

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11208

研究課題名(和文) 神経・筋疾患における筋シナジーに注目した運動制御法の解明

研究課題名(英文) Evaluation of motor control in patients with neuromuscular disease: focused on muscle synergies

研究代表者

西田 大輔 (Nishida, Daisuke)

東海大学・医学部・講師

研究者番号：30784194

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：神経・筋疾患患者において、筋シナジー動作解析の系の構築を行った。表面筋電計、動作解析装置といった機材の研究セッティングに向けた導入を行い、脊髄小脳変性症、パーキンソン病、シャルコー・マリー・トゥース病、封入体筋炎を代表例として解析を行なった。パーキンソン病において音刺激での歩行改善が知られている。実際筋シナジーパターンは4モジュールと低下しているが、音リズム刺激により歩行速度が改善するPD患者では5モジュールとなり、健常者と同様のパターンとなることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、長期にわたって形成される代償動作によって、立ち上がりや歩行、上肢のリーチといった生得的な運動制御の様式がどのように変化するかを明らかにすることである。本研究で得られる知見は神経・筋疾患による疾患特性による運動制御を知ることができ、将来的には、運動解析による疾患の早期発見の指標や神経筋疾患の新規薬剤やリハビリテーション治療効果の判定の指標として用いることが可能となる。

研究成果の概要(英文)：We have constructed a system for analyzing muscle synergy in patients with neurological and muscular diseases. We analyzed the movements of spinocerebellar degeneration, Parkinson's disease, Charcot-Marie-Tooth disease, and inclusion body Muscle myositis using equipment such as surface electromyographs and movement analyzers.

Furthermore, It is known that sound stimulation improves gait in Parkinson's disease(PD) and called paradoxical gait. The muscle synergy pattern is reduced to 4 module compared to 5 module of healthy person. In patients with PD whose gait speed improves with rhythmic sound stimulation(RAS), the pattern improved 5 module with RAS. This results suggest that the pattern could be improved with RAS.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：筋シナジー リハビリテーション医学 パーキンソン病

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトは目的の運動に応じて複数の筋を協調して動かすことで効率的に運動制御を行なっている。この際の筋肉の協調運動は筋シナジーと呼ばれ、近年運動解析手法の一つとして用いられており、動物実験では神経基盤も明らかになっている。先天性筋・神経疾患では長期にわたって様々な代償パターンを身につけ、本来生得的である運動とは異なる様式で運動している。このような代償的な動作の学習が筋シナジーのような協調的な運動制御にどのような影響を与えるかは明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は先天性神経・筋疾患患者の動作時の筋シナジーを解析することにより、長期にわたって形成される代償動作によって、歩行、上肢のリーチといった生得的な運動制御の様式がどのように変化するのかを明らかにすることである。

本研究で目指すところは2点あり、1点目はこれまで筋シナジー解析を行われてこなかった、日常生活で多く行われる立ち上がり、上肢リーチ動作を歩行と合わせて行う点。そして2点目は神経・筋疾患を3つに層別化して、中枢神経疾患、末梢神経疾患、筋疾患それぞれの動作の疾患別の筋シナジーの特徴を明らかにする点である。

本研究で得られる知見は神経・筋疾患による疾患特性による運動制御を知ることができ、将来的には、運動解析による疾患の早期発見の指標や神経筋疾患の新規薬剤やリハビリテーション治療効果の判定の指標として用いることが可能となる。

3. 研究の方法

被験者

中枢神経疾患 (例: 脊髄小脳変性症、パーキンソン病患者)

末梢神経疾患患者 (例: シャルコー・マリー・トゥース病患者)

筋疾患患者 (例: 封入体筋炎、筋ジストロフィー患者)

データ取得

表面筋電図・加速度・ジャイロセンサーを同時測定可能な高性能無線センサー (DELSYS Trigno Wireless System など) を用いた。

歩行

両側ヒラメ筋、腓腹筋、前脛骨筋、内側広筋、大腿直筋、半膜様筋、大腿二頭筋、中臀筋といった歩行に関わる筋肉に電極装着し平地歩行を行いデータ収集した。

リーチ

第一背側骨間筋、短母指外転筋、橈側手根屈筋、尺側手根屈筋、腕橈骨筋、上腕二頭筋、上腕三頭、大胸筋、大菱形筋といったリーチ動作に関わる上肢、体幹筋に電極装着し机上でペグをつまむリーチ動作を複数回行い、データ収集した。

データ解析

データ解析は解析ソフト MATLAB(MathWorks 社)を用い、nonnegative matrix factorization (NMF) 法で筋シナジーの抽出を行い、筋シナジーモジュール数・分布などを解析する。解析されたデータから中枢神経疾患、末梢神経疾患、筋疾患の筋シナジーの特徴を解析した。

歩行で行われている先行研究では神経はモジュール数を減少させ自由度が低下させた代償運動を行ない、筋疾患ではモジュール数は変わらないものの各モジュールを構成する筋肉の分布が変化していることを示唆する結果がある。そのため、中枢神経疾患、末梢神経疾患、筋疾患それ

それぞれの筋シナジーのモジュール数・分布や構成要素に注目して特徴を明らかにすることを目指した。

4. 研究成果

筋シナジー動作解析の系の構築

神経・筋疾患患者において、表面筋電計、動作解析装置といった機材の研究セッティングに向けた導入を行い、研究チームを立ち上げ、研究体制の確立を行った。

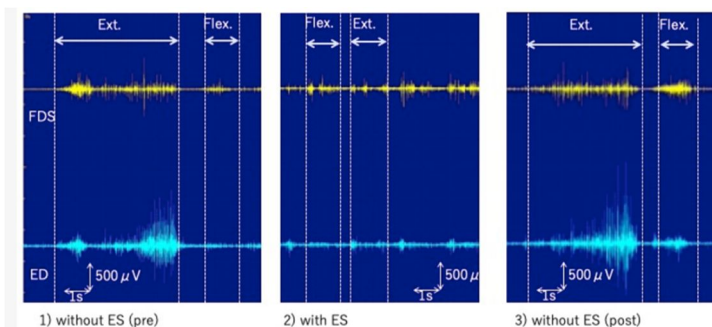
脊髄小脳変性症、パーキンソン病、シャルコー・マリー・トゥース病、封入体筋炎を代表例としてデータ取得、解析を行ない、症例レベルで報告を行った。

歩行の解析として歩行に関わる筋肉として、2021年度に確立した10筋(ヒラメ筋、外側・内側腓腹筋、前脛骨筋、内側・外側広筋、大腿直筋、半膜様筋、大腿二頭筋、中臀筋、大臀筋)を中心として行なった。その結果、変性疾患群は健常人群と比較してシナジーが減少している傾向にあることがわかった。以上のパイロットデータの結果より、モジュールを減らしてバランスの低下による歩行障害を代償した運動戦略をとっていることが示唆された。

手指ジストニアにおける sensory trick 変化

特定の動作をする際にその動きが苦手になる局所性ジストニアの中で、音楽家で起こる場合、演奏時に指の動きが苦手になり、音楽家ジストニア (musician's dystonia) と呼ばれている。プロのギター奏者でこの症候が出た患者

に感覚トリック (sensory trick) が有効な方法となり得る。これを応用して電気刺激で改善する方法を試し、動作の改善を認め、それを客観的に筋活動で評価を行った。



パーキンソン病における音刺激による筋シナジー変化

パーキンソン病患者において筋シナジーも数を減らしてバランスを取って行なっていることが先行研究でも指摘され、我々も示した。パーキンソン病患者では音リズム刺激による歩行改善が知られているが、筋シナジーパターンが先行研究と同様に低下して4パターンになっているところが、音リズム刺激により歩行速度が改善するPD患者では5パターンとなり、健常者と同様のパターンとなることが示唆された。

文献

1. Takei T, Confais J, Tomatsu S, Oya T, Seki K. Neural basis for hand muscle synergies in the primate spinal cord. Proc Natl Acad Sci U S A 2017;114:8643-8648.
2. Ivanenko YP, et al. Five basic muscle activation patterns account for muscle activity during human locomotion. J Physiol 2004;556:267-282.
3. Rodriguez KL, et al. Persons with Parkinson's disease exhibit decreased neuromuscular complexity during gait. Clin Neurophysiol 2013;124:1390-1397.
4. Goudriaan M, et al. Non-neural Muscle Weakness Has Limited Influence on Complexity of Motor Control during Gait. Front Hum Neurosci 2018;12:5.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nishida Daisuke, Mizuno Katsuhiko, Takahashi Osamu, Liu Meigen, Tsuji Tetsuya	4. 巻 13
2. 論文標題 Electrically Induced Sensory Trick in a Patient with Musician's Dystonia: A Case Report	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 223 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci13020223	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 -

1. 著者名 西田 大輔, 坂東 杏太, 近藤 夕騎, 田原 正俊, 水野 勝広	4. 巻 278
2. 論文標題 【リハビリテーション診療に使えるICT活用術-これからリハビリテーション診療はこう変わる!-】ICTを利用した神経・筋疾患リハビリテーション医療	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MEDICAL REHABILITATION	6. 最初と最後の頁 52-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 西田 大輔	4. 巻 60(9)
2. 論文標題 【脳損傷後の神経可塑性変化Up To Date】歩行再建から考える脳可塑性変化	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine 60(9)	6. 最初と最後の頁 785-791
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 西田 大輔, 宮崎 裕大, 坂東 杏太, 辻本 憲吾, 原 貴敏, 船戸 徹郎, 関 和彦, 水野 勝広
2. 発表標題 脊髄小脳変性症の筋シナジーに注目した運動制御法
3. 学会等名 臨床神経生理学学会 2022年10月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎 裕大, 原 貴敏, 加藤 太郎, 西田 大輔, 萩原 和樹, 安保 雅博, 辻 哲也
2. 発表標題 Charcot-Marie-Tooth病における短下肢装具療法の治療効果を定量的に評価した1例
3. 学会等名 臨床神経生理学会 2023年10月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西田 大輔, 宮崎 裕大, 萩原 和樹, 原 貴敏, 水野 勝広
2. 発表標題 パーキンソン病患者における音刺激による歩行時の筋シナジー解析
3. 学会等名 臨床神経生理学会 2023年10月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 萩原 和樹, 原 貴敏, 宮崎 裕大, 中村 拓也, 西田 大輔, 辻 哲也, 安保 雅博
2. 発表標題 遺伝性痙性対麻痺患者に三次元動作解析装置・無線筋電図による歩行解析に基づきボツリヌス療法を行った一例
3. 学会等名 リハビリテーション医学会総会
4. 発表年 2022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	関 和彦 (Seki Kazuhiko) (00226630)	国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研 究所 モデル動物開発研究部・部長 (82611)	

6. 研究組織（つづき）

	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	辻本 憲吾 (Tsujimoto Kengo) (30809364)	国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・病院 身体リハビリテーション部・科研費研究員 (82611)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関