

外傷性脳損傷者を対象とした前頭葉機能の テレリハビリテーションの試み¹⁾²⁾

柴崎 光世*・畑中 彩花**・山本 佐代子***・安崎 文子****

テレリハビリテーション（テレリハ）は、インターネットやパソコンなどの情報通信技術を活用することによって、対象者がセラピストとのかかわりを持ちつつ、自宅や施設外でリハビリテーション（リハ）に取り組むことができる、デリバリー型のリハサービスである。本研究は、外傷性脳損傷（traumatic brain injury, TBI）の支援現場におけるテレリハの有効性及び適用可能性について検討することを目的とした。6名の慢性期 TBI 者をテレリハ群と統制群に半数ずつ割り当て、テレリハ群にはワーキングメモリ、遂行機能、社会的認知の3つの前頭葉機能を標的とする非同期型テレリハ、統制群にはこれらの前頭葉機能に働きかけるワークブックによる在宅認知リハを約8か月それぞれ実施した。その結果、両群ともに、前頭葉機能の複数の指標で介入後の成績上昇が認められたが、改善を示した指標の数はテレリハ群のほうがやや多くなった。特に、テレリハ群ではワーキングメモリと情報処理速度の各領域で改善傾向がみられた。テレリハの適用に際しては、利用者の自宅のインターネット環境の整備やインターネット接続にあたっての安全対策など解決すべき課題があるものの、本研究の結果は、TBIの高次脳機能障害の支援現場において、テレリハが有効なリハ方略として適用可能性を有することを示唆していると考えられる。

キーワード：外傷性脳損傷（traumatic brain injury, TBI）、テレリハビリテーション、認知リハビリテーション、前頭葉機能

交通事故や高所からの落下などにより脳に外傷性の損傷（traumatic brain injury, TBI）を負うと、運動障害や感覚障害といった比較的低次の脳機能障害のほかに、記憶障害や言語障害などの多彩な高次脳機能障害が出現する。特に、TBIにおいては、その発生機序や頭蓋内組織の構造的特徴とのかかわりから前頭領域に損傷をきたすことが多く（Fujiwara et al., 2008）、その結果、ワーキングメモリや遂行機能（認知的柔軟性、反応抑制、構えの転換など）、社会的認知、社会的行動といった前頭葉機能が高頻度に障害される。前頭葉機能障害は、たとえ、身体的な脳損傷後遺症が目立たないケースであっても、患者の円滑な学業復帰や職場復帰を妨げる大きな阻害要因となるため、それを改善するための継続的な機能回復訓練、すなわち、認知リハビリテーション（認知リハ）が不可欠となる。

他方、TBI受傷後の急性期及び回復期の入院治療を終え、地域に戻った慢性期のTBI者では、医療施設

やリハビリテーション（リハ）施設で1時間程度の認知リハを週に1～2回受けるのが国内外を問わず一般的である。もちろん、障害された認知機能の再獲得をめざすためには、日々の継続的な訓練が重要であることは言うまでもない。しかし、通院・通所にかかる人的・金銭的コスト、また、セラピストや施設側のキャパシティの問題などから、患者がセラピストによる認知リハを施設で毎日受けるのは現実的に難しい。さらに、COVID-19パンデミックが記憶に新しいが、感染症流行時には患者の外出や施設におけるあらゆる治療やサービスが制限されるため、対面での認知リハがきわめて受けにくい状況に陥ってしまう。

こうしたなか、認知リハの連続性を促進させるアプローチとして期待されるのがテレリハビリテーション（テレリハ）である。テレリハはインターネットやパ

* 明星大学心理学部心理学科

** 国立精神・神経医療研究センター

*** NPO法人TBIリハビリテーションセンター

**** 埼玉学園大学人間学部心理学科

¹⁾ 本研究は科学研究費補助金（基盤研究（C））、課題番号：22K03106）による助成を受けた。

²⁾ 本研究の実施に際しNPO法人TBIリハビリテーションセンターの藤井正子先生に多大なるご支援を賜りました。厚く御礼申し上げます。また、研究にご協力くださいました参加者とご家族の皆様にご心より感謝申し上げます。

ソコンなどの情報通信技術を活用することによって、対象者が施設内と同様にセラピストとのかかわりを持ちつつ、自宅や施設外でリハビリテーション（リハ）に取り組むことができる、デリバリー型のリハサービスである。テレリハは同期型と非同期型の2つのタイプに大別することができ、同期型テレリハでは、遠隔地にいるセラピストがビデオ会議ツールなどを活用して患者とリアルタイムにコミュニケーションをとりながら、訓練を進めていく。一方、非同期型テレリハでは、セラピストがリアルタイムに患者にかかわることはせずに、患者は自身の特性にあわせて設定されたパソコンベースの訓練課題を自己ペースで取り組んでいく。この場合、セラピストはサーバーやクラウド上などにアップロードされた訓練データを遠隔地から確認することを通して患者の訓練の進捗をモニタリングし、必要に応じて助言したり、訓練の内容や難易度を適宜調整したりする。

テレリハの標的障害は、運動障害、音声・言語障害、精神・神経症状など多岐に渡り、その有効性を示唆するエビデンスが徐々に蓄積されている（Agostini et al., 2015, Cacciante et al., 2022, McCue et al., 2010など）。このうち、Cacciante et al. (2022) は、認知症、パーキンソン病、多発性硬化症、脳血管障害、TBIなどの神経学的疾患をもつ患者を対象にテレリハによる認知機能回復訓練を実施した7つの無作為化対照試験を使用して当該領域におけるテレリハの効果に関するメタ分析をおこなった。その結果、全般的認知機能（ミニメンタルステート検査によって測定）、学習と記憶、語の流暢性の3領域で、同期型または非同期型のテレリハを実施したテレリハ群と、対面でのリハビリテーションを実施した対照群の訓練効果に有意差がないことが示された。さらに、前頭葉機能については、ワーキングメモリを単独で分析したときと、問題解決、情報処理の速さ、ワーキングメモリの3領域を合わせて全体比較をおこなったときの両方においてテレリハ群の訓練効果が対照群より有意に大きくなった。

Cacciante et al. (2022) の結果は、テレリハが脳損傷後の認知機能の改善に対面でおこなわれる従来型の認知リハと同等の効果を有すること、とりわけ、ワーキングメモリや遂行機能といった前頭葉機能についてはテレリハによる介入がより有望であることを示唆している。ただ、Cacciante et al. (2022) では分析対象とした505名の神経疾患患者のうち、TBI者は109名の後天性脳損傷者を対象としたMan et al. (2006) の大規模研究に参加した13名のみで、全体の2.6%にすぎな

かった。また、Man et al. (2006) では、このうちの8名が同期型または非同期型テレリハを実施した各介入群に含まれていて、テレリハ後のアウトカム指標では両群ともに有意な改善を示しているが、この研究で扱われているのは問題解決能力や自己効力感のみでこれ以外の前頭葉機能については未検討である。他方、Cacciante et al. (2022) のメタ分析の選定基準から外れたものの、TBI者だけを対象に前頭葉機能のテレリハをおこなった研究として、遂行機能（問題解決や意思決定）を含む複数の認知領域に働きかける市販の総合的認知リハパッケージによる非同期型テレリハを実施したSchoenberg et al. (2008)、メタ認知への介入により遂行機能の改善をはかる同期型テレリハを実施したNG et al. (2013)、表情認知の同期型テレリハを実施したWilliamson & Isaki (2015) がある。これらの研究についても、テレリハ介入後のアウトカム指標に良好な変化を認めているが、TBI受傷後の高次脳機能障害を標的としたテレリハ研究は、前頭葉機能障害に限らず、これまでのところ非常に少なく、TBIの支援現場におけるテレリハの有効性及び適用可能性について議論するためにはさらなる資料の蓄積が必要と思われる。

そこで、本研究は、TBI後の前頭葉機能の促進をねらいとしたパソコンベースのテレリハプログラムを開発し、慢性期のTBI者を対象にこれを用いた在宅認知リハを試みることを通して、TBIの支援現場におけるテレリハの有効性及び適用可能性について検討することを目的とした。特に、本研究は、TBI者の日常生活や適応的行動と密接に関係する一方で、TBIを対象とした過去のテレリハ研究で一緒に扱われることのないワーキングメモリ、遂行機能、社会的認知の3つの前頭葉機能をリハの標的とし、これらを刺激するための非同期型テレリハプログラムを実施した。

方法

参加者

東京都内の通所リハ施設を利用する地域在住の慢性期TBI者6名（男性5名、女性1名、平均45.8±4.2歳）を対象とした（Table 1）。6名の平均教育年数は15.5±1.4年、外傷後健忘の期間に基づくTBIの重症度判定（Arlinghaus et al., 2005）では重度1名、最重度5名、TBI受傷後の平均年数は23.7±6.2年であった。

3名をテレリハによる介入をおこなうテレリハ群、残りの3名をワークブックによる介入をおこなう統制群にそれぞれ割り当てた。

テレリハプログラム

概要 Windows 10 (マイクロソフト社) 上で動作するテレリハプログラムを Visual Basic.NET (マイクロソフト社) 及び Google フォーム (Google 社) を用いて開発した。プログラムは、ワーキングメモリ、遂行機能、社会的認知の3つの標的機能を直接刺激する複数のパソコンベースの訓練課題によって構成され、各訓練課題には、参加者の動機づけを高めるために、マルチメディアでの課題呈示機能や、即時フィードバック機能が実装された。個々の訓練課題に対するアクセス日時や成績は、セラピストが在宅リハの様子を遠隔にて随時把握できるようにクラウド (Google ドライブ, Google 社) 上にアップロードされるよう設定した。また、訓練のバリエーションを広げるために、ワーキングメモリや遂行機能の訓練課題である「もぐらたたき v3.002」(吉田, 2020) や市販の認知訓練パッケージ (高次脳機能バランサー: レデックス株式会社, アタマの若さを取り戻そう! 計算力ゲーム: 株式会社 がくげい, Let's 脳リフレッシュ!: 株式会社 がくげい) の一部を適宜プログラムに組み込んだ。

ワーキングメモリ訓練 ①楽しく覚えよう♪ (言語的・視覚的ワーキングメモリ訓練, Figure 1) Sternberg 課題 (Sternberg, 1966) を利用した訓練課題を開発した。個々の試行では、記憶画面とテスト画面を1秒間隔で続けて呈示し、記憶画面に呈示された刺激のなかにテスト画面にある刺激 (標的刺激) が含まれるかどうかを判断させた。記憶すべき刺激の種類として、1) 数字, 2) 平仮名, 3) 色, 4) 記号 (アラビア文字), 5) 数字 (音声), 6) 仮名 (音声) の6種類, メモリサイズについては3 (レベル1) から8 (レベル6) の6段階を設定した。②位置を

覚えよう! (視空間的ワーキングメモリ訓練) 上記と同じ手続きで記憶画面に呈示される刺激 (スマイリーマーク) の位置を一時的に覚え、それについて判断させる訓練課題を開発した。3 (レベル1) から10 (レベル8) の8段階のメモリサイズを設定した。

遂行機能訓練 ①後出しじゃんけん♪ (反応抑制, 衝動的行動の制御, 構えの転換訓練, Figure 2) 画面に呈示されたじゃんけんの手 (グー, チョキ, パー) に対し、聴覚的に呈示される教示にしたがって勝ったり負けたりすることが求められる訓練課題を開発した。課題の難易度に関して、常にじゃんけんに負けるようにする1) 後出し負けじゃんけん条件と、指示に従ってじゃんけんに勝ったり負けたりする2) 後出し勝ち・負けじゃんけん条件の2条件を設定した。②ことば探し (認知的柔軟性訓練) 3~7文字の無意味語を呈示し、文字を並べ替えて有意味語を作成させるアナグラム課題 (デイサービスたまや, 2015) を Google フォームを介して実施できる訓練課題を開発した。文字数が多い条件では、正答に関するヒントもあわせて呈示した。③1週間のふりかえり (メタ認知訓練) 月曜~金曜の各曜日のテレリハへの自立的な取り組みの有無や取り組みの合計時間, 1週間のテレリハに対する自己評価をオンライン上でおこなえる専用フォームを Google フォームを用いて作成した。

社会的認知訓練 ①顔に注目しよう! (顔の形態知覚訓練) 画面の上下に標的刺激とテスト刺激の2つの顔刺激を呈示し、それらが同じかどうかを判断させる訓練課題を開発した。呈示された顔の向きについて1) 正立条件, 2) 倒立条件, 正立顔と倒立顔がランダムに呈示される3) 混合条件の3条件, 顔の弁別のしやすさについて、否定試行のテスト刺激 (ディ

Table 1 本研究の参加者の特性

参加者	性別	年齢	教育年数	TBIの原因	TBI重症度	受傷後年数	損傷領域
テレリハ群							
TR1	男性	50	15	交通事故	最重度	28	所見なし
TR2	女性	49	14	落下	重度	14	左前頭眼窩野
TR3	男性	49	18	交通事故	最重度	23	左前頭葉下面, 左側頭葉内側, びまん性軸索損傷
統制群							
CT1	男性	43	16	交通事故	最重度	20	左前頭葉
CT2	男性	46	16	交通事故	最重度	23	両側前頭葉
CT3	男性	38	14	交通事故	最重度	34	右頭頂後頭葉の白質変性を伴う萎縮

Figure 1 楽しく覚えよう♪ (言語的・視覚的ワーキングメモリの訓練)



ストラクタ)の人物の性別が標的刺激の人物と異なる
 1) 容易条件, ディストラクタの人物の性別が標的刺激の人物と同一の2) 困難条件の2条件を設定した。②表情を見比べよう!(表情の形態的・意味的マッチング訓練, Figure 3) 画面の上下に並んだ標的刺激とテスト刺激の表情が同じかどうかを判断させる訓練課題を開発した。表情の明瞭度について1) 明瞭条件, 2) 不明瞭条件の2条件, 表情の弁別や範疇化のしやすさやについて, テスト刺激の人物が標的刺激と同一である1) 容易条件, テスト刺激の人物が標的刺激と異なる2) 困難条件の2条件を設けた。③表情を読む(表情の同定訓練) 画面に呈示された人物の情動を6つの選択肢(喜び, 悲しみ, 驚き, 怒り, 嫌悪, 恐怖)のなかから選ばせる訓練課題を開発した。表情の明瞭度について1) 明瞭(正立顔)条件, 2) 明瞭(倒立顔)条件, 3) 不明瞭条件の3条件を設定した。

訓練期間

2022年5月~2023年6月の間の約8か月を訓練期間とした。このうち, 2022年7月~10月の4か月間についてはCOVID-19の流行による感染症対策のためリハ施設が休所となった。

手続き

テレリハ群 本研究で開発したテレリハプログラムをインストールしたLTEモデルのタブレットパソコン(Surface Go LTE, マイクロソフト社)と, パソコンやテレリハプログラムの操作方法に関する紙媒体のマニュアルを貸与し, 1日30~60分程度, 週5日間在宅にてテレリハを実施するよう依頼した。参加者が日々取り組むべき訓練メニューは, Windows 10標準搭載の付箋アプリを使って遠隔操作にて呈示し, 訓練

の進捗についてはGoogleドライブ上にアップロードされた訓練データを確認することにより遠隔にて把握した。参加者からの質問や困りごとに対する対応, 励まし等のコメントに関してはメッセージアプリ(PC版LINE WORKS, LINE WORKS株式会社)または本人及び家族へのメールを介しておこなった。これとあわせて, リハ施設の休所期間中を除き, 1~4週間に1度の頻度でリハ施設にて参加者と面会し, 在宅訓練の進捗の確認や, 励ましと賞賛, 困りごとへの対応をおこなった。インターネット接続に関する安全対策として, マイクロソフト社が提供しているFamily Safety機能を活用して, パソコンの利用状況の監視及び使用できるアプリやウェブへの接続時間及び接続可能なウェブサイトの制限を遠隔にて実施した。

統制群 ワーキングメモリを含む即時記憶, 遂行機能, 顔の認知と表情認知を刺激するワークブックによる介入をテレリハ群と同じ頻度で同期間実施した。また, テレリハ群と同様に, リハ施設の休所期間中を除き, 1~4週間に1度の頻度でリハ施設にて参加者と面会し, 在宅リハへの取り組みの確認とフィードバックをおこなった後, 翌週から使用するワークブックを渡し, その内容や訓練方法について説明した。リハ施設の休所期間中には郵送によりワークブックの送付と説明及びフィードバック等をおこなった。

評価課題

テレリハ群及び統制群の介入前後の前頭葉機能を評価するために次の神経心理学的検査を実施した。

ワーキングメモリ ①言語的ワーキングメモリ 数

Figure 2 後出しじゃんけん♪ (反応抑制・構えの転換の訓練)



Figure 3 表情を見比べよう！（表情の形態的・意味的マッチングの訓練）



注) 誤反応の場合のフィードバック画面を示した。
 画像出典：AdobeStock_649335477, 670654242.

唱 (WAIS™-IV 知能検査), ②視空間的ワーキングメモリ 視空間ワーキングメモリ検査 (Maki et al., 2010)。

遂行機能 ①情報処理速度 PC版 Trail Making Test (TMT, 吉田, 2021) Part A, 複合数字抹消検査 (Compound Digit Cancellation Test, CDCT, 行場・大橋, 2009) 遂行量, ②反応抑制・構えの転換 TMT Part B, 新ストループ検査II (ストループ検査, 箱田・渡辺, 2005), CDCT 正答率, ③認知的柔軟性 語流暢性検査 (WAB失語症検査)。

社会的認知・行動 ①社会的認知 表情認知閾値検査 (熊田他, 2011), ②社会的行動 遂行機能障害質問票 (Dysexecutive Questionnaire, DEX)。

倫理的配慮

本研究は明星大学倫理委員会による審査・承認を受けたうえで実施した。研究参加に際しては、参加者自身や家族に研究目的、方法、個人情報管理の仕方などについて個別に説明した後、書面にて同意を得た。

結果

介入の前後に実施した各評価課題に対するテレリハ群と統制群の個々の参加者の結果と各群の平均値を Figure 4～8 に示した。

ワーキングメモリ (Figure 4)

言語的ワーキングメモリ テレリハ群において3名全員の逆唱の得点と数唱合計点が介入後に上昇した。順唱についても2名の得点が介入後に高くなった。数整列では介入後の得点上昇はみられなかった。統制群では、逆唱と数唱合計点で1名 (CT2) の得点が介入後に上昇したが、これ以外については介入後の得点上昇が認められなかった。

視空間的ワーキングメモリ テレリハ群・統制群ともに2名の参加者の得点が介入後にやや上昇した。

遂行機能 (Figure 5～7)

情報処理速度 テレリハ群で介入後に TMT Part A の所要時間が短縮し、CDCT 遂行量が増加する傾向が確認された。統制群では、1名の参加者 (CT3) で CDCT 遂行量が介入後に増加したが、群全体としては TMT Part A と CDCT 遂行量のいずれについても介

Figure 4 介入前後に実施した評価課題に対する各群の結果 (ワーキングメモリ)

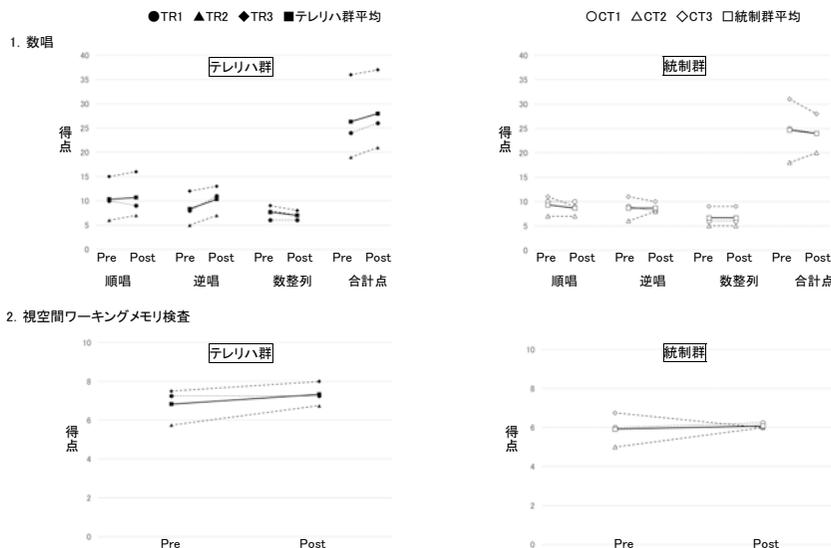
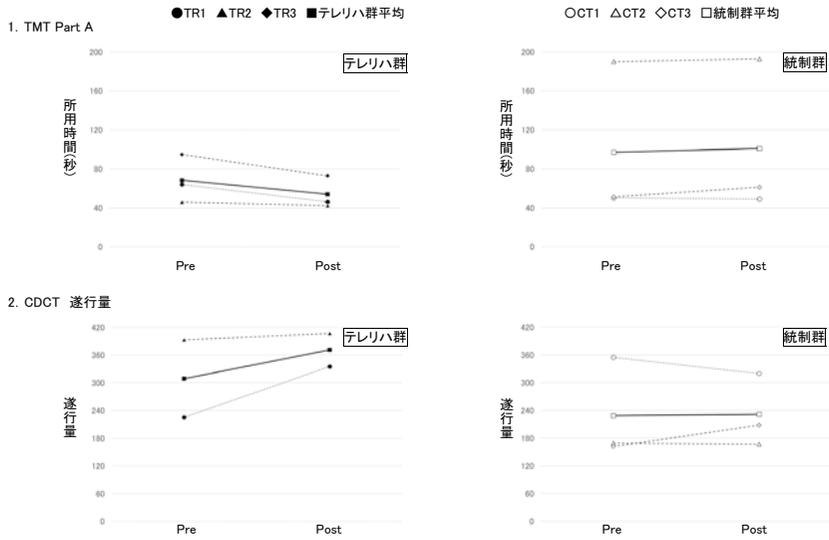
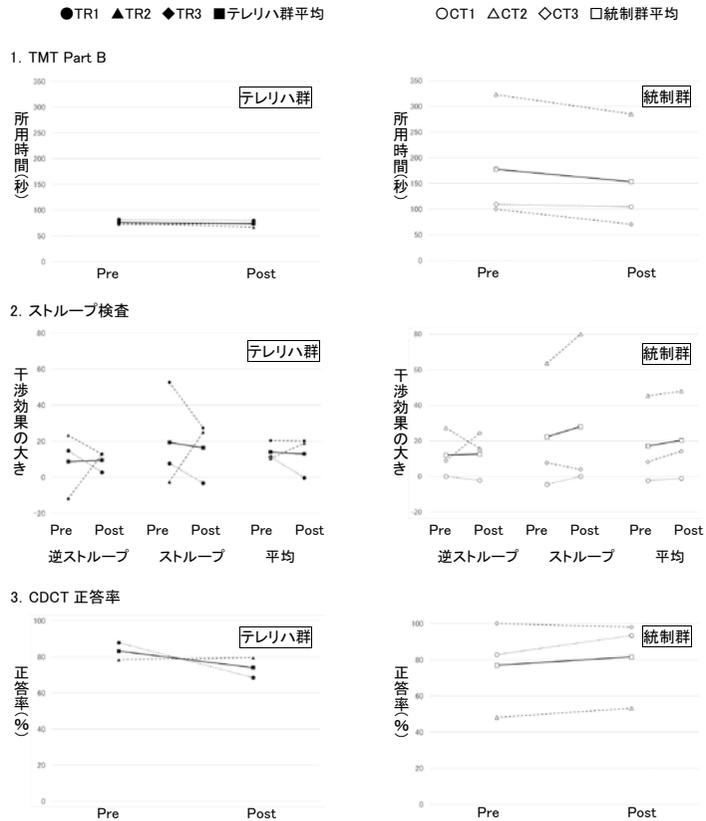


Figure 5 介入前後に実施した評価課題に対する各群の結果（遂行機能：情報処理速度）



注) CDCTについてはテレリハ群の参加者1名 (TR3) が実施不可であった。

Figure 6 介入前後に実施した評価課題に対する各群の結果（遂行機能：反応抑制・構えの転換）



注) CDCTについてはテレリハ群の参加者1名 (TR3) が実施不可であった。

入前後ではっきりした変化がみられなかった。

反応抑制・構えの転換 テレリハ群では、2名において、逆ストループ干渉及びストループ干渉の減衰が介入後に認められた。TMT Part BとCDCT正答率については介入前後ではっきりとした変化がみられなかった。統制群では、TMT Part Bの所要時間が介入後に全般に短縮し、CDCT正答率についても2名において介入後の上昇が認められた。ストループ検査では2名の参加者で介入後の逆ストループ干渉の減衰が認められたが、ストループ干渉については介入後に減衰がみられた者もいれば(CT3)、干渉効果が大きく増大する者もいて(CT2)、ばらつきが大きくなった。

認知的柔軟性 テレリハ群で3名全員の語流暢性検査の産出語数が介入後に増加した。統制群では、1名の産出語数が介入前と変わらず、残り2名については介入後の産出語数が減少した。

社会的認知・行動 (Figure 8)

社会的認知 テレリハ群・統制群ともに複数の表情に対して介入後に表情認知閾が低下する(感度が上昇する)傾向が認められた。ただ、介入後に表情認知閾の低下を認めた表情は群によって異なっていて、テレリハ群で喜び、驚き、怒り、統制群で嫌悪と恐怖の各表情認知閾が介入後に低下する傾向が確認された。表情の種類を込にした分析(6表情に対する平均認知閾)では、介入後に感度の上昇が認められたのは各群とも1名のみであった。

社会的行動 DEXの自己評価、他者評価、自身の行動の気づきの指標(他者評価から自己評価の減算

値)の3つにおいて、介入後の改善(得点の低下)がみられたのは両群ともに1名のみで、群全体では各群とも介入後の得点が高くなる傾向がみられた。

考察

本研究で実施した介入の結果、テレリハ群ではワーキングメモリ、情報処理速度と認知的柔軟性(遂行機能)、喜び、驚き、怒りの表情認知(社会的認知)、統制群では反応抑制・構えの転換(遂行機能)、嫌悪、恐怖の表情認知(社会的認知)の各指標で介入後に成績が改善する傾向が認められた。したがって、テレリハ群及び統制群のいずれに関しても、本研究による介入の後に、前頭葉機能の複数の指標で成績の上昇が認められたことになる。しかし、介入後に改善を示した指標の数としては、テレリハ群のほうがやや多くなった。特に、本研究では、テレリハ群でワーキングメモリと情報処理速度の各領域で改善傾向がみられた点が特徴的であった。これらの領域では、記憶または反応すべき項目の提示のタイミングや反応までの制限時間を細かく制御できるパソコンのメリットを訓練に活かしやすい。実際、過去の認知リハビリ研究でも、パソコン訓練を利用したワーキングメモリや情報処理速度への介入の有効性が複数の研究によって報告されている(Fernandez et al., 2018, Gray et al., 1992, Lundqvist et al., 2010など)。ただ、これらの研究の多くは、セラピストやトレーナーによる対面での指導のもと訓練が進行しており、セラピストが訓練に同伴しない非同期型テレリハを実施した本研究とこの点で異なっている。そのため、本研究の結果は、非同期型テレリハであっても、これによる介入効果がワーキングメモリや情報処理速度の各領域である程度見込めることを示唆して

Figure 7 介入前後に実施した評価課題に対する各群の結果(遂行機能:認知的柔軟性)

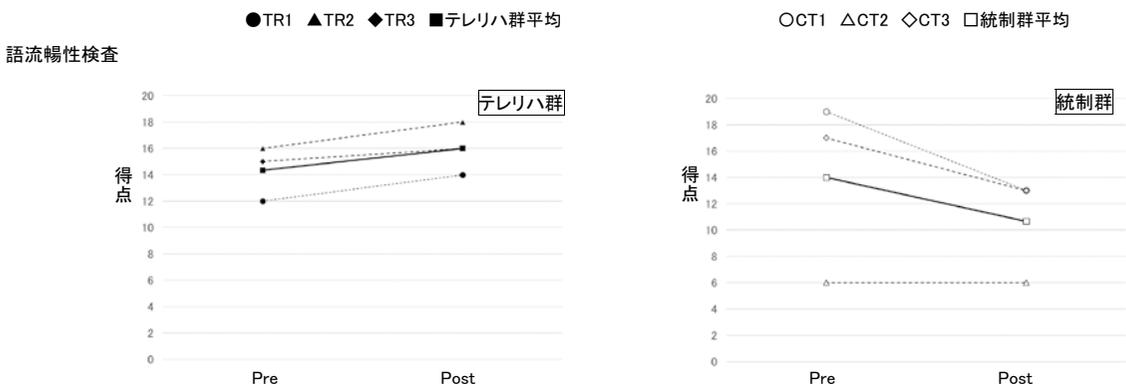
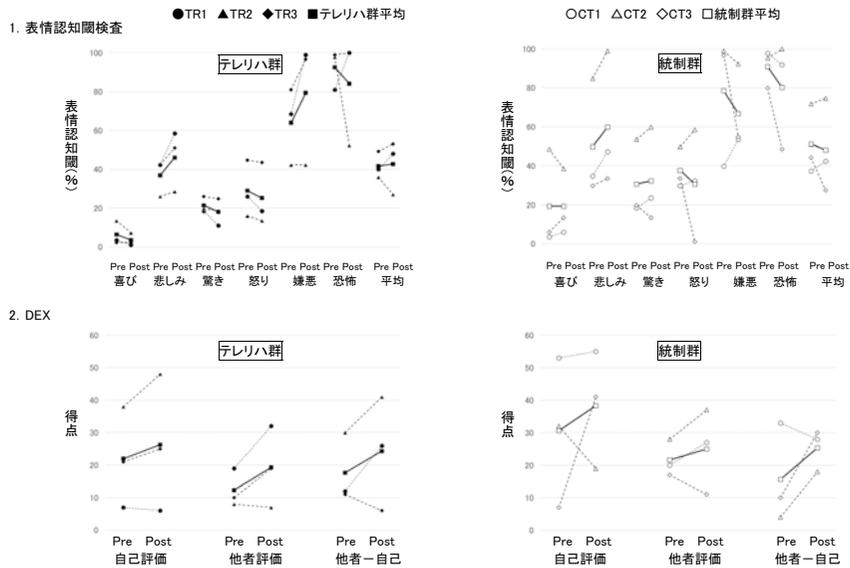


Figure 8 介入前後に実施した評価課題に対する各群の結果（社会的認知・行動）



いると考えられる。さらに、後天性脳損傷者のテレリハに関するメタ分析 (Cacciante et al., 2022) で、テレリハによる効果をもっとも期待できる領域の1つにワーキングメモリが挙げられたことは先述のとおりであり、サンプルサイズは少ないものの、テレリハ群でワーキングメモリの改善をみた本研究の結果はこれを支持するものとして位置づけることもできる。なお、日常的な文脈を含まないパソコンベースの認知リハについては、日常生活への訓練効果の般化が乏しいという指摘がある (Ponsford et al., 2023)。この問題はパソコンベースのテレリハにもおそらく共通すると考えられ、テレリハプログラムの開発にあたってはこの点に留意する必要がある。

テレリハ群では、認知的柔軟性についても介入後に改善する傾向が認められた。これに対し、統制群では認知的柔軟性の認知成績が全般に低下した。認知的柔軟性に関しては、テレリハ群と統制群の両群ともに同一刺激を用いたアナグラム課題による介入を実施した。そのため、介入で用いた訓練課題に両群で違いはない。ただ、テレリハ群では、個々の問題に解答し、それに対するフィードバックを得た後も、一旦プログラムを終了すると、次にそれを起動したときには前のセッションでおこなった解答がリセットされる。このため、テレリハ群では、ワークブックを用いた場合と比べて同じ問題に繰り返し取り組みやすくなるので、このことが当該領域における訓練量の増加をもたら

し、結果に影響したのかもしれない。また、本研究では認知的柔軟性の評価に語流暢性課題を用いたが、これを効果的に遂行するには、同じ語の繰り返しの産出を避けるために、前に産出した語を一時的に保持しながら主課題を遂行するワーキングメモリの働きや、制限時間内にすばやく反応すること、すなわち迅速な情報処理が要求される。前述のようにテレリハ群ではワーキングメモリと情報処理速度の促進が介入後に確認されたので、このことが語流暢性課題の介入後の改善に副次的に影響している可能性もある。

反応抑制・構えの転換については、テレリハ介入による変化があまり認められず、TMT Part BやCDCT正答率で介入後の改善傾向が観察された統制群のほうが良好な結果となった。本研究では、これらの認知領域について、後出しじゃんけん課題を用いたテレリハ介入を実施した。この課題は課題要求がわかりやすく、TBI者にとっても取り組みやすい内容であったが、反面、比較的単純で低難度であったともいえる。このことを考慮すると、反応抑制や構えの転換についてはテレリハによる効果が薄いというよりは、本研究の方法論的問題が結果に影響した可能性が高いように思われる。

次に、社会的認知（表情認知）について、喜び、驚き、怒りの各表情に対しテレリハ介入後に感度が上昇する傾向が得られた。本研究では直接刺激法による顔の認知や表情認知の反復訓練をテレリハにて実施した

が、基本6表情のうち、比較的認知が容易なこれらの3表情についてはこのような訓練法が効果的であった可能性がある。他方、テレリハ後に改善がみられなかった悲しみ、嫌悪、恐怖の各表情は一般に認知が困難で、これらに対しては直接刺激法による訓練だけでは介入効果が得られにくいかもしれない。この場合は、柴崎他(2022)が試みたように、個々の情動やそれらが心身に与える影響についての理解を促したり、各表情に特徴的な顔の各部位の変化に注意を向けさせるような別のアプローチも取り入れる必要があるように思われる。

社会的行動に関しては、テレリハ群・統制群ともに、DEXの自己評価、他者評価、行動障害の気づきの3指標の得点が介入後に全般に高くなる傾向が示された。この結果は、両群ともに介入後に行動障害が増したことを示している。しかし、実際に参加者と接した印象ではそのような傾向は特に感じられなかったことから、DEXの成績低下については他の原因を探る必要があるように考えられた。DEXは質問紙形式の神経心理学的検査で、参加者自身や参加者にとって身近な他者が参加者の行動や思考の特徴について尋ねる各質問項目に回答していく。この場合、たとえば、参加者の行動上の問題に対する理解が欠けていると、DEXの得点は低くなり、見かけ上の検査結果は良好となる。ただ、これは参加者の実像を示したものではない。こうしたことを考慮すると、介入後のDEXの得点上昇は自身の状況に対するメタ認知の向上や、参加者がもつ特性に対する身近な他者の理解の深まりを反映していると考えられることもできる。

本研究は少数のTBI者を対象とした試験的な試みであったものの、本研究で開発したテレリハプログラムによる介入の結果、これまで述べたように複数の前頭葉機能が改善する傾向が確認された。このことから、脳血管障害や変性疾患などの他の後天性脳損傷の場合と同様に、TBIの高次脳機能障害の支援現場においても、テレリハは有効なリハ方略として適用可能性を有すると考えられる。とりわけ、本研究の結果は、従来のワークブックによる在宅認知リハを代替するアプローチとしてテレリハが期待できることを示唆している。

他方、本研究でTBIを対象にテレリハの実践を進めていくなかでさまざまな課題に直面した。稿を終えるにあたり、このいくつかを紹介したい。

インターネット環境

テレリハを円滑に進めるためには自宅などその実施場所の適切なインターネット環境が欠かせない。本研究ではこれを提供するためにLTE回線が利用可能なタブレットパソコンを参加者に貸与することとした。ただ、参加者のなかにはLTE電波が自宅に届きにくく、これによりテレリハの各訓練課題に思うように取り組めない者が複数いた。何度試してもLTE回線への接続がうまくいかなかったため、家族の協力を得て自宅内のWiFi環境を整えてもらい、WiFi接続に切り替えたケースもあった。テレリハの導入にあたっては、その命綱といえるインターネット環境を事前に確認したり、整備することが重要である。

技術支援

テレリハを進めていくなかで、前述のインターネット接続やそのほかの技術的問題と関係したさまざまなトラブルに見舞われた。特に、リハ施設の休所期間中に発生したトラブルに対しては、家族にメールで対応策を提案したり、代替機を送付したりと遠隔での対応を心がけたが、状況によってはそれだけでは難しく、参加者や家族にリハ施設に出向いてもらい対面で対応したことも複数あった。テレリハの導入に際しては、プログラムのユーザビリティの向上はもちろんのこと、利用者がパソコンの操作に習熟し、ある程度のトラブルに対しては遠隔からの指示により対応できるような訓練をあらかじめ実施することが大切と思われた。

安全対策

インターネットに自由に接続できるタブレットパソコンの貸与にあたっては、ウイルス感染や個人情報の流出、ソーシャルネットワークサービス(SNS)やショッピングサイトの利用に伴うトラブルなどへの対策が非常に重要となる。本研究は、マイクロソフト社のFamily Safety機能を活用して、貸与しているタブレットパソコンで使用できるアプリや接続できるインターネットサイトを制限する安全対策をおこなった。ただ、当たり前のことではあるが、安全対策のために機能制限を強くかけるほど、操作性の自由度や利便性が失われる。また、安全対策が厳重であるとトラブル対応の際にも何かと不便であった。トラブルが生じたときに、それを解決するために普段は制限をかけているサイトやアプリへのアクセスが必要となることが頻繁に生じる。こうした場合は、その都度、制限を

解除し、トラブルが解消したら再度制限をかけるという煩雑な作業を繰り返すこととなった。安全対策と利便性をいかにバランスよく両立させるかについてもテレリハ導入にあたっての重要な課題の1つとなるであろう。

引用文献

- Agostini, M., Moja, L., Banzi, R., Pistotti, V., Tonin, P., Venneri, A., & Turolla, A., (2015). Telerehabilitation and recovery of motor function: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 21(4), 202-213.
- Arlinghaus, K. A., Shoab, A. M., & Price, T. R. (2005). Neuropsychiatric assessment. In J. M. Silver, T. W. McAllister, S. C. Yudofsky (Eds.), *Textbook of traumatic brain injury* (pp. 59-78), American Psychiatric Publishing, Inc.
- Cacciante, L., Della Pietà, C., Rutkowski, S., Ciešlik, B., Szczepańska-Gieracha, J., Agostini, M., & Kiper, P. (2022). Cognitive telerehabilitation in neurological patients: Systematic review and meta-analysis. *Neurological Science*, 43, 847-862.
- デイサービスたまや (2015), 思わず解きたくなる脳のための毎日テスト 自由国民社
- Fernandez, E., Rosado, J. A., B. Perez, D R., Santana, S S., Aguilar, M. T., & Bringas, M. L. (2018). Effectiveness of a computer-based training program of attention and memory in patients with acquired brain damage. *Behavioral Sciences*, 8(1).
- Fujiwara, E., Schwartz, M. L., Gao, F., Black, S. E., & Levine, B. (2008). Ventral frontal cortex functions and quantified MRI in traumatic brain injury. *Neuropsychologia*, 46(2), 461-474.
- Gray, J.M., Robertson, I., Pentland, B., & Anderson, S. (1992). Microcomputer-based attentional training after brain damage: A randomised group controlled trial. *Neuropsychological Rehabilitation*, 2(2), 97-115.
- 行場次朗・大橋智樹 (2009). 複合数字抹消検査 トーヨーフィジカル
- 箱田裕司・渡辺めぐみ (2005). 新ストループ検査 II トーヨーフィジカル
- 熊田真宙・吉田弘司・橋本優花里・澤田梢・丸石正治・宮谷真人 (2011). 表情認識における加齢の影響について—表情識別域の測定による検討— 心理学研究, 82(1), 56-62.
- Lundqvist, A., Grundström, K., Samuelsson, K., & Rönnerberg, J. (2010). Computerized training of working memory in a group of patients suffering from acquired brain injury. *Brain Injury*, 24(10), 1173-1183.
- Maki, Y., Yoshida, H., & Yamaguchi, H. (2010). Computerized visuo-spatial memory test as a supplementary screening test for dementia. *Psychogeriatrics*, 10, 77-82.
- Man, D. W. K., Soong, W. Y. L., Tam, S. F., & Hui-Chan, C. W. Y. (2006). A randomized clinical trial study on the effectiveness of a tele-analogy-based problem-solving programme for people with acquired brain injury (ABI). *Neurorehabilitation*, 21, 205-217.
- McCue, M., Fairman, A., & Pramuka, M. (2010). Enhancing quality of life through telerehabilitation. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 21(1), 195-205.
- NG, E. M., Polatajko, H. J., Marziali, E., Hunt, A., & Dawson, D. R. (2013). Telerehabilitation for addressing executive dysfunction after traumatic brain injury. *Brain Injury*, 27(5), 548-564.
- Ponsford, J. A. O., Velikonja, D., Janzen, S., Harnett, A., McIntyre, A., Wiseman-Hakes, C., Togher, L., Teasell, R., Kua, A., Patsakos, E., Welch-West, P., & Bayley, M. T. (2023). INCOG 2.0 guidelines for cognitive rehabilitation following traumatic brain injury, Part II: Attention and information processing speed. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 38(1), 38-51.
- Schoenberg, M.R., Ruwe, W.D., Dawson, K., McDonald, N.B., Houston, B., & Forducey, P.G. (2008). Comparison of functional outcomes and treatment cost between a computer-based cognitive rehabilitation teletherapy program and a face-to-face rehabilitation program. *Professional Psychology: Research and Practice*, 39(2), 169-175.
- 柴崎光世・山本佐代子・安崎文子・吉田弘司 (2022). 外傷性脳損傷者の表情認知障害のリハビリテーション 地域ケアリング, 24(11), 78-81.
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153(3736), 652-654.
- Williamson, J., & Isaki, E. (2015). Facial affect recognition training through telepractice: Two case

studies of individuals with chronic traumatic brain injury. *International Journal of Telerehabilitation*, 7 (1), 13-19.

吉田弘司 (2020). もぐらたたきゲーム ver.3 Retrieved January 14, 2024 from <https://maruhi-lab.com/programs/moggame03>

吉田弘司 (2021). ICT (information & communication technology) を支援に活用する 柴崎光世・橋本優花里 (編) 手を動かしながら学ぶ神経心理学 (pp. 152-153) 朝倉書店

Telerehabilitation for Frontal Lobe Function in Patients with Traumatic Brain Injury: A Pilot Study

MITSUYO SHIBASAKI (Department of Psychology, Meisei University)

AYAKA HATANAKA (National Center of Neurology and Psychiatry)

SAYOKO YAMAMOTO (Non-profit Organization TBI Rehabilitation Center)

FUMIKO ANZAKI (Department of Psychology, Saitama Gakuen University)

MEISEI UNIVERSITY THE BULLETIN OF PSYCHOLOGICAL STUDIES, 2024, 42, 21—32

Telerehabilitation is a therapist-led delivery-type rehabilitation service that assists in the implementation of rehabilitation at a distance using information and communication technology. We investigated the effectiveness and applicability of telerehabilitation for the cognitive rehabilitation of patients with traumatic brain injury (TBI). Six patients with chronic TBI participated in this study, where half were assigned to the telerehabilitation group and half to a control group. The telerehabilitation group received asynchronous telerehabilitation intended to improve frontal lobe functions involving working memory, executive function, and social cognition, whereas the control group received workbook-based cognitive rehabilitation that stimulated these frontal lobe functions. Both groups received 8 months of intervention at home, for 30 min to 1 h per day, 5 days per week. Both groups showed improvement in several measures of cognitive performance in frontal lobe function after the intervention; however, the number of measures that improved in the telerehabilitation group was slightly higher. After the intervention, the telerehabilitation group, particularly, showed improved cognitive performance in terms of working memory and information processing speed. The results suggest that telerehabilitation can be an effective rehabilitation strategy for frontal lobe dysfunction following TBI, although there are challenges to address in the implementation of telerehabilitation, such as the preparation of an adequate internet connection at home and internet security.

Key Words: traumatic brain injury (TBI), telerehabilitation, cognitive rehabilitation, frontal lobe function