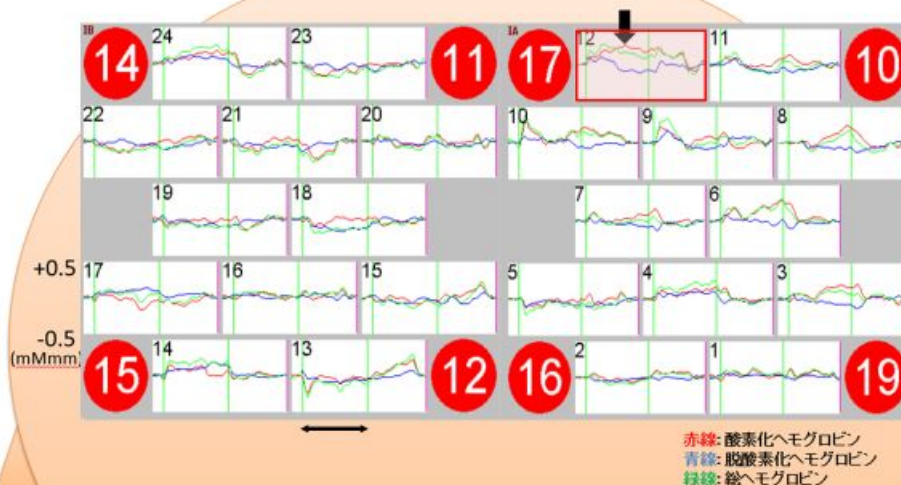
左前頭前野外側部および左下後側頭部にて酸素化ヘモグロビン濃度の上昇は認められず、左頭頂部で酸素化ヘモグロビン濃度の上昇を認めた(↓)。↔の間に刺激課題である文字テキストの音読を行った。

小学1年生(定型発達)の平均トレンドグラフ(黙読時)



左前頭前野外側部および左下後側頭部にて酸素化ヘモグロビン濃度の上昇が認められた(↓)。
↔の間に刺激課題である文字テキストの黙読を行った。

読字障害(小学1年生)の平均トレンドグラフ(黙読時)



左前頭前野外側部および左下後側頭部にて酸素化ヘモグロビン濃度の上昇は認められず、
左頭頂部で酸素化ヘモグロビン濃度の上昇を認めた(↓)。
↔の間に刺激課題である文字テキストの黙読を行った。

文字を対応する音に変換する解読 (decoding) には左頭頂部 (角回) が関与し、単語をまとまりで読む習熟した読み (chunking) には左下後側頭部 (紡錘状回) が関与している。左前頭前野外側部にある運動性言語野 (Broca 野) は発語、文法処理のほか音韻処理・解読 (decoding) にも補助的に関わるとされている。年長の読字障害児・者では Broca 野で強い活動が認められ、努力性の読みを裏づける代償的経路と考えられている。

今回、1年生の定型発達児は、chunking 可能となっており、左下後側頭部の活動が認められたのに対し、読字障害児においては、一文字ずつ対応する音に変換 (decoding) しながらゆっくり読む逐次読みがみられ、NIRS では左下後側頭部の活動は乏しく、decoding に関与する左頭頂部の脳活動が顕著であった。また、1年生の読字障害児においては、努力性の読みを裏づける代償的経路である Broca 野の活動が、まだ乏しかった。

NIRS は読字機能の評価に有用であり、読字障害のトレーニングの開発にも応用できると考えられる。今後、NIRS を用いてトレーニング効果を経時的に評価していく予定である。

文献

- 1) 高橋三郎, 大野 裕・監訳 . DSM-5 精神疾患の診断・統計マニュアル . 東京 : 医学書院 : 2014 . pp. 65-73 .
- 2) 関あゆみ . Learning disabilities and cerebral cortex : the overview from neuroscience . 大野耕策 , 斎藤義明・編 . 脳機能と症候からみる小児神経学 . 東京 : 診断と治療社 ; 2007 . pp.16-31 .
- 3) 稲垣真澄 , 小枝達也 , 小池敏英 , ほか・編 . 特異的発達障害 診断・治療のための実践ガイドライン-わかりやすい診断手順と支援の実際- . 東京 : 診断と治療社 ; 2010 .
- 4) サリー・シェイウィッツ . 読み書き障害 (ディスレクシア) のすべて , 東京 : PHP , ; 2006 .
- 5) Kronbichler L, Kronbichler M. The importance of the left occipitotemporal cortex in developmental dyslexia. *Curr Dev Disord Rep* 2018; 5:1-8.
- 6) Conant LL, Liebenthal E, Desai A, et al. Differential activation of the visual word form area during auditory phoneme perception in youth with dyslexia. *Neuropsychologia* 2020 ;146:107543. .
- 7) Borghesani V, Wang C, Watson C, et al. Functional and morphological correlates of developmental dyslexia: A multimodal investigation of the ventral occipitotemporal cortex. *J Neuroimaging* 2021;31:962-972.
- 8) Kuhl U, Neef NE, Kraft I, et al. The emergence of dyslexia in the developing brain. *Neuroimage* 2020; 211: 116633.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Chihiro Kawai , Kenji Mori , Tetsuya Tanioka , Feni Betriana , Keiko Mori , Tatsuo Mori , Hiromichi Ito	4. 巻 68
2. 論文標題 Usefulness of Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) for evaluating drug effects and improvements in medication adherence in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Medical Investigation	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chihiro Kawai , Kenji Mori , Tetsuya Tanioka , Feni Betriana , Keiko Mori , Tatsuo Mori , Hiromichi Ito	4. 巻 68
2. 論文標題 Usefulness of Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) for evaluating drug effects and improvements in medication adherence in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Medical Investigation	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森 健治、森 慶子、高橋久美、橋本浩子、野崎夏江、河井ちひろ、森 達夫、郷司 彩、伊藤弘道、東田好広、宮崎雅仁
2. 発表標題 読字活動時における脳反応について NIRSによる解析
3. 学会等名 第63回日本小児神経学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森 健治、森 慶子、高橋久美、中野沙織、橋本浩子、河井ちひろ、郷司 彩、森 達夫、東田好広、伊藤弘道、宮崎雅仁
2. 発表標題 絵本の読み聞かせ聴取時における脳反応について - NIRSおよび心拍変動を用いた解析 -
3. 学会等名 第62回日本小児神経学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 健治
2. 発表標題 絵本の読み聞かせ聴取時における脳反応について - NIRSによる検討 -
3. 学会等名 第38回日本小児心身医学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 健治、郷司 彩、森 達夫、東田好広、伊藤弘道、宮崎雅仁、香美祥二
2. 発表標題 NIRSを用いた読字課題時の前頭葉機能評価
3. 学会等名 第61回日本小児神経学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 健治、森 慶子、高橋久美、中野沙織、橋本浩子
2. 発表標題 絵本の読み聞かせ聴取時における脳反応について - NIRSによる検討 -
3. 学会等名 第27回日本小児心身医学会中国四国地方会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	原田 雅史 (HARADA Masafumi) (20228654)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(医学域)・教授 (16101)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高橋 久美 (TAKAHASHI Kumi) (40771085)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（医学域）・助教 (16101)	
研究分担者	森 慶子 (MORI Keiko) (40837225)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（医学域）・徳島大学専門 研究員 (16101)	
研究分担者	橋本 浩子 (HASHIMOTO Hiroko) (80403682)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部（医学域）・准教授 (16101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関