

【実践報告】

## 近赤外線分光法を用いた適切な認知リハビリテーションの探索 —健康高齢者へのパイロットスタディー—

### Verification of Appropriate Cognitive Rehabilitation by Functional Near-Infrared Spectroscopy -Pilot Study for Healthy Elderly-

久保田正和<sup>1)</sup>, 樋上 容子<sup>1)</sup>, 柚木佐知子<sup>1)</sup>, 上山ゆりか<sup>2)</sup>

Masakazu Kubota<sup>1)</sup>, Yoko Higami<sup>1)</sup>, Sachiko Somaki<sup>1)</sup>, Yurika Ueyama<sup>2)</sup>

キーワード：認知リハビリテーション, fNIRS, かかわり, 可視化

Key Words : cognitive rehabilitation, fNIRS, nursing interventions, visualization

#### I. はじめに

2019年の総務省の統計では、65歳以上の高齢者の総人口に占める割合は28.4%であり（総務省統計局, 2019）、2065年にはその割合は38.4%になると推計されている（内閣府, 2019）。未曾有の超高齢社会を迎える本邦では、認知症看護や介護、医療費の高騰などの問題が山積しているが、その中でも認知症は、認知機能障害に加えて、精神症状や行動障害を認めるものが多く、徘徊による行方不明や悪質な訪問販売による消費者被害等、医学・医療の問題のみならず社会的な問題にまで発展している。さらに認知症患者が増加することは明白であり、それに伴い、介護者の負担も大きくなると予想されるが、要介護状態の高齢者を支える若年層は減少し、認知症に対応できる介護保険施設等の受け皿も不足している。今後は限られた人的資源、財源の中で、看護師が認知症患者や介護者のニーズを的確に把握し、正しい看護ケアや認知リハビリテーションを提供していくことが重要である。

認知症患者の社会活動の場である介護保険施設やデイケアでは、他者との交流や知的活動によるリハビリテーション等が行われているが、現場からは「具体的にどのような援助を行えば、認知リハビリテーションとして効果があるのかを知る指標がほしい」との声が聞かれるなど、地域・在宅における認知リハビリテーション効果の評価は曖昧にされている現状がある。実際、認知症の非薬物療法においては、認知機能の向上に関して有意性が確かめられてはいるが、結果は一致しておらずエビデンスとしては不十分である。非薬物療法の主たる目的はQOLの改善であり、これまでも感情や行動障害の軽減に対する効果が示されてきたが（Woods et al., 2018; Suzuki et al., 2010）、これらがエビデンスに基づいた治療法であるかについてはさまざまな意見がある。感情や行動、QOLをターゲットとする療法による真の治療効果は、定量的に測定される認知機能検査の結果ではなく、患者の実生活の改善によって評価されるべきものである。しかしながら、そうなる

1) 大阪医科大学, 2) 藤田医科大学

実践する側のスキルの違いや、評価する尺度の設定などが難しく評価が一致しない。この点についてわれわれは、認知症の非薬物療法の効果を検証するうえで、まずはケアやリハビリテーションにおける方法論を確立するために、客観的、かつ定量的なデータを科学的な根拠として示す必要があるのではないかと考えた。

そこでわれわれは、近赤外線分光法 (Functional Near-Infrared Spectroscopy; fNIRS) を用いて、認知症患者に対するかかわりや認知リハビリテーションが脳に与える影響を可視化・数値化し、客観的に分析することで、認知症患者に対する適切なケアの検証、認知リハビリテーションの効果を明らかにするプロジェクトを立ち上げた。また、fNIRSを認知症患者が主体的に認知リハビリテーションに取り組むためのフィードバックツールとしても使い、個々がそれぞれに「できること」に合った効果的な認知リハビリテーションを探索する。

なお、本研究の対象者であるA氏は認知症ではない。本来であれば、認知症患者で測定するべきであるが、千差万別である認知症症状への対応が条件に加わると、介入の条件設定が非常に困難になる。したがって本研究では、まず健常高齢者を対象にパイロットスタディを実施した。本研究は、本プロジェクトの対象者のうち、はじめに全てのタスクを完了し、解析を終えた1事例についての事例研究である。

## II. 方法

本研究は、2018年に介護保険施設で実施したfNIRSによる認知リハビリテーション適正化プロジェクトの介入前後比較試験のパイロットスタディである。

### 1. 対象

2018年10月から12月に、共同研究機関である介護保険施設にて実施されている健康サロンの参加者で、研究の同意が得られた者とし、選定基準、除外基準は以下のとおりとした。

#### 1) 選定基準

研究対象者は、65歳以上の高齢者で、視力・聴力・言語能力において、日常生活に支障をきたしていない

い者とする。

#### 2) 除外基準

認知リハビリテーションを実施するため、精神疾患や脳梗塞後などの高次脳機能障害のある高齢者は除外する。

#### 3) リクルート方法

共同研究施設長の許可を得たのち、健康サロンに参加している地域住民の方へ、文書と口頭により研究協力依頼・説明を行い、同意書への署名をもって同意が得られたものを対象とした。その際は、研究協力の意向の有無にかかわらず、施設でのサービスに影響が出ることはないことを保証する旨の説明を行った。

## 2. データ収集の内容と方法

### 1) 基本属性と認知機能評価

対象者の年齢、性別、既往に加え、認知機能 (Mini-Mental State Examination; MMSE) と、認知症重症度 (Clinical Dementia Rating; CDR)、老年期うつ病評価 (Geriatric Depression Scale 15; GDS15) について、それぞれ尺度を用いて評価を行った。MMSEは時間の見当識、場所の見当識、3単語の即時再生と遅延再生、計算、物品呼称、文章復唱、3段階の口頭命令、書字命令、文章書字、図形模写の計11項目から構成される30点満点の認知機能検査である。23点以下が認知症疑いであり、27点以下は軽度認知障害が疑われる。CDRは、認知症にみられる臨床症状を、専門家が全般的に評価することによって、重症度を判定するものである。また、本人の日常生活を把握している家族や、介護者からの詳しい情報をもとにして、重症度を評価することも可能であるため、本研究では健康サロンの実施者である介護福祉士からCDRの聴取を行った。CDRは記憶、見当識、判断力と問題解決、社会適応、家族状況および趣味・関心、介護状況の6項目について、5段階で重症度を評価し、それらを総合して、健康 (CDR:0)、認知症の疑い (CDR:0.5)、軽度認知症 (CDR:1)、中等度認知症 (CDR:2)、高度認知症 (CDR:3) のいずれかに評定される。GDS-15は、うつのスクリーニング検査として世界でもっともよく使用されている検査であり、5点以

上がうつ傾向、10点以上がうつ状態とされている。

## 2) 測定手順

本研究期間中、対象者は介護保険施設に来所後、脈拍、血圧測定を行い体調の確認を行った後に、午前9時15分から認知リハビリテーションの実施場所である視聴覚室に入室した。視聴覚室は約15m<sup>2</sup>であり、気温25度、遮音された環境であった。

対象者は、はじめに90秒間黒無地の画用紙を見つめ安静を保った後に、fNIRSを装着し脳血流量を計測しながら、1人で認知機能の維持に効果があるとされている認知リハビリテーションを10分間実施した。この後、再び90秒間黒無地の画用紙を見つめ安静を保った後、介入として、看護師のかかわりの中で、fNIRSを装着し脳血流量を計測しながら同じ認知リハビリテーションを10分間実施した。

認知リハビリテーション中における「かかわり」とは、対象者とコミュニケーションを取り、タスクについての助言や感想を述べ、必要であれば介助を行うことである。例えば「ここは○色がいいですね」「上手ですね」「子どもの頃は塗り絵をされましたか？」等である。

この認知リハビリテーションの実施と脳血流量の測定は、週1回のペースで、看護師のかかわりが無い時とある時の合計20分、全4回実施した。気分不良等体調に変化が見られた場合は、即座にプログラムを中止した。

## 3) 認知リハビリテーションの内容

本研究で実施した認知リハビリテーションは、現状多くの介護施設やデイケア、デイサービスで行われている非薬物療法であるクロスワードパズル、貼り絵、塗り絵、計算問題の4つのタスクを準備した。意欲や実行に関わる働きを担う前頭野は、得意なことや好きなことを行うとより活発に働くことが明らかになってきているため、実施するタスクの順番は対象者が選択した。

## 4) fNIRSによる脳血流量測定

fNIRSを用いて脳血流変化をモニタリングする装置は、株式会社日立ハイテクノロジーズ（現株式会社NeU）により開発された携帯型脳活動計測装置（製品名HOT-1000）である。HOT-1000は前頭部



図1 fNIRS (HOT-1000) の装着写真

に装着する簡易的な機器で、脳血流量の変化を非侵襲的に計測できる（図1）。今回は、前頭部の右・左プローブによる脳血流量の結果（Hb T change）を使用した。測定パラメータは酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビン、および両者の和である総ヘモグロビンの濃度変化である。この計測原理に基づく脳機能計測は、1993年以来生体計測法の1つとして広く応用され（志村ら、2009）、それ以来被験者の低拘束性を利用した研究に多く用いられている（Chance et al., 1993 ; Watanabe et al., 2000）。HOT-1000に関しては簡易的であるという特徴から、とくに低拘束性が求められる研究で利用されてきた（Keshmiri et al., 2017 ; Komuro et al., 2018）。また、近年では認知症を客観的に予測できるツールとして認知症の早期診断に貢献する可能性も示唆されている（Murayama et al., 2017）。HOT-1000は前頭前野の脳血流量の変化を捉えるが、「あらゆる認知症では、最初に人の最高次機能である前頭前野機能が障害され低下してくる」といった事実があることから（志村ら、2009）、認知症の原因疾患によって評価が異なることはない。

## 5) 観察記録

認知リハビリテーション実施中は、対象者の言動や行動についてビデオを用いて記録した。ビデオ撮影は認知リハビリテーション実施中の対象者の



一連の動作・行動等と、その瞬間の脳血流波形を同時に動画として録画する必要があるために記録した。fNIRSは被験者の微細な動作や思考を脳血流量の波形として捉えることができるが、動作とは関係なくノイズを脳血流量の波形として捉えることもあり、認知リハビリテーションの効果を表す的確な波形データを選別するために画像での照合が必要不可欠である。なお、ビデオ撮影は対象者の背面から行い、脳血流波形が同時に記録できるようにモニター位置を工夫し設置した。対象者の背面からビデオ撮影する理由は、正面よりビデオカメラで撮られることの被験者の緊張を少しでも緩和し、タスクに集中できる環境を確保するためである。背面からの撮影でも、被験者の姿勢や動作等の様子から課題に対する一連の行動内容は十分把握できる。

### 3. 分析方法

対象者であるA氏が実施した4種の認知リハビリテーション（クロスワードパズル、貼り絵、塗り絵、計算問題）のそれぞれの脳血流データについて、測定開始時を0としたHb T changeの値について、看護師のかかわりのない時とある時の中央値とInterquartile Range (IQR)を前後比較した。解析にはSPSS (ver.25)を用い、有意水準は5%とした。

### 4. 倫理的配慮

本研究は、大阪医科大学研究倫理委員会の承認

を得て実施した（看70号）。対象に研究目的、方法、同意しない場合でも不利益を受けないこと、同意はいつでも撤回できること、期待される利益や負担、個人情報保護等について文書を用いて説明し、自署をもって同意を得た。

## Ⅲ. 結果

### 1. 対象者

対象者であるA氏は、共同研究施設で行われている健康サロンに定期的に参加している70代の男性で、右利きであった。A氏は妻と2人暮らしで、当該施設の近隣在住であった。施設へは送迎バスで通っており、独歩可能でADLは自立していた。MMSEは29点で正常、CDRは0点で認知機能の低下はなかった。また、GDS15は5点でうつ傾向にあった。

### 2. fNIRSにより得られた脳血流量

現状、認知リハビリテーションとして多くの施設やデイケア等で実施されているクロスワードパズル、貼り絵、塗り絵、計算問題を看護師のかかわりなし、もしくはありで実施したときの脳血流データを比較した。各タスクにおいて看護師のかかわりの有無による脳血流量の中央値とIQRは、表1のとおりである。

また、左右の脳血流量を経時的変化としてグラフに表した（図2-1, 2-2, 3-1, 3-2, 4-1, 4-2, 5-1, 5-2）。クロスワードパズルの実施では、看護師の介

表1 タスク毎の介入前後の脳血流データの比較

	クロスワード	貼り絵	塗り絵	計算	
Hb T change-left, 中央値 (IQR)	介入前	-0.925 (0.419)	-1.048 (0.348)	0.272 (0.183)	0.263 (0.177)
	介入後	0.198 (0.110)	-0.158 (0.523)	0.142 (0.300)	0.859 (0.424)
	前後比較 (p)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Hb T change-right, 中央値 (IQR)	介入前	0.756 (0.189)	0.086 (0.207)	-0.197 (0.241)	1.597 (0.825)
	介入後	0.157 (0.169)	-0.060 (0.300)	0.252 (0.244)	-0.128 (0.357)
	前後比較 (p)	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

註1) 前後比較は Wilcoxon の符号付き順位検定, IQR: interquartile range

入がない時に比べて看護師の介入がある時は、有意に脳血流値が増大し(表1), 振幅の変動が拡大した(図2-1, 2-2)。貼り絵(表1, 図3-1, 3-2), 塗り絵(表1, 図4-1, 4-2), 計算(表1, 図5-1, 5-2)においても同様の結果を得た。

#### IV. 考察

本研究では、多くの介護施設やデイケア、デイサービスにおいて実施されているクロスワードパズル、貼り絵、塗り絵、計算問題といった非薬物療法中の看護師のかかわりの効果を、fNIRSを用いて評価した。その結果、看護師の介入中は脳血流量の変動が大きく見られ、看護師のかかわりが脳を賦活化させ、認知リハビリテーションの効果を促進する可能性を示唆した。

山口らは、脳活性化リハビリテーションの5原則を提唱している(山口, 2010)。それは、①快、②褒める、③双方向コミュニケーション、④役割、⑤失敗を防ぐ支援であり、認知機能を改善させること

だけが目的ではなく、認知症があっても生活障害を軽減し、残存能力を最大限発揮し、豊かな生活を送ることを目的としている(山上, 2015)。われわれは、認知症ケアの中で適切とされている、認知症高齢者の態度や言動の受容、共感的な姿勢、安心感を与える態度を基本とし、対象者とコミュニケーションを取りながらタスクを実践した。このかわりには5原則の①快を高めることにつながり、③双方向コミュニケーションを取ることに合致する。今回は看護師が対象者とコミュニケーションを取ることでfNIRSによる脳血流量の変動が増幅するデータを得ることができた。このことは脳活性化リハビリテーションの効果が「認知症ケアにおける適切なかわり方」により促進されることについて、科学的なデータとして裏付けられた点において大変意義深い。

今回の研究では、いずれのタスクにおいても看護師の介入により脳活動量は増幅した。認知症疾患診療ガイドラインには(認知症疾患診療ガイドライン, 2017)認知症の非薬物療法として、バリエー

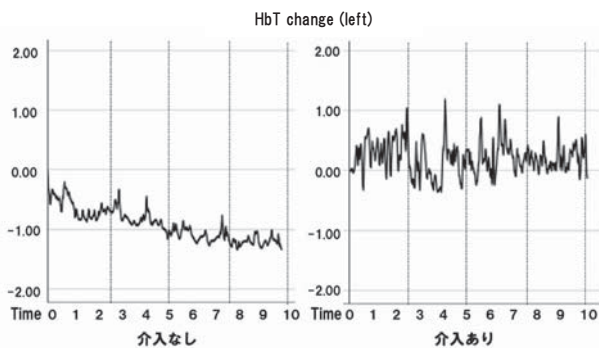


図2-1 クロスワードパズル実施時の脳血流データ(左プローブ)

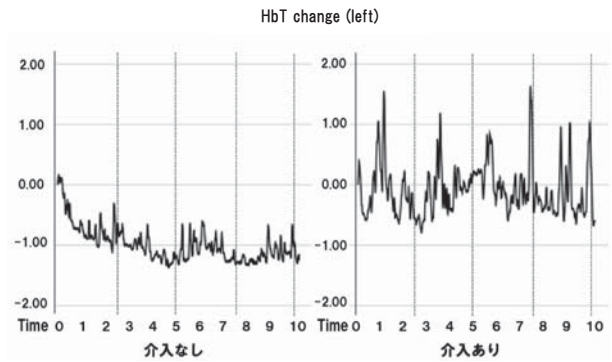


図3-1 貼り絵実施時の脳血流データ(左プローブ)

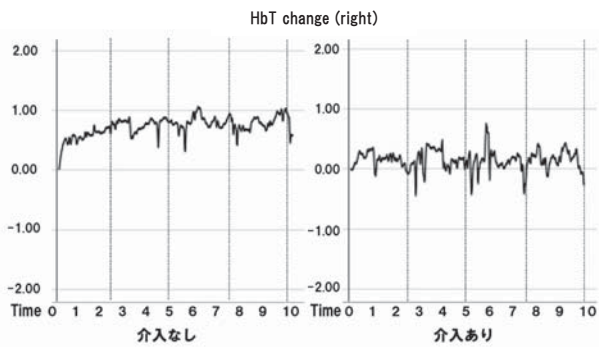


図2-2 クロスワードパズル実施時の脳血流データ(右プローブ)

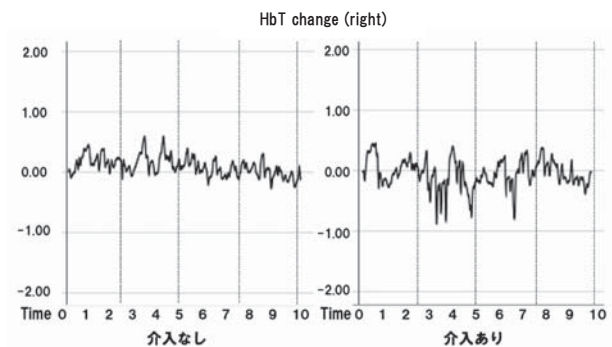


図3-2 貼り絵実施時の脳血流データ(右プローブ)

ション療法, リアリティオリエンテーション, 回想法, 音楽療法, 認知刺激療法等が推奨されているが, 今回は対象が通っている施設で実際に行われている4種の認知リハビリテーションを用いた。山口は, 認知リハビリテーションで大切なことは, どのような手法を用いるかではなく, 快を感じる, 褒める, 楽しいコミュニケーション, 役割によって笑顔を引き出すことにあると述べている (山口, 2011)。重要なことは, 本人が取り組みやすいタスクを選択し, その上で実施者が認知リハビリテーションの原則, 認知症ケアにおける適切なかわり方を根底にしたコミュニケーションを取ることであり, そのことがより認知リハビリテーションの効果を高めると考えられた。

実施者については, 今回看護師が認知リハビリテーションを行ったが, 認知症患者に関わる全ての医療介護福祉専門職がパーソンセンタードケアの概念を基に適切なかわりを実践できると考えられる。近年では, 介護福祉士を中心とした認知症ケア実務

経験者が認知症ケア専門士の資格を取得し, 認知症の人ならびに家族に対して, 高い知識と技能に基づくケアを提供している。認知リハビリテーションが多くの施設等で実施されることを考えると, 専門的な知識と実務経験をもった認知症ケアスタッフが実施者としての役割を担うことが期待される。

一方で, 認知症患者が認知機能の維持や症状の改善等, 従来求められてきた認知リハビリテーションの効果を得る可能性について模索することも重要な観点である。本研究においてA氏はMMSE 29点, CDR 0点であり認知症ではない。本来であれば, 認知症患者で測定するべきであるが, 千差万別である認知症症状への対応が条件に加わると, 介入の条件設定が非常に困難になる。したがって本研究では, まず健常者を対象にパイロットスタディを実施した。今回の結果について認知症患者でも同じことが言えるのかという疑問が生じるが, 認知症患者が認知リハビリテーションによりA氏と同程度の脳血流量の増幅を示した場合は, 健常者と同様に脳

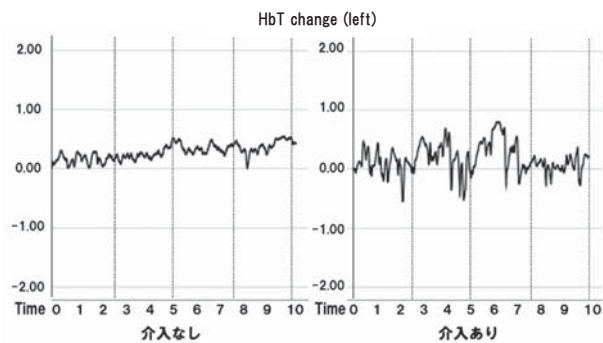


図4-1 塗り絵実施時の脳血流データ (左プローブ)

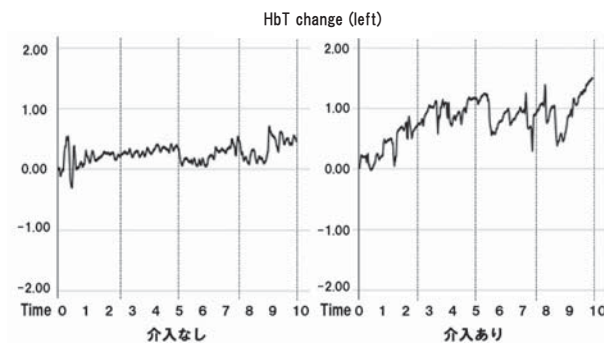


図5-1 計算実施時の脳血流データ (左プローブ)

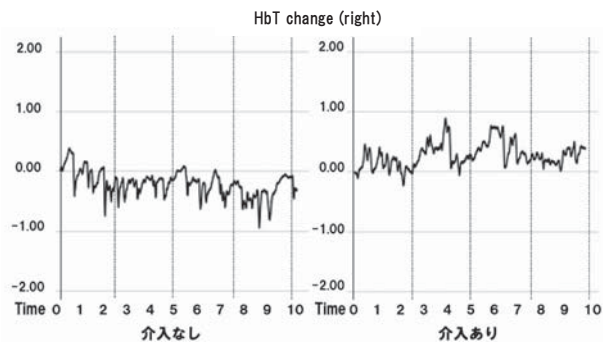


図4-2 塗り絵実施時の脳血流データ (右プローブ)

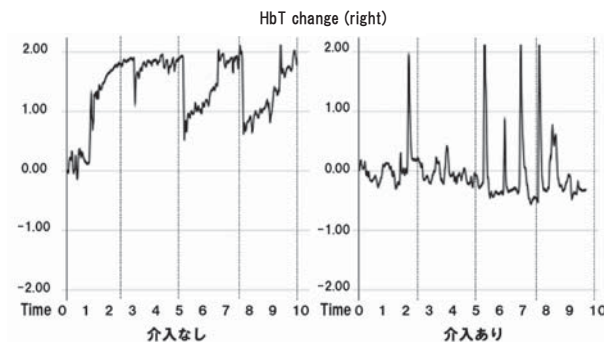


図5-2 計算実施時の脳血流データ (右プローブ)



活動量が上昇しているといえ(志村ら, 2009), 脳を賦活化し神経の脱落を防ぐという観点から, それは認知機能の維持につながるといえる。また以前より, 認知リハビリテーションにおいてデュアルタスク(2つのことを同時に行う)が有効であることが分かっているが, 今回の結果はタスクの遂行と同時に, 看護師とコミュニケーションを取ることがもう1つの課題となり, デュアルタスクとしての効果を示した可能性も考えられる。しかしながら, 認知症の重症度によっては今回の結果が認知症患者にあてはまらない場合も考えられる。認知機能の維持, 改善という点において, 認知リハビリテーションがとくに有効とされているのは認知症の予備軍, あるいは早期認知症とされている(志村ら, 2009)。したがって, 今後認知リハビリテーションを実施する場合は, 対象者の認知症重症度や個々の特性に応じて目的を設定し, 適切なタスクを選択する必要がある。

各タスクの脳血流量データを経時的に見ると(図2-1~5-2), 介入後における左の脳血流量の変動が大きくなっているのが分かる。前頭部の左右のプロープから得られた脳血流の左右差は, 看護師の関わりが脳に与えた影響を反映していたと考える。一般的に, 右利きの人の大半, 左利きの人の7割が脳の左半球が優位半球であることが予想され, 言語中枢をもっていると考えられる。先行研究では, 言語性課題において左半球前頭前野の優位性を示していた(Hoshi, 2003)。本研究対象者も右利きであり, 看護師が関わりながらコミュニケーションを図ることで, 左半球の言語野が活性化された可能性がある。

#### 研究の限界

研究の限界として, fNIRSはその原理から測定値が開始時からの相対変化の値であり, 被験者間での測定値の比較はできないため, 脳血流活性化の基準値など標準化された指標はない。しかしながら, 本研究は個人内の変化を評価しており, 結果の解釈には問題ないと考える。また, 脳賦活信号以外の成分の除去は解析精度の向上には不可欠であることから, 本研究では可能な限り室内環境を近似させ, 心拍や血圧の変化に影響を及ぼす可能性のある条件を除去した。しかしながら, fNIRSにより測定された

データには脳賦活に伴う血流の他, 心拍, 血圧の変化も重畳されている可能性は否定できない(志村ら, 2009)。

#### V. 結論

本研究では, 効果が見えにくく曖昧な評価のまま, ほぼ一律に行われてきた認知リハビリテーションについて, その効果を可視化し, 看護師のかかわりによって, その効果をより増大させることを示した。とくに客観的な科学的データを用いて「適切なかかわり」が脳血流量の増大に寄与する可能性を示したことは極めて重要な点である。しかしながら, 本研究では1名の被験者を対象にした報告に過ぎない。今後さらに症例を追加するとともに, 全体の分析を進め研究成果をまとめていく予定である。

#### 謝辞

本研究にご協力いただいた施設利用者, 職員の方に心よりお礼申し上げます。なお, 本研究は2017~2019年度文部科学省科学研究費(基盤C)により助成を受けて行った研究の一部である。

#### 利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

#### 文献

- Chance B, Zhuang Z, UnAh C, et al. (1993): Cognition-activated low-frequency modulation of light to high absorption in human brain, *Proc Natl Acad Sci*, 90 (8), 3770-3774.
- Hoshi Y, Tsou B, Billok V (2003): Spatiotemporal characteristics of hemodynamic changes in the human lateral prefrontal cortex during working memory tasks, *Neuroimage*, 20 (3), 1493-1504.
- Keshmiri S, Sumioka H, Yamazaki R, et al. (2017): A non-parametric approach to the overall estimate of cognitive load using NIRS time series, *Front Hum Neurosci*, 11 (15), 1-14.
- Komuro Y, Sato Y, Lin L, et al. (2018): Reliability of wearable two channel CW-NIRS in measurements of brain function, *Adv Exp Med Biol*, 1072, 301-305.
- Murayama Y, Sato Y, Hu L, et al. (2017): Relation between

cognitive function and baseline concentrations of hemoglobin in prefrontal cortex of elderly people measured by time-resolved Near-Infrared Spectroscopy, *Adv Exp Med Biol*, 977, 269-276.

内閣府：令和元年版高齢社会白書（2019）、「高齢化の現状と将来像」, [https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s1s\\_01.pdf](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)

認知症疾患診療ガイドライン作成委員会：認知症疾患診療ガイドライン2017, 医学書院, 東京.

志村孚城, 網田孝司, 牧 敦, 他 (2009)：近赤外分光法による前頭前野計測, コロナ社, 東京.

総務省統計局：人口推計の結果の概要（2019）, 「令和元年5月確定値」, <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201910.pdf>

Suzuki M, Tatsumi A, Otsuka T, et al. (2010): Physical and psychological effects of 6-week tactile massage on elderly patients with severe dementia, *Am J Alzheimers Dis Other Demen*, 25 (8), 680-686.

Watanabe E, Maki A, Kawaguchi F, et al. (2000): Noninvasive cerebral blood volume measurement during seizures using multichannel near infrared spectroscopic topography, *J Biomed Opt*, 5 (3), 287-290.

Woods B, O'Philbin L, Farrell EM, et al. (2018): Reminiscence therapy for dementia, *Cochrane Database Syst Rev* (3), 1-112.

山上徹也, 堀越亮平, 田中壮侖他 (2015)：老健における脳活性化リハビリテーションの有効性に関するRCT研究：集団リハで認知症重症度改善と主観的QOL保持, *Dementia Japan*, 29 (4), 622-633.

山口晴保 (2010)：脳活性化リハビリテーション. 認知症の正しい理解と包括的医療・ケアのポイント第2版, 協同医書出版, 東京.

山口晴保 (2011)：認知症の活性化リハビリテーション, *老年期認知症研究会誌*, 18, 133-139.