

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：33501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500495

研究課題名（和文） YES/NO 判定装置適応レベルの最重症神経筋疾患に対する作業療法支援の開発

研究課題名（英文） Occupational therapy program for the patient with severest neuromuscular disease of the YES/NO judgment device adaptation level

研究代表者

船山 朋子 (FUNAYAMA TOMOKO)

帝京科学大学・医療科学部・講師

研究者番号：20460389

研究成果の概要（和文）：

近赤外分光法を用いた脳血流量測定タイプの Yes/No 判定装置の正答率向上に対し、脳血流量聴覚フィードバック装置を開発し全身の随意運動が完全に困難となった TLS 患者の日常生活における生活機器の使用の可能性を、Yes/No 判定装置と環境制御装置の接続から検討した。結果、脳血流量聴覚フィードバック装置システムの有用性および聴覚フィードバックの脳血流コントロール効果が示唆され、生活機器との接続の可能性も高まった。TLS 患者においても、残存機能を適切に評価し環境改善を行うことで、作業能力向上へ繋がる可能性が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

To improve the accuracy of the yes/no devices that response cerebral blood flow by near infrared spectroscopy, we developed a cerebral blood flow auditory feedback device. We also investigated the possibility of this device as daily living aids suggested Totally locked-in State (TLS) by connecting a yes/no device to an Environmental Control System. The study showed the usefulness of the auditory devices systems by the blood flow, as well as the effectiveness in controlling auditory feedback by the blood flow. These results raised the possibility to connect this device to the home appliances. The study suggested that adjustment of the environment, such as using this device, and the appropriate evaluation of the remained patients' functions can improve the ability to participate the lives even for the severest patients, such as the TLS, who completely lost their mobility.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：意思伝達、重度神経筋疾患、作業療法、リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

運動神経疾患患者の多くは、身体状況に合わせて福祉機器を利用しながら生活している。現在では、僅かでも運動可能であれば多様なスイッチを操作し意思伝達装置や環境制御装置を使うことができ、作業療法では、スイッチの適合評価や福祉機器操作練習から自律・自立した生活に向け環境調整が行われている。しかし、筋萎縮性側索硬化症 (ALS) をはじめとする進行性の疾患患者は、運動麻痺が進み全身の随意運動が完全に麻痺した状態 (totally locked-in state, TLS) となると、自ら主体的に利用できる福祉機器は、意思表出手段としての Yes/No 判定装置のみとなる。しかも、その Yes/No 判定装置の正答率は低く、誰もが利用できる状況ではない。Yes/No 判定装置は、脳機能測定を用いて実施されるため、Yes/No 判定正答率向上には、意図的な脳機能のコントロールが必要となるが、一定したコントロールの実施は容易ではない。当然、Yes/No 判定装置を他の機器との連動である環境制御装置 (Environmental Control System, ECS) の利用も難しい状況である。

2. 研究の目的

脳機能変化の自己コントロールに有効なタスク、残存機能である感覚機能を用いたフィードバック方法、センサの調整、解析システムの構築法を検討し、TLS 患者の Yes/No 判定の正答率を向上させ環境制御装置との連動を図り、実生活における ADL・QOL 向上に繋げることを目的とした。

3. 研究の方法

TLS 患者が使用する近赤外分光法 (Near Infrared Spectroscopy, NIRS) 型 Yes/No 判定装置の正答率向上のため、脳血流量コントロール能力向上に対する脳血流量聴覚フィードバック装置を開発し、この装置の有効性と聴覚フィードバック効果の検証を行った。さらに、TLS 患者の生活機器との接続の可能性を、脳血流量測定装置と環境制御装置の接続方法から検討した。

(1) 脳血流量聴覚フィードバックシステムの開発

我々は、脳血流量測定装置 (エクセルオブメカトロニクス社製 YN-502)・脳血流量測定データ制御パソコン・リアルタイムデータ処理パソコン・スピーカーから成る、自身の脳血流量変化を測定と同時に聴覚で確認することが可能なシステムを開発した。酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb) の濃度変化を対象者へフィードバックするため、濃度変化の測定結果データをリアルタイムでデータ処理音変換 PC へ転送されるようメーカーへ脳血流量測定装置を製作依頼し、さらに、我々自身に

て、データ処理 PC にて Oxy-Hb 濃度変化を音の高低へ変換するプログラミングを LabVIEW にて実施した。

(2) 聴覚フィードバックによる脳血流量コントロール効果の検証

我々が開発した脳血流量聴覚フィードバックシステムを用いて、聴覚フィードバックの効果を健常者 7 名にて検証した。40~60 歳の男性 5 名、女性 2 名、平均年齢 49.3 歳であった。

(3) Yes/No 判定装置と生活機器の接続

Yes/No 判定装置を生活機器と連動させるには、機器同士を接続させること、機器の動作時間内に人が操作できることの 2 点が必要となる。機器同士の接続は、Yes/No 判定装置の出力を USB 端子や LAN 端子などの通信ポートへ行うようプログラムを改造すれば可能となるため、本研究では機器の動作時間内に人が操作できる方法を検討した。

4. 研究成果

(1) 聴覚フィードバックシステム利用の可能性。

我々が開発した、自身の脳血流量変化を測定と同時に聴覚で確認することが可能なシステムでは、音の高低は、Oxy-Hb モル濃度に対する信号電圧の値に定数をかけ、この値に基準となる 440 を加えて音の周波数となる数値を、LabVIEW によりプログラミングし作り出している。LabVIEW で容易に制御できる音源はビーブ音のみであるので、スタート時は 440Hz のビーブ音が出力されることになる。

音の周波数、すなわち音程を任意に変更することも容易に可能であるが、今回は 7 名中 7 名全てにおいて、440Hz の音程で問題は無かった。実際センサを装着し実験したところ、センサの感度に差があるということが判明したが、今回は得られたデータを手動にて修正することで解決した。このため、収集した Oxy-Hb 全てのデータを音に変換することが可能であった。

この脳血流量聴覚フィードバック装置を使って、脳血流量コントロール効果を検討した結果、後述の聴覚フィードバックの脳血流量コントロール効果での検証の通り、聴覚フィードバックの有効性が示唆された。

(2) 聴覚フィードバックの脳血流量コントロール効果

開発した脳血流量聴覚フィードバックシステムを使い、聴覚フィードバックの有無からタスク時の Oxy-Hb 変化量を求めた。

測定開始前 5 秒間を信号強度のベースとし、最初の 30 秒を安静 (リラックス)、次

に脳血流量を増大させるための手指屈曲運動のタスクを 30 秒実施、その後再び 30 秒の安静を実施するという、30 秒単位での安静とタスクを繰り返し、聴覚フィードバックの有無における Oxy-Hb 変化量を求めた。

結果、聴覚フィードバック無より有の Oxy-Hb 変化量が増加していたものは 7 名中 5 名、そのうち変化の幅が顕著にみられていたものは 4 名、聴覚フィードバック無より有で Oxy-Hb 変化量が減少していたものは 2 名であった。また、安静時とタスク時の Oxy-Hb 量の比較では、聴覚フィードバック無とどちらにおいても 7 名中 7 名が、安静時よりタスク時に Oxy-Hb が増大していた。

計算方法は、まず Oxy-Hb 変化量を求め、次に聴覚フィードバックの有無で差を比較した。Oxy-Hb 変化量の計算式は以下の通りである。

$$\sum_{i=30}^{60} \left| \frac{D-M}{M} \right| - \sum_{i=0}^{30} \left| \frac{D-M}{M} \right|$$

M は測定 0~30 秒の平均、D は各実測値、i は測定時からの秒数を現している。血流量変化の指標となる Oxy-Hb の相対信号強度から、初回 30 秒安静時平均を基準とした各実測値との変化量を求め、次に、安静時 (0~30 秒) とタスク時 (30~60 秒) の平均変化量を算出した。聴覚フィードバック無における Oxy-Hb の変化の計算結果を Table. 1 に示す。

Table. 1 Oxy-Hb change with tusk

ケース	聴覚フィードバック無		
	安静時	タスク時	変化(差)
A	132.64	133.98	1.34
B	569.20	759.10	189.90
C	57.41	91.98	34.57
D	157.90	432.10	274.20
E	233.00	357.00	124.00
F	245.90	2525.80	2279.90
G	79.58	252.90	173.32

次に聴覚フィードバック有無で Oxy-Hb 変化量の差を求めた。計算式と結果は下記の通りである。

$$\left(\sum_{i=30}^{60} \left| \frac{D-M}{M} \right| - \sum_{i=0}^{30} \left| \frac{D-M}{M} \right| \right)_{\text{WSFB}} - \left(\sum_{i=30}^{60} \left| \frac{D-M}{M} \right| - \sum_{i=0}^{30} \left| \frac{D-M}{M} \right| \right)_{\text{WOSFB}}$$

ここで、WSFB は聴覚フィードバック有、WOSFB は聴覚フィードバック無を表す。聴覚

フィードバック有の Oxy-Hb 変化量が聴覚フィードバック無の Oxy-Hb 変化量より多いケースは 7 名中 5 名、減少したケースは 2 名であった。結果を Table. 2 に示す。Oxy-Hb が増加した者のうち、比較的变化の少ない 0~99 のケースは 1 名、比較的变化の大きい 100~999 までのケースが 1 名、1000 以上のケースが 3 名であった。変化量変化の程度を 0~99 までの増減を (+)、100~999 までを (++)、1000 以上を (+++) と表記した場合のケース別の変化を Table. 3 に示す。

聴覚フィードバック有が無より Oxy-Hb 変化が減少していた 2 名はともに、聴覚フィードバック無でも既に Oxy-Hb 変化が大きいケースであった。このことから、聴覚フィードバックは特にタスク効果が低い場合に脳血流量コントロールに効果的であることが考えられた。

Table. 2

Oxy-Hb change with auditory feedback

ケース	聴覚フィードバック無 変化量	聴覚フィードバック有 変化量	聴覚フィードバック 有無の差
A	1.34	1094.00	1092.66
B	189.90	4890.17	4800.27
C	34.57	97.54	62.97
D	274.20	2465.20	2191.00
E	124.00	721.00	597.00
F	2279.90	355.66	-1924.24
G	173.32	124.90	-48.42

Table. 3 Categorized list Oxy-Hb change

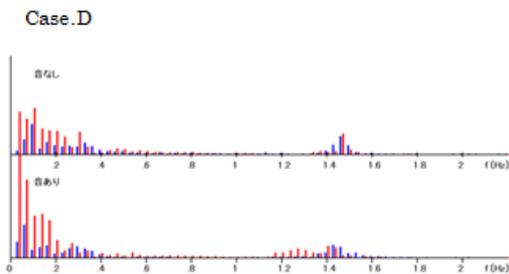
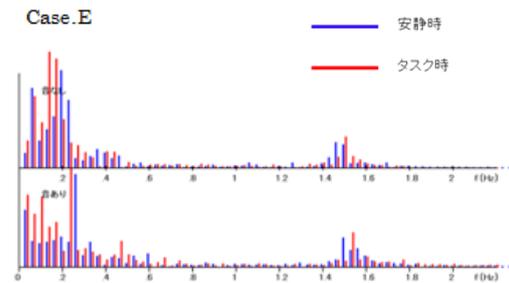
ケース	聴覚フィードバック無 変化量	聴覚フィードバック有 変化量	聴覚フィードバック 有無の差
A	+	+++	+++
B	++	+++	+++
C	+	+	+
D	++	+++	+++
E	++	++	++
F	+++	++	---
G	++	++	-

この筋収縮を伴う手指屈曲運動の手法による脳血流量コントロール法は、全身の筋が麻痺した TLS 患者にそのまま適応することはできない。しかし、手指屈曲運動の指令にて脳血流量が変化する可能性はあると考えられる。今後、感覚フィードバックが脳機能にどのような変化をもたらすのか、TLS 患者の運動麻痺の状態と脳および感覚機能の関係性を明らかにしていく中で、活用法が明らかに

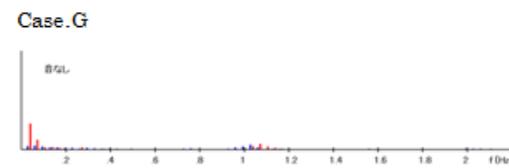
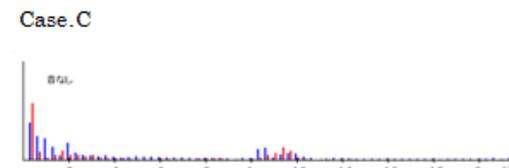
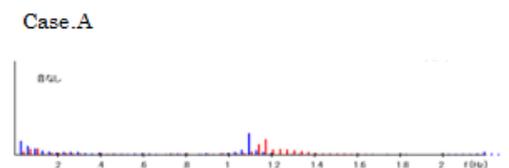
なる可能性があると考える。

この他に、聴覚フィードバックは、脳血流量の増減のみならず周波数スペクトルをも変化させる可能性があることが判明した。周波数スペクトルの強度分布からは以下の4点の特徴がみられた。

①聴覚フィードバックにより、高周波側にずれたケースが1名 (Case. E)、逆に低周波側にずれたケースが1名 (Case. D)であった。



②全体のOxy-Hb変化が緩やかなケースが3名おり (Case. A, Case. C, Case. G)、3名全てに低周波領域のピークが長く尾を引く (1/f 的) スペクトルの傾向がみられた。



③低周波領域のスペクトルが非常に大きくなっていったケースが1名 (Case. E)であった。

④0.4Hz付近にピークがあるケースが6名、1.2~1.4Hz付近にピークがあるケースが7名であった。

これら周波数スペクトルの特徴から、今回は Yes/No 判定装置の判定処理スピードの向上に関しては検討していないが、脳血流量の増減のみならず周波数スペクトルも捉えた判定法を用いることで、脳血流量 Yes/No 判定装置の処理スピードが向上する可能性が見出された。聴覚フィードバックでは、音を聞き取ろうとする注意力、音の高低に対する判断力、期待する音程に近づけようと力を加減するコントロール能力等が必要とされる。これらの反応程度や音そのものが与える刺激が、スペクトルのシフトや特定領域のスペクトル強度へ影響を与えている可能性があることも考慮すべき点であることと考えられる。

(3) 生活機器利用の可能性

TLS 患者がベッド・電話・テレビ・エアコン等の生活機器を使用するには、現在 TLS 患者が唯一主体的に使用している福祉機器である Yes/No 判定装置と生活機器を連動させる必要がある。運動障害を持つ神経筋疾患患者が利用している、眼瞼の動きや呼気・吸気 (ブレスマイクスイッチ) 等のスイッチの多くは、環境制御装置と接続が可能であるため、随意運動が完全に困難となった TLS 患者が生活機器を利用する際にも、環境制御装置を利用することが有効であると云える。そして、Yes/No 判定装置を生活機器と連動させるには、機器同士を接続させること、機器の動作時間内に人が操作できることの2点が必要となる。

機器の動作時間内に人が操作するためには、利用者の意思決定に要する時間、すなわち、Yes/No 判定の判断速度が、環境制御装置が生活機器を選ぶチャンネル選局速度と一定時間反応が無い場合に情報がリセットされる復帰時間以内でなければならないが、Yes/No 判定に関しては、前述 (1) (2) の対象者自身による脳血流量コントロール向上より判定速度が向上する可能性が高まったことが判明した。この他に本研究では、環境制御装置による選局方法に対し試験的に環境制御装置 (アイホン ECS-65X) の情報入力部分を手動で操作する自作の外部接続スイッチと接続可能となるよう改造することで検討を行った。

結果、特に問題なく自作外部スイッチにて環境制御装置を介して生活機器を操作することが可能であり、環境制御装置の機器選定

部分がシーケンシャルにリレーが選択される方法がとられていることから、選択肢の数を減らすこと、または1とすることで、この作業工程を減らせることが判明した。検討した環境制御装置（アイホン ECS-65X）は、1または2チャンネルによるスイッチからの情報をシーケンシャルにて、最大 10 の使用する生活機器の数だけリレー選択する方法がとられている。選択肢を1とすると、1つの生活機器しか使用できないが、機器の on・off は可能となる。以上の Yes/No 判定速度の向上と選択肢を削減することで、Yes/No 判定装置と環境制御装置の連動の可能性が高まることが判明した。

また、多くの環境制御装置が有している学習機能を使うこと、Yes/No 判定装置より出力された信号をバッファしておき最終的に環境制御装置に対応する信号としてから環境制御装置に転送することにより、高度な機器操作を行うことも可能になると考えられた。この信号をバッファしておく方法で新たに必要となる装置は、安価なワンチップマイコンとわずかな部品のみであり、大きな改造はせずに調整が可能である。さらに、NIRS を用いた脳血流量測定技術の利用可能性に関しては、脳血流量の増減に関する信号が検出できれば「Yes・No」「on・off」操作のみならず、「徐々に強く・弱く」といった段階的な操作を行うことも不可能ではない。我々は、対象者の状態に合わせて容易に設定変更できるよう LabVIEW を用いて、簡易型脳血流量測定装置を試作している。この簡易型装置では、脳血流量の増減に関する信号が検出できることを確認しており、信号パルスは、データロガーや USB 接続デジタル入出力モジュールとソリッドステートリレーを用いて容易に環境制御装置に出力できている。この脳血流量の増減と環境制御装置の選局速度および復帰時間を対応させた信号パルスを作製すれば、将来的には段階的な操作も不可能ではないことが判明した。

本研究の結果、聴覚フィードバックが脳血流量コントロール向上および Yes/No 判定時間の短縮に繋がる可能性が明らかになった。また、装置の接続法や手順の変更により、さらに Yes/No 判定の判断速度が、環境制御装置の選局速度と復帰時間以内に収まる可能性が高まることが判明した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

①医療福祉分野への GUI プログラミングソフト導入のための基礎的検討, 岡田千裕, 木暮嘉明, 船山朋子, 内田恭敬, 帝京科学大学

紀要, 査読有, 7 巻, pp55-59, 2011

②Interaction of Phonons with Dislocations, Y.Kogure, T. Kosugi, T. Nozaki, Chinese Journal of Physics, 19, 査読有, pp.373-383, 2011

③意思伝達のための簡易ヘモグロビン測定装置の試作, 岡田千裕, 木暮嘉明, 船山朋子, 萩原宏毅, 三浦美紀, 内田恭敬, ヒューマンインターフェース学会研究報告集, 12, 査読無, pp5-10, 2010

[学会発表] (計 10 件)

①Yes/No 装置連動型聴覚フィードバック装置の試作. 船山朋子, 木暮嘉明, 本間信生, 萩原宏毅, 三浦美紀, 倉井信治, 内田恭敬, 生活生命支援医療福祉工学系連合大会 2011, 査読有, 東京都港区, p35, 2011.11.3

②Properties of Ag₂O-MoO₃ and In₂O₃ Compounds as Visible Light Resonsive PhotoCatalysis. K.Kuribayashi, H.Harigae, Y.Suzuki, Y.Uchida, E-MRS, (Nice, May) T-P-1, 2011.5.9

③近赤外分光法を用いた脳血流量測定装置の製作とその応用, 岡田千裕, 木暮嘉明, 船山朋子, 内田恭敬, 計測自動制御学会 SI 部門ロボット・セラピー部会第 6 回研究成果学生発表会, 東京都文京区 pp.14-15, 2011.2.20

④医療福祉関係者への LabVIEW 導入. 岡田千裕, 木暮嘉明, 船山朋子, 内田恭敬, 秋季応物, 71, 長崎市, 15a-P6-13, 2010.9.15

[図書] (計 1 件)

萩原宏毅, 松村喜一郎, 南江堂, 筋強直性筋ジストロフィー. 神経疾患最新の治療, 2009, p306-308

6. 研究組織

(1) 研究代表者

船山 朋子 (FUNAYAMA TOMOKO)
帝京科学大学・医療科学部・講師
研究者番号：20460389

(2) 研究分担者

内田 恭敬 (UCHIDA YASUTAKA)
帝京科学大学・こども学部・教授
研究者番号：80134823

萩原 宏毅 (HAGIWARA HIROKI)
帝京科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：80276032

木暮 嘉明 (KOGURE YOSHIKI)
帝京科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：20016124

本間 信生 (HOMMA NOBUO)
帝京科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：20252017

(3)連携研究者

清水 輝夫 (SHIMIZU TERUO)

帝京大学・医学部・教授

研究者番号：00107666