研究ノート

脳の活動とこころをかさねて観るコミュニケーション支援の可能性について

小林貴代[1)]、政吉貞雄[2)]、伊津野徹[3)]、酒匂泰智[4)]、高延政之[4)]

[1)]森ノ宮医療大学　作業療法学科、[2)]ニューロスカイジャパン株式会社、
[3)]株式会社アグレックス、[4)]ケアショップハル

要　旨

筋萎縮性側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis：ALS）患者の中には、筋肉の麻痺による意思の表出方法を失うことで、最小限のコミュニケーション状態（minimal communication state：MCS）から完全封じ込め症候群（Total Locked in State：TLS）に移行する症例が報告されている。MCS・TLS患者のコミュニケーションツールとして、脳波・脳血流量・眼電・筋電・微細生体電位などの出力を備えた最先端技術の入力センサーがある中、生活場面で家族が容易に入手・使用できる機器の開発や展開が求められている。今回、簡易脳波計「こころかさね」が、集中とリラクゼーションのセルフコントロールによる、簡易呼び出し装置（コール）などに活用できないかと考え、予備研究を行った。「こころかさね」のソフトにある訓練用ゲームを導入して、医療系大学生などの健常者において、脳波のセルフコントロールがどの程度可能であるのかを試みた。

キーワード：ALS、TLS、脳波、こころかさね、簡易呼び出し装置

連絡先：小林　貴代　KOBAYASHI Kiyo
〒559–8611　大阪市住之江区南港北1–26–16
森ノ宮医療大学保健医療学部看護学科

Ⅰ　はじめに

神経筋難病の一つである筋萎縮性側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis：ALS：以下ALSと略す）は、10万人に対して2〜6人の頻度で、人種や地域に関係なく、同様な頻度で認められる疾患である。男女による発症の差は世界的にみると、1.6/1.0（男/女）で、男性にやや多い傾向にある。発症年齢は、10代から90代までで、中高年に多く発症している。家族性のALSは約10%である。ALSの予後に関して、これまでは、呼吸器を選択しなければ、約3年から5年で死亡するとされ、このような現状は「今までのALS観」[1)]と表現されていた。しかし、ALSの呼吸運動系を含めた運動障害を伴いつつも、長期にわたり療養できることが分かり、ALSそのものが要因で死亡することはなくなってきた。ALSの医療的ケアは、「今までのALS観」から、「新しいALS観」へと変わり、その生活の質の向上を、目指すようになりつつある。そのため、失われゆく身体機能の代替としてのコミュニケーション支援が重要となり、作業療法士などの支援専門職に、支援技術と最先端のコミュニケーション機器の開発・導入が求められるようになってきた[1)]。

ALSは、難病（特定疾患）の中でも、進行性の経過をたどり、呼吸や嚥下機能を中心とした生命維持活動や、移動移乗・排泄等の日常生活活動において、進行状況に合わせた対応が必要となる。症状や進行に個別性はあるが、陰性兆候とされてきた眼球運動さえ困難となる場合もある。運動呼吸障害の進行によって、非侵襲性人工呼吸器（non-invasive positive pressure ventilation：NPPV）・侵襲性人工呼吸器（tracheostomy positive pressure ventilation：TPPV）に移行した当事者群の中に、完全封じ込め症候群（Totally Locked in State：TLS）へと進行する場合がある[2)]。

音声でのコミュニケーションが困難となった重度障害者のコミュニケーション代替方法には、人工呼吸器装着などに伴い、失われゆく運動機能の代わりに、先端技術を駆使した、スイッチ、センサーなどが導入される。最先端技術の進歩に伴い、微弱な筋収縮などを感知する筋電センサー、空気圧や摩擦・歪に反応するピエゾセンサー、静電気などを感知する帯電式センサー、光センサー等多くの機器が開発されてきた。しかしながら、病状の進行に伴い、TPPV（侵襲性人工呼吸器）装着者の1割にMCS（minimal communication state：最小限のコミュニケーション状態）から、TLS（Total Locked in State：完全封じ込め症候群）を発症する可能性と事実が、数十年という短い人工呼吸器導入の歴史の中から分かってきた[3)4)]。人工呼吸器装着が生命維持の大きな選択であったが、随意的な表出が困難となり、「Yes/No」の確認さえできない状況に陥る現実が、そのあとにまた大きな転機として訪れることとなる。陰性兆候とされていた眼球運動障害が出現する最終ステージにおいては、外界とのコミュニケーションが遮断されることが予想され、本人は大きな不安に襲われる。家族も一方的な介助を行うしかなく、ストレスになると考えられる。そんな中、BMI（Brain Machine Interfaces）・BCI（Brain Computer Interfaces）として、脳波や脳血流量の研究がすすめられている（図1）。運動でのコミュニケーションの表出が困難な重度障害者にとって、脳波や生体電位を検知するコミュニケーション手段が必要であり、在宅で簡易に導入できる機器の開発が早急に求められている。

本研究では、自宅などでも導入しやすい簡易脳波計を用いて、脳波のセルフコントロールが、入力スイッチとして実用可能か検討することを目的とし、健常者を対象として予備研究を行った。

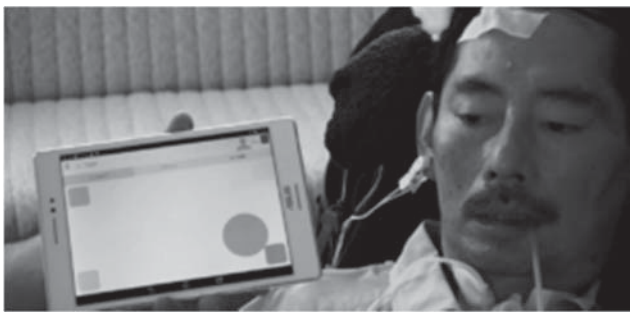


図1　日本ALS協会　会長　岡部さん
（こころかさねにて、脳波を計測している風景）

本研究は、森ノ宮医療大学　研究倫理審査部会にて承認を得て開始した（承認番号：2017-003. 2017年4月25日承認）。

Ⅱ　研究の目的

重度コミュニケーション障害を持つALS患者の、簡易脳波計活用の予備調査として、「こころかさね」のソフトの中にある訓練用ゲームを使用して、健常者を対象とした脳波のセルフコントロールの可能性ならびに人と機器の融合体であるヒューマンデバイスとしての可能性を探ることを目的とした。

Ⅲ　対象及び方法

1. 対象

医療系大学　学生　95名

2. 方法

1）アンケート用紙作成

β波出現に関わる要因とα波出現に関わる要因を具体的に想起しやすくするため、アンケートを作成した。アンケート内容としては、①一般事項（氏名・年齢等）、②集中してかつ興奮しやすい（β波を抽出しやすい）想起内容、③リラックスしやすい（α波を抽出しやすい）想起内容、に分け、作成した（図2）。

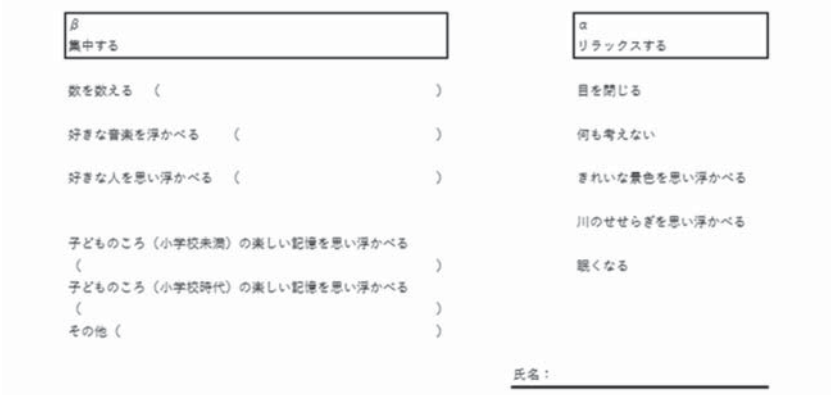


図2　アンケート：β波出現に関わる要因とα波出現に関わる要因

2）アンケート記入

当日参加予定者を一堂に集め、研究の目的・説明・アンケート記入方法・研究の方法などの説明を行った。個別の例を挙げ、好きな歌・人・楽しい思い出などを、できるだけ自分の人生を振り返りながら、想起し具体的に記入してもらった。そして、最後に、順位の高いものから、ゲームの想起刺激として取り掛かるため、項目の順位付けを行った。

3）実験

①個別に入室する

②アンケート記入内容を確認し、ゲーム手順を説明する

ビッグ＆スモールゲーム（α波・β波の切り替えを目的とするゲーム）は、前半ボールが大きくなるよう念じβ波を出現させ、後半ボールが小さくなるようリラックスしα波を出現させるということを具体的に説明する

③「こころかさね」を装着する

④装着用デバイスと本体「こころかさね」のペアリングを確認する

前額部装着デバイスと本体のブルートゥースにてのペアリングを確認し、画面上の脳波も確認する。安定した状態になってから可視化ソフト「こころもよう」を立ち上げる（図3）。

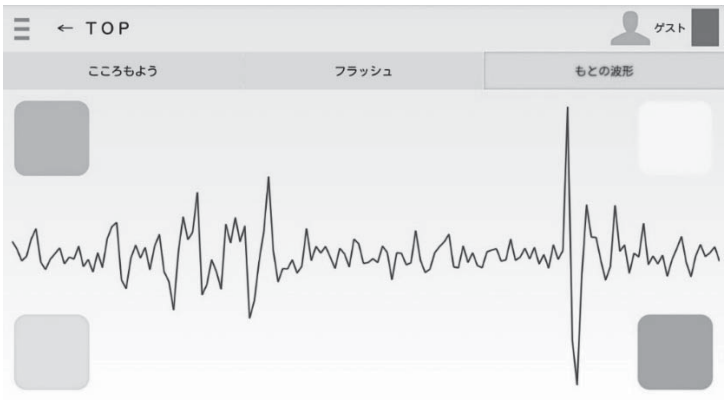


図3　こころもようの脳波形を確認している画面

⑤「こころもよう」を立ち上げる

「こころもよう」を立ち上げ、波形が可視化されたボールの状態を観察する。リラックスした状態のα波（寒色系）（図4）集中した状態のβ波（暖色系）の動きやボールの色・大きさを観察する（図5）。

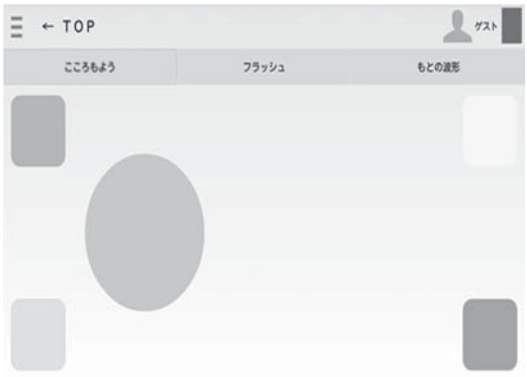


図4　安定したα波（青色）出現状態



図5　集中したβ波（赤色）出現状態

⑥簡易心拍系で計測する

「こころかさね」導入前に、簡易心拍計に両側の示指を乗せ3分間の安静・リラックスを行う（図6）。



図6　ゲーム開始前のリラックス



図7　ゲーム風景

⑦ビッグ＆スモールゲームの実施

ゲームの説明を行い、想起内容を再確認して、ゲームを開始する（図7）。

最初に集中するイメージを確認し、リラックス時は何も考えないよう指示する。前半は集中し「大好きな○○を思い描こう」等々、後半はリラックスした状態を作るよう努力してもらう。（設定時間は前半・後半で10秒）

前半集中でき、後半リラックスできれば、成功として、楽しい音楽が流れ、コントロールできなかった場合は、失敗の音楽が流れるように設定してある（図8）。

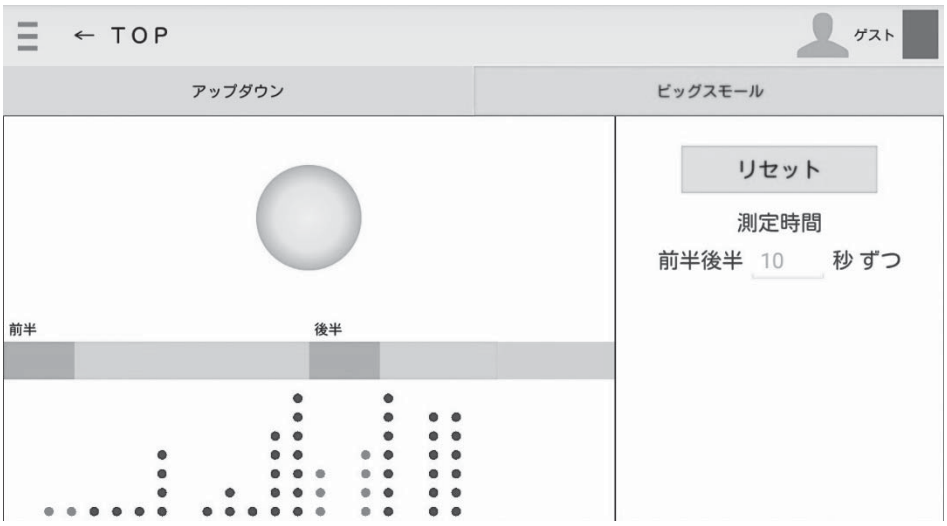


図8　事前アンケートにて聴取した要因をイメージして、集中した状態をコントロールし、ボールを大きくさせるビッグ＆スモールゲーム

⑧結果を記入する

3回実施し、刺激の要因なども調整しながら、成功回数などゲーム成功・失敗の結果を記入

する（図9）うまくリラックスできなかった者には、「きれいな景色を思い浮かべてください」・「ぼーっとしてください」などの声掛けをしたなどのアドバイスも記入する。集中できなかった人には、想起する要因を、順位付けされた順番に変更した旨も記入する。

No.　　藤ノ森医療大学　こころかさね　研究用

	氏名				想起刺激				
	年	月	日	時間	ゲーム内容	回数	ビッグ	スモール	達成	備考
1				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		
2				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		
3				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		
4				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		
5				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		
6				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		
7				AM　PM　：　～　：	ビッグスモール	1回目	○　×	○　×	可	
						2回目	○　×	○　×	不可	
						3回目	○　×	○　×		

図9　ゲーム成功率記入用紙

⑨ゲームの終了（簡易心拍系で計測する）

ゲーム終了後にもう一度、簡易心拍系にて計測し、リラックスしてもらう。

その後、口頭で感想などを聞き、終了する。

⑩データ収集・解析

タブレット本体に記録されたデータを後で抽出する。記録用紙の時間とタブレット内の時間を照合し、ゲームでの反応を介しての脳波の状態を分析する。

3. 実験機器

研究機器としてNeuroSky社製簡易脳波測定器である「こころかさね」を導入した。ニューロスカイジャパン株式会社とアグレックスとの共同開発プロジェクトであり、医療機器・福祉用具ではなくエンターテイメント・ウェルネス領域の製品である。「こころかさね」は、ニューロスカイ社製の簡易型脳波センサーに、額から得られた電気信号を可視化するソフト「こころもよう」を一体化したものである。額装着のデバイスから、本体タブレットにブルートゥースでペアリングし、簡易に日常生活の中に導入が可能である。主な付属品としては、通常版7インチタブレット（こころかさねPlusアプリインストール済：データの記録及び出力可能版）・ヘッドセット型デバイス・集中トレーニングゲーム・リラックストレーニングゲームである。今回の研究においては、簡易型心拍系も同時に導入し、脳波と心拍などの関係性も観察できるように設定した（図10）。



図10　こころかさね

4. 実験場所

個室（350cm×470cm）にて、椅子・机・壁面には不要なものは何も置かず、明るさなども一定にした、集中できる環境を整えた。説明やアンケート記入は複数で行った。簡易脳波計での試行は個別に実施した。

Ⅳ　結果

回数別成功率

想起内容には個別性があり、頭の中だけで想起する経験は今までになく、ゲーム中に自己コントロールの達成感を得ることは、難しそうであった。ゲームは3回実施した。成功率をみると、1回目成功率68.4％、2回目成功率65.3％、3回目成功率75.6％と、慣れてきた状態のほうが成功率は高くなり、練習の効果は見られた（図11）。力を入れすぎて、筋肉に力が入ったり、視点を凝視・注視したり、目を閉じたりと、注意事項に挙げているような行動も多くみられ、修正をその都度行った。

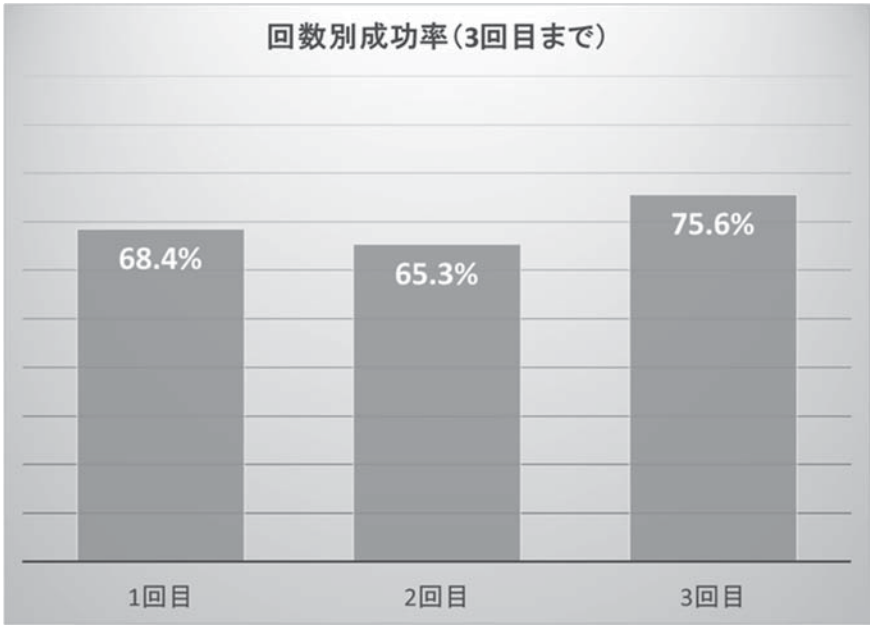


図11　回数別成功率

成功の内訳

3回ゲームを実施した中、すべて成功できた人は、36%であった。

初めて行う脳波のコントロールだが、集中とリラックスの切り替えが成功し、コントロール可能であった者が1/3であった。逆に、3回とも失敗した者は、5%だった。（図12）。集中がうまく行えなかった群、リラックスがうまく行えなかった群、双方とも高すぎ、もしくは低すぎ、差が出にくかった群などの特徴がみられた。

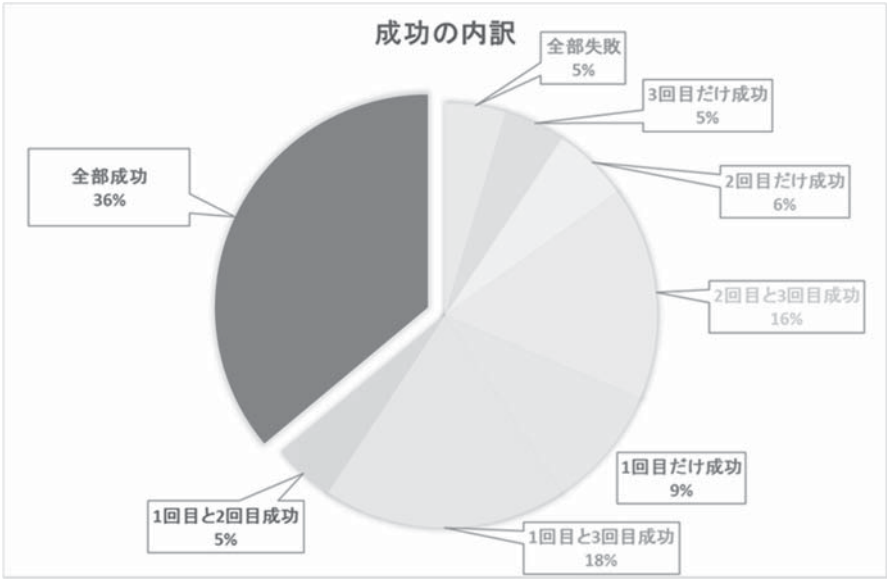


図12　成功の内訳

想起刺激別成功率

事前アンケートにて、個別性の高い想起刺激として、もっとも有効にβ波出現に関与したものは、「大好きな音楽」であった。（図13）次に、「大好きな人」が挙げられた。

ゲーム前半で、集中する際に、大好きなアーティストが歌っている場面を想起すると、うまくコントロールできる人が多いように見受けられた。
また10秒と限られた時間内での想起には、旅行などの思い出の事項は絞り込みにくく、想起しにくかったとの感想もあった。

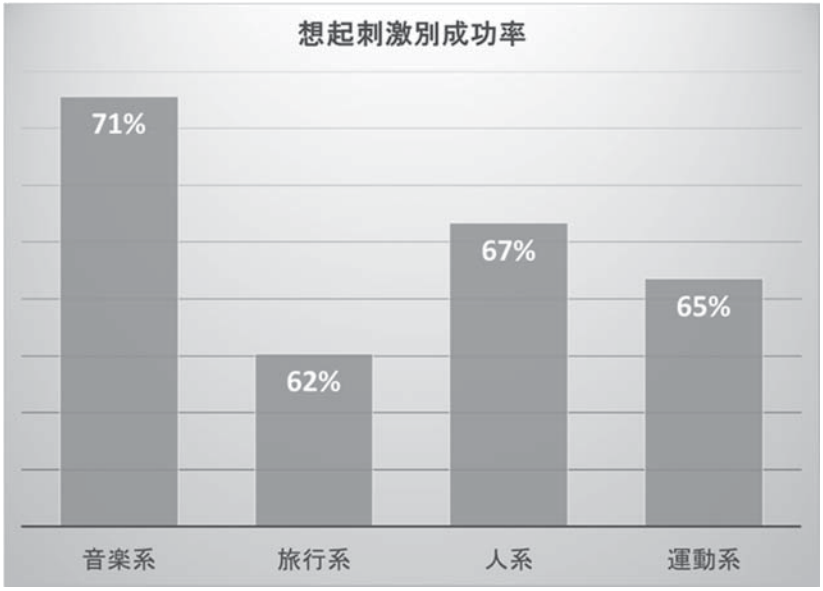


図13　想起刺激別成功率

V　考察

今回、ALS患者における簡易脳波計を使用したコミュニケーションの実用性を図るための予備調査として、医療系大学学生95名を対象に、健常な若者の脳で、脳波の切り替えがセルフコントロール可能か否かを検証した。練習なしで1/3は、簡易ゲームでのコントロールが可能あった。回数別成功率をみても、1回目成功率68.4％、2回目成功率65.3％、3回目成功率75.6％と、慣れてきた状態のほうが成功率は高くなり練習効果もみられることから、今後予定している次のゲーム課題へと進み、コントロールの正確性の向上を目指せると考える。又想起刺激としてβ波出現に有効関与した「好きな音楽」「好きな人」という事項についても、今後積極的に導入してゆきたい。集中すればボールが浮き上がったり、樽が爆発したりなどのゲーム（図14）で、さらにコントロール力を高め、最終的には、こころかさねに内蔵している、「フラッシュ」（簡易呼び出し機能）のコントロールや操作に展開していきたい。



図14　集中した状態をコントロールし、ボールを浮かす・樽を爆破する等のゲーム

今回の結果から、脳波のセルフコントロールが可能であり、「こころかさね」が入力デバイスとしての可能性があることが明らかになった。

また、「こころかさね」の画面フィードバックから、セルフコントロールが困難な場合でも、身近な介助者が日常に本人の脳波を知ることができ、心を重ね、感じあうことができるツールとして活用できるのではないかと考える。運動的なコミュニケーションが不可能となっても、人と人が脳波の表出というデバイスを通じて、心で関わるコミュニケーションが可能になるのではないかと期待している。

Ⅵ　今後の展望

本研究の流れとして、健常者での脳波のセルフコントロールの可能性と簡易呼び出しコールにつながる実用性を探ることから開始した。今後は、在宅におけるALS当事者に対し、長時間装着し、日々の生活の中における、脳波の状態を観察し、当事者の脳波を活用した、簡易呼び出しコールの実用性・可能性を探ることを予定している。ALS当事者の中でMCSからTLSのステージに進行する方々に長時間装着し、日々の様子を観察することで介助者がわかりやすい表出につながる反応の読み取り方法や、心を重ねる反応も探っていきたい。

〈利益相反〉本研究に関わる利益相反はありません

引用文献

1）日本ALS協会　編：新ALSケアブック　筋委縮性側索硬化症療養の手引き　第2版　川島書店．2013
2）川口有美子・小長谷百絵：在宅人工呼吸器ケア実践ガイド　ALS生活支援のための技術・制度・倫理．医歯薬出版株式会社．2016
3）小林貴代:テクニカルエイド　生活の視点で役立つ選び方･使い方．作業療法ジャーナル増刊号保存版．235–239、2014
4）小林貴代：作業療法ジャーナル特集　緩和ケアを通じてみる作業療法の世界．作業療法ジャーナル．三輪書店．891–896，2017

参考文献

1）日向野和夫　田中勇次郎：重度障碍者用意思伝達装置操作スイッチ適合マニュアル　三輪書店．2016
2）宮永敬市　田中勇次郎：作業療法士が行うIT活用支援　医歯薬出版株式会社．2011
3）小森哲夫：神経難病領域のリハビリテーション実践アプローチ．MEDICAL VIEW．2015
4）オリバー／ボラジオ／ウォルシュ・中島孝：非悪性腫瘍の緩和ケアハンドブック　西村書店．2017

A study of brain activity and possibility of communication support by overlapping the mind

Kiyo Kobayashi[1)], Sadao Masayoshi[2)], Touru Izuno[3)],
Yasutomo Sakou[4)], Masayuki Takanobu[4)]

1) Department of Occupational Therapy, Faculty of Health Sciences, Morinomiya University of Medical Sciences　2) Neuroskyjapan Corporetion　3) Agrex Corporation　4) Care shop "Haru"

Abstract

The aim of this study is for understanding the activity of daily life through "kokoro kasane". To assess (understand/realize) their ADL status, we provide "kokoro kasane" for ALS patients whether they are able to express "YES or NO" and to use simplifies nurse calling devices. In addition, we provide "kokoro kasane" for the patients who hasn't been diagnosed TLS yet, to investigate the pattern of EEG activities. Simultaneously, we investigate healthy individuals using a training game which is included as a program in "kokoro kasane", whether participants can control their EEG through playing the game.

Key Words: ALS, TLS, EEG, KokoroKasane, calling devices