

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01565

研究課題名(和文) 楽器演奏型ビデオゲームを用いた脳梗塞リハビリテーション効果の神経科学的アプローチ

研究課題名(英文) Understanding the neural mechanisms of musical instrument video game training with brain stroke patients

研究代表者

橘 篤導 (TACHIBANA, ATSUMICHI)

獨協医科大学・医学部・助教

研究者番号：80409995

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、脳梗塞によって引き起こされた上肢運動症状ならびに認知症状に対する新規のリハビリテーション法として、楽器演奏型のビデオゲームを用いることで運動機能や判断能力がどのくらい向上されるかについて、行動学および神経科学的な検討した。その結果、行動学評価として、適応反応時間の短縮が認められ、徒手筋力テストの向上がみられた。また神経科学的評価においてはfNIRSを用いた実験の結果、左半球ブロードマン9野で有意なoxyHbの増加、deoxyHbの減少が認められた。また、コントロールとなる健康被験者を対象とし、本ゲーム施行時や楽器演奏時における運動や認知に関わる脳機能メカニズムの解明を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳梗塞等の脳血管障害は、日本人の死亡原因の中でも多くを占める疾患であり、後遺症を残して介護が必要となることが多く福祉の面でも大きな課題を伴う。本研究は、脳梗塞によって引き起こされた運動症状に対するリハビリ法としてビデオゲームのトレーニングを用いることで運動機能や空間認知機能、タイミング等の判断能力が向上するという先行研究に基づいている。そのような行動学的効果のメカニズムについて、本研究では楽器演奏の要素を含んだビデオゲームトレーニングと先端的な脳機能イメージング法を用い神経科学的に解明することで、新しいリハビリ法を確立して脳梗塞患者の「生活の質」の向上のため幅広く社会に貢献することを目指した。

研究成果の概要(英文)：We explored a new method of rehabilitation for brain strokes that cause disfunction of motor control in upper limbs and loss of cognition that employs a music video game with guitar-like controller to investigate potential for motor and cognitive improvements. Results show that reaction time was decreased for behavioral assessment, there were improvements in the manual muscle test, and there was a significant difference in hemodynamic responses specific to Brodmann area 9 in the left hemisphere after this video game training. Furthermore, we also investigated underlying cognitive and motor mechanisms related to game play and training utilizing a real musical instrument with healthy control subjects using fNIRS.

研究分野：脳機能イメージング

キーワード：脳血管障害 新リハビリ法 ビデオゲームトレーニング 行動学的効果 fNIRS 脳機能イメージング

1. 研究開始当初の背景

脳梗塞は脳血管障害のひとつとされ、我が国では生活習慣に起因する疾病として、癌、心臓病とともに3大死因ともなっており、患者数130万人以上にのぼり毎年約50万人が発症すると報告されている(厚生労働省「平成20年患者調査の概況」より)。脳梗塞は壊死した領域の巣症状で発症するため症例によって多彩な症状を示すが、その中でも運動障害を伴う割合は多い。機能予後はリハビリテーションをどれだけ積極的に実施できたかによるところが大きい。病床上で安静にする期間をできる限り短くし、早期から日常に近い生活を目指すことが重要とされる。健康な筋肉でも2~3週間の安静により20~25%の筋萎縮が生じるとされており、麻痺を認める筋肉は萎縮の経過はさらに早く廃用症候群の予防が重要となることから、通常発症から2週間から1か月以内の急性期リハビリテーションが取り入れられるケースが多い。

研究代表者は研究協力者のJ Adam Noah博士(Yale大、米国)らと共に、米国Robert Wood Johnson Foundationの採択(ID; 66720, 2009~2010年)や科研費・若手研究(B)(課題番号; 23700632)の採択に伴い、パーキンソン病運動症状に対するリハビリ法としてバーチャルリアリティによるダンスビデオゲーム(DDR; Dance Dance Revolution, Konami)のトレーニングを用いた際の効果を運動学および神経科学的観点から評価する独創的なプロジェクトを立ち上げ、成果を出してきた。その際、同様のトレーニング法を脳梗塞の経験があるボランティア被験者に取り入れたところ有意な運動および認知機能の向上がみられた。

このリハビリ法の利点のひとつは、バーチャルリアリティによる身体を使ったビデオゲームを用いることで、多くの患者が苦痛と感じている従来の単調で受動的な歩行訓練等によるリハビリテーションの負担を軽減できることである。本研究では、脳梗塞の程度や脳部位によっては、起立姿勢維持やステップが困難な場合もありうるため、このダンスビデオゲームと同様の様式を手指の運動で行うことが可能なギター型のコントローラーによる楽器演奏の要素を含んだゲーム、「Guitar Hero (PlayStation, Sony)」を用いることとした。本ゲームでは、画面に流れてくる楽譜のタイミングに合わせてギター型コントローラーの指板上のボタンを押すことで得点となる。このビデオゲームは、世界的に普及し市販されている安価なものであり、一般的な運動療法と異なり、バーチャルリアリティによるモニター画面やスピーカーからの視覚情報・聴覚情報を外界のキューとして、自発的にタイミングや空間認知を養う要素が多様に含まれていることが特徴としてあげられる。本研究では、主に手指動作が比較的可能で高次脳機能の要となる前頭前野領域に梗塞がある被験者を対象とし、このリハビリ法について検討することとした。

2. 研究の目的

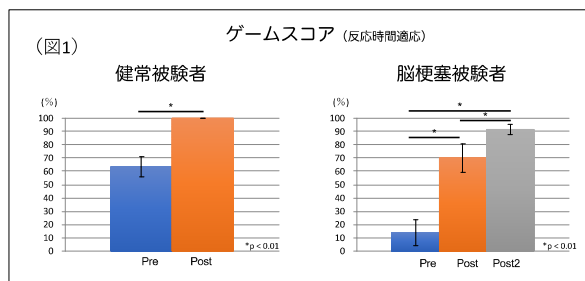
脳梗塞は、日本人の死亡原因の中でも多くを占める高頻度な疾患であり、後遺症を残して介護が必要となることが多く、福祉の面でも大きな課題を伴う。本研究は、脳梗塞によって引き起こされた運動症状に対するリハビリ法としてバーチャルリアリティによるビデオゲームのトレーニングを用いることで運動機能や空間認知機能、タイミング等の判断能力が向上するという先行研究に基づいている。そのような行動学(運動学・生理学・心理学)的效果のメカニズムについて、本研究では楽器演奏の要素を含んだビデオゲームトレーニングと先端的な脳機能イメージング法を用い神経科学的に解明することで、新しいリハビリ法を確立して脳梗塞患者の「生活の質(QOL)」の向上を目指し、幅広く社会に貢献することを目的とした。

3. 研究の方法

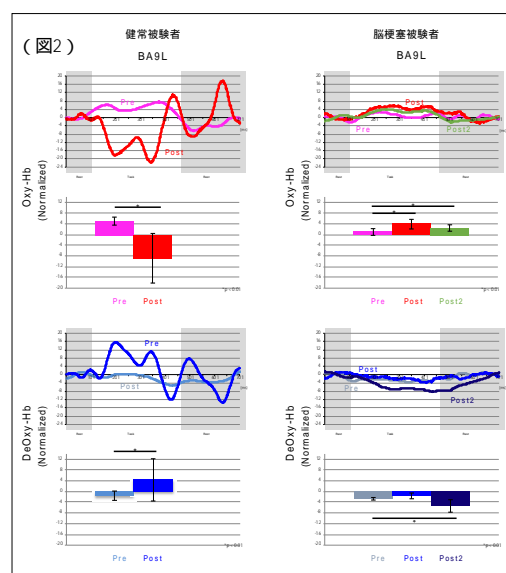
本目的を達成するために、(1)脳機能イメージング法(fNIRS)を用いた神経科学的なアプローチ、そして(2)音楽ソフト(DAW; Digital Audio Workstation)、認知心理テスト等を用いた行動学的なアプローチを応募者、研究分担者および研究協力者が役割分担を明確にして実験・解析を行うことで効率化を図り、研究体制を確立する。また、本研究は、双方のアプローチの統合によって相乗的に成果が得られることで、バーチャルリアリティによる楽器演奏ビデオゲームを用いた際のトレーニング効果を神経科学的および行動学的に解明し、脳梗塞に対するより有効的な新しいリハビリ法を確立させるという独創的な手法を用いたプロジェクトを遂行した。

4. 研究成果

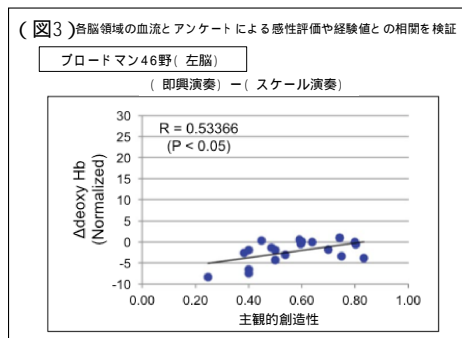
(1) 脳梗塞によって引き起こされた上肢運動症状ならびに認知症状に対するリハビリテーションとして、持続的な訓練効果が見込めるビデオゲームを用いることで運動機能や判断能力が向上した症例を報告した(第123回日本解剖学会総会全国学術集会、2017年度)。症例は左被核、内包後脚、放線冠梗塞により顔面を含む右不全片麻痺を呈し、発症後4年経過した男性である。手指運動でプレイするギター型コントローラを用いるビデオゲームを貸し出し、ゲーム未経験時と30日間のトレーニング後との行動学および神経科学的变化について検証・評価した。行動学变化については、トレーニング前後で徒手筋力テスト・ゲームの得点変化(図1)・ピンチ力・母指タッピング動作等に有意な向上が認められた。



脳機能変化については近赤外線分光法(fNIRS)を用い、トレーニング前後で実際にゲームをプレイしている最中の脳血流変化(Oxy-Hb、DeOxy-Hb)を計測した。その結果、背側前頭前野(DLPFC)(ブロードマン9野、左脳)でのOxy-Hb増加およびDeOxy-Hb減少が確認された(図2)。トレーニング後におけるDLPFCの賦活変化は、行動学的評価で得られた運動機能改善に伴う実行性や自発性、判断力の回復を裏付けたものと考えられる。本成績は、脳梗塞後遺症の新規リハビリテーション法として、楽器演奏型ビデオゲームの有用性を示唆した。



(2) 脳梗塞を含む脳卒中患者の新規リハビリテーションを提示する際には、コントロールとなる健常被験者を対象とした運動や認知に関わる脳機能のメカニズムを解明することが重要となる。そこでfNIRSを用い、主に健常被験者から得られたデータを基にした解析結果をまとめた(Tachibana A. et al., Sci Rep. 2019)。初心者からプロまでのギター奏者(n=20)が創作的な即興演奏をする際の前頭前野3領域【前頭極(FPC)、外側前頭前野(LPFC)、背側前頭前野(DPFC)】における脳血流酸素化動態(Oxy-Hb、DeOxy-Hb)の変化を計測・比較検討した。グループ解析において即興演奏中のOxy-Hbは形式的な演奏中のそれよりFPCで最も増加し、LPFC・DPFCへと背外側に移行するに伴い増加の程度が減衰した。この結果はプロ演奏家を被験者としたfMRIによる先行研究と同様の脳賦活傾向であったが、fNIRSを用いた本研究では各3領域での創作性に関わる血流の増減は各々の被験者において大きな変動がみられた。様々なスキルを持った被験者間で示されたこの差違は、即興演奏中における主観的な創造性の程度とLPFC(左)でのDeOxy-Hbの変化との間に高い相関が確認された(図3)。本成績は、自発的な創作活動は熟練度や経験などに基づくものではなく、LPFC(左)の賦活が抑制されることによる主観的な創造性の産出が鍵となることを示唆する。



< 引用文献 >

第123回日本解剖学会総会全国学術集会、2017年度

Prefrontal Activation Related to Spontaneous Creativity with Rock Music Improvisation: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. Tachibana A, Noah JA, Ono Y, Taguchi D, Ueda S. Sci Rep. 2019 Nov 5;9(1):16044. doi: 10.1038/s41598-019-52348-6.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tachibana Atsumichi, Noah J. Adam, Ono Yumie, Taguchi Daisuke, Ueda Shuichi	4. 巻 9(1)
2. 論文標題 Prefrontal activation related to spontaneous creativity with rock music improvisation: A functional near-infrared spectroscopy study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-52348-6	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 該当する
1. 著者名 Yamakawa M, Tachibana A, Tatsumoto M, Okajima K, Ueda S, Hirata K	4. 巻 -
2. 論文標題 Hemodynamic responses related to intrinsically photosensitive retinal ganglion cells in migraine	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neures.2019.11.011	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 Yokoi I, Tachibana A, Minamimoto T, Goda N, Komatsu H.	4. 巻 120
2. 論文標題 Dependence of behavioral performance on material category in an object-grasping task with monkeys	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Neurophysiol	6. 最初と最後の頁 553-563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jn.00748.2017	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 Suzuki, K., Ono, Y., Shimada, S., Tachibana, A., & Noah, J. A.	4. 巻 10481
2. 論文標題 Change in cognitive process during dance video game play with different appendages for motor output	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. SPIE 10481, Neural Imaging and Sensing 2018	6. 最初と最後の頁 p.104811C
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1117/12.2287609	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 該当する

1. 著者名 Goda N, Yokoi I, Tachibana A, Minamimoto T, Komatsu H.	4. 巻 4:26(7)
2. 論文標題 Crossmodal Association of Visual and Haptic Material Properties of Objects in the Monkey Ventral Visual Cortex	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 928-934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cub.2016.02.003.	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 該当する

[学会発表] 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 橘篤導、小野弓絵、J Adam Noah、田口大輔、上田秀一
2. 発表標題 創作活動に伴う前頭前野の解剖学のおよび機能的役割とその評価
3. 学会等名 第124回日本解剖学会総会・全国学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Suzukia, T. Suzukib, Y. Onoa, A. Tachibanac and J. A. Noah
2. 発表標題 Enhanced dorsolateral prefrontal activity during exergame played with whole body relative to hand movements
3. 学会等名 The Society for functional Near Infrared Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橘篤導、小野弓絵、J Adam Noah、辰元宗人、田口大輔、上田秀一
2. 発表標題 楽器演奏型ビデオゲームを用いた脳梗塞後遺症のリハビリテーション効果における神経科学的・行動学的評価(症例報告)
3. 学会等名 第123回日本解剖学会総会・全国学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橘篤導、小野弓絵、J Adam Noah、田口大輔、門脇太郎、上田秀一
2. 発表標題 創作活動に関わる前頭前野各領野の機能分担とその評価
3. 学会等名 第122回日本解剖学会総会全国学術集会
4. 発表年 2017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	小野 弓絵 (Ono Yumie) (10360207)	明治大学・理工学部・専任教授 (32682)	
研究分担者	田口 大輔 (Taguchi Daisuke) (00390112)	帝京大学・医療技術学部・准教授 (32643)	
研究分担者	辰元 宗人 (Tatsumito Muneto) (30296157)	獨協医科大学・医学部・教授 (32203)	
研究協力者	Noah J Adam (Noah J Adam)	Yale School of Medicine・the Brain Function Laboratory・Associate Research Scientist	
研究協力者	上田 秀一 (Ueda Shuichi) (60150570)	獨協医科大学・医学部・教授 (32203)	