

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：22702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11287

研究課題名（和文）運動スキル特異的電気刺激を用いた新たなリハビリテーションプログラムの開発

研究課題名（英文）Development of a novel rehabilitation programme using motor skill-specific electrical stimulation.

研究代表者

菅原 憲一（Sugawara, Kenichi）

神奈川県立保健福祉大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：90280198

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：我々は当研究プロジェクトにおいては電気刺激による末梢感覚入力を行うことで該当する筋を支配する皮質運動野の興奮性動態さらには運動学習への効果を明らかにすることを目的とした。さらに基礎的展開に立脚した脳卒中に特有の筋緊張亢進状態をより有益に随意的に弛緩する方法論の構築に取り組んだ。そこから、リハビリテーション上に新たな理論展開として運動学習と運動イメージに関わる中枢神経の制御動態に関わる研究を追求し中枢神経系障害の改善に向けた電気刺激を用いた機能改善に関わるリハビリテーションプログラムの示唆を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は中枢神経系障害を有する患者に適応される運動療法の新たな治療概念として、上位運動中枢を賦活するための運動課題に合わせた電気刺激出力変化、およびタイミング変化を与えることによる有効な方法論を検討する。そしてこの刺激を与えることによって運動学習の方法論の確立と運動麻痺に対するリハビリテーション治療の開発を行うことを目的とした。また、運動スキル特異的電気刺激を付与することで、参加する筋の協調性向上および時間的空間的な制御を要する機能的な運動の改善が得られることを目的とするものであり中枢神経障害患者の日常生活活動の改善を得るうえで有効な方法論に示唆を与えることができるものである。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we aimed to clarify the excitability dynamics of the cortical motor cortex innervating the relevant muscle and its effect on motor learning by peripheral sensory input through electrical stimulation. Furthermore, based on the basic development, we worked on the construction of a methodology to voluntarily relax the hypertonic state peculiar to stroke in a more beneficial manner. From there, we pursued research on the control dynamics of the central nervous system related to motor learning and motor imagery as a new theoretical development in rehabilitation, and obtained suggestions for rehabilitation programs to improve functions using electrical stimulation for the improvement of central nervous system disorders.

研究分野：理学療法学

キーワード：運動学習 運動誘発電位 電気刺激 リハビリテーション 理学療法

1. 研究開始当初の背景

脳卒中は我が国において介護保険制度の要介護者の多くを占める要因となっている。この原因は少なからず四肢体幹に存在する運動麻痺に起因している。歩行を含めた各種動作はこの運動麻痺によって大きく阻害される。これに対して、現状のリハビリテーションでは健常部分を用いた様々な“代償”を学習することによりその改善を図っている。例えば、足関節の麻痺によって歩行能力が低下している場合でも、足関節の麻痺を改善そのものにアプローチするのではなく、健常部分の代償能力を促すアプローチが主に行われていく。そのため、ある程度の歩行能力は向上するものの、『不自然な動作』は残存し、さらには歩行スピードなどの向上はある一定の速度からは改善が見られない状態となる。これが現代のリハビリテーションによる“改善”となっている。日常生活動作能力は代償により向上するものの、麻痺そのものは改善しないこの状況は、罹患患者にとって大変つらい現実となっている。治療者としてこのような現状を打破し、この病態を有する患者に対して、麻痺の改善を生む新しい運動療法の開発を諦めるわけにはいかない。

我々が行う基礎研究においては末梢からの動作を誘導する電気刺激などの外来刺激を付与し、また多様なリズムによる学習によって中枢神経系の運動制御動態に大きな影響を与えることが分かっている。このように運動療法の根幹として、中枢神経系における興奮性動態を根拠とする運動方法論の確立は、今後よりリハビリテーションにとって重要な学術的な基盤となりうるものである。

2. 研究の目的

本研究は運動療法の新たな治療概念として、我々の基礎的知見から、上位運動中枢を賦活するため、運動課題に合わせた電気刺激出力を与える運動スキル特異的電気刺激を形成する。そして、この刺激を与えることによって中枢神経系に生じる制御動態の変化を基本とした運動学習の方法論の確立と運動麻痺に対するリハビリテーション治療の開発を行うことを目的とする。また、本研究は単純な反復随意運動ではなく、筋の随意的弛緩を効果的に実施することを中心とした運動スキル特異的電気刺激を付与することで、参加する筋の協調性向上および時間的空間的な制御を要する機能的な運動の改善が得られることを目的とする。ヒトの行う各種応用動作に対して麻痺した筋を協調的に働かせる治療法への発展の基礎となることを目標とする。以上のような特色から各種疾患から生じる運動麻痺の代償ではなく改善に対して運動のガイドとなる運動スキル特異的電気刺激の与え方および刺激パラメータの形成をパフォーマンス改善と中枢神経系の興奮性動態から検証し構成するものである。

私たちは、これまでの研究で電気刺激による末梢感覚入力への適応の相違による当該筋を支配する皮質運動野の興奮性動態さらには運動学習への効果を明らかにした。その成果を踏まえ本研究では、以下の3つの方法で研究を進める。

実験 1：健常成人の中枢神経系の運動制御機構の解明（基礎研究）。健常成人の単一関節（手関節；主動作筋、拮抗筋）を対象として、脊髄、皮質運動野の興奮性に対して特に脳卒中の臨床で問題となる筋弛緩制御に対する主動作筋 拮抗筋間および中枢神経系における制御機構を運動イメージ法を用いて分析検討を行った。

実験 2：運動スキル特異的電気刺激に関する有効な電気刺激パラメータの検討（基礎研究）。**実験 2 の目的**：実験 2-1 として運動スキル特異的電気刺激を検討する上でその電気刺激の刺激時間に関わる検討を行った。特に、15 分以上の末梢神経電気刺激(ES)は、皮質脊髄路の興奮性を変化させ、その詳細が示されている。しかし、さらに短時間の ES およびその消失が皮質脊髄路に与える影響の詳細は不明である。そこで、本実験 2 では短時間の ES の刺激強度の相違及び随意運動との組み合わせによる運動制御に対する皮質脊髄路興奮性の影響を検討した。さらに、実験 2-2 として電気刺激を併用した随意運動は、リハビリテーション場面において皮質脊髄路興奮性を変化させ、大脳皮質の可塑的变化を誘導する治療法であることが示されている。そのため ES と随意運動を併用した研究では、ES による介入前後で興奮性変化を検討したものが多いが、ES 中の反対側大脳半球一次運動野の興奮性変化や、ES 実施中の随意制御における興奮・抑制動態を検討した報告は認められない。そこで本研究は、末梢神経への電気刺激中における筋出力の随意制御が皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響を検証することを目的とした。

実験 2-3 としては主動作筋または拮抗筋からの運動出力発揮時における末梢電気刺激から生じる当該筋を支配する大脳皮質運動野に生じる短時間の求心性抑制 (SAI) の制御メカニズムを解析し、特に拮抗筋を制御に影響を与える電気刺激を検討することを目的とした。

実験 3：脳卒中片麻痺患者の運動麻痺筋の随意的向上に向けた制御動態の解明（臨床研究）。**実験 3-1** として脳卒中患者対象の実験に先立ち、健常者において筋弛緩を発生する際に、弛緩の開始が予測される予測課題と、不意に弛緩が生じる非予測課題のそれぞれにおいて、一次運動野の制御動態を検討することを目的とした。また、**実験 3-2** として脳卒中患者において随意的な筋弛緩制御の特性を捉えるため健常者及び CVA 患者の痙縮筋の双方に対して分析を行うことを

目的とした。さらに、筋弛緩の随意的反復練習および電気刺激を与えることによる筋弛緩に関わる筋電図および運動学的なパラメータの変容効果を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

実験 (基礎研究) 筋弛緩制御に関わる運動イメージ法を用いた皮質運動野に生じる運動制御学的検討

実験 1-1 は運動イメージ (MI) における皮質脊髄路興奮性の時間的変化と、MI のための弛緩に関わるリアルタイムなガイドを行うことによる興奮性変化に及ぼす影響について検討した。MI 課題では手首を屈曲させ、経頭蓋磁気刺激による運動誘発電位を橈側手根屈筋から記録し検討した。パリスティック (瞬間的 MI) 条件とトニック (連続的 MI) 条件をそれぞれ比較検討した。瞬間的 MI は音トリガーを用いて行われた。連続的 MI ではコンピュータ画面上に視覚的なリアルタイムガイドを提示し、画面上の動くドットによって MI 課題の開始と継続時間を視覚的に示した。対象は健常成人 13 名を対象とした (実験システムの概要 図 1)。

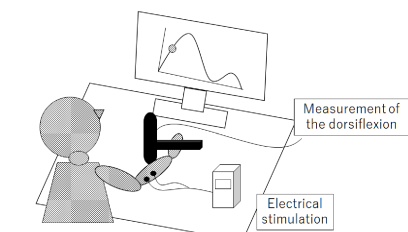


図 1 Tracking のシステム
コンピュータプログラムによるモニターでの提示と誤差の計測を行う。(菅原研究室既存システム)

付随して実験 1-2 を行った。実験 1-2 は弛緩制御と収縮制御における基礎的な比較分析を行うもので、反応時間課題を用いた運動イメージにより、筋の収縮と弛緩に関連する皮質脊髄路興奮性の変化を調べることで、収縮、弛緩における運動制御に関する理解を深めることを目的とした。経頭蓋磁気刺激を用いて、「GO」信号後の右手第 1 背側骨間筋の運動誘発電位を測定した。運動実施に関わる背景因子として静的弱筋収縮 (実験 1: 健常者 18 名) と筋安静状態 (実験 2: 健常者 16 名) を設定し、さらに対照として運動イメージのない試行をそれぞれ比較検討を行った。

実験 (基礎研究): 効果的な運動スキル特異的電気刺激における電気刺激パラメータの設定立案

実験 の目的: 実験 2-1 は対象健常成人 36 名とした。運動課題は、右足関節の単純反応時間 (RT) 課題とし、課題条件を、運動なし、足関節底屈、足関節背屈とした。いずれも 30%MVC の力を瞬間的に発揮した。ES は腓骨小頭下の右総腓骨神経に与え、周波数 50Hz、で反応音の前 2~3s 間でランダムに持続した。刺激強度は ES なし、感覚閾値*1.1 倍、運動閾値*1.1 倍の 3 条件とした。皮質脊髄路興奮性の指標として、経頭蓋磁気刺激 (TMS) によって誘発される運動誘発電位 (MEP) を前脛骨筋 (TA) およびヒラメ筋 (soleus) より、反応音後 30ms、60ms、90ms の 3 時点 (TMS タイミング) で各 10 回ずつ記録した。得られた MEP は、安静時の MEP 振幅値で除して MEP 安静時比として算出した。また、課題条件 には、各パフォーマンステストを各 ES 強度で 10 回ずつ挿入し RT を計測した。

実験 2-2 では対象は、右利き健常成人 11 名 (平均 23.8 ± 1.2 歳、男性 3 名、女性 8 名) とした。運動課題は、PC ディスプレイ上に表示された基線に対して出力された右示指外転張力を適合させるように上下するマーカーによって追従させるトラッキング課題を実施した。右示指外転による筋出力調整 (tonic contraction) は、事前に最大随意収縮 (maximal voluntary contraction: MVC) を測定した後、2 種類の筋出力 (5%, 20%MVC) を一定に保持する課題 (constant task: CT)、筋出力を徐々に増加させる課題 (increasing task: IT)、筋出力を徐々に減少させる課題 (decreasing task: DT) の 3 課題を設定し、それぞれランダムに実施した。ES は、正中神経上に電極を貼付し、周波数 10 Hz、パルス幅 1 ms、刺激強度は感覚閾値の 1.2 倍とし、筋出力課題施行中に刺激を行った。この 3 課題に対し、ES 有り、無し条件による計 6 条件を設定し実施比較した。皮質脊髄路興奮性の検討には、経頭蓋磁気刺激法 (transcranial magnetic stimulation: TMS) による運動誘発電位 (motor evoked potentials: MEPs) を用いた。TMS は、左 M1 を刺激し右第一背側骨間筋 (first dorsal interosseous muscle: FDI) から MEPs を記録した。

実験 2-3 では運動課題は、示指外転 (作動筋) と示指内転 (拮抗筋) であった。22 名の健常成人を対象とした。この課題においては、各筋を収縮中との反応時間課題の収縮前の段階の 2 種類の状態において電気刺激による効果を TMS を用いた MEP を記録することにより主動作筋と拮抗筋の各皮質運動野の興奮性および電気刺激による抑制効果を比較検討した。

実験 (臨床研究): 脳卒中患者を対象とした運動スキル特異的電気刺激および筋弛緩誘導のための運動学習治療プログラムの実証実験

実験 の目的: 実験 3-1 として 17 名の健常成人に対して、ベースラインは最大随意収縮の 20% から開始予測課題または非予測課題によって急速筋弛緩を行うよう求めた。経頭蓋磁気刺激と正中神経電気刺激によって誘発される運動誘発電位と H 反射をそれぞれ測定した。弛緩開始からの平均刺激時間を算出し、弛緩直前と弛緩長時間前に誘発された運動誘発電位とホフマ

ン反射の比較を行った。

実験 3-2 は対象は CVA 患者各 16 名であった。本研究では表面筋電図を用いて麻痺側の上腕二頭筋 (BB), 上腕三頭筋 (TB), 橈骨手根屈筋 (FCR), 橈骨手根伸筋 (ECR) に貼付した。運動課題は椅子座位で最大手関節屈曲運動 (MVC) を計測した。コントロールとして最大筋出力の 20% もしくは 60%MVC からの手関節掌屈運動運動を実施しトリガー音に合わせて素早く完全筋弛緩を行った。介入課題としてはこの運動課題を 10 セット合計 100 回の練習を実施した。更にこの課題後に 20%MVC 及び 60%MVC からの完全筋弛緩を行う練習課題を各 10 回ずつ行った。これらの運動の際の筋電図及び筋出力の反応時間計測を行い弛緩発生に関わる動態を検証した。

4. 研究成果

実験 1-1 の結果、皮質脊髄路の興奮性は MI の持続時間によって異なる変化を示した。さらに、リアルタイムガイドを提示することにより、皮質脊髄路興奮性の変化がより明確になった。このように、皮質脊髄路の興奮性は、MI の時間的特異性だけでなく、実際の運動出力によっても変化する。また、ガイドなしで MI を積極的に行うと、意図しない皮質脊髄路興奮性の変化を示す可能性が高い。このことから、視覚的ガイドを用いて MI を行った場合、皮質脊髄路の興奮性変化が実際の運動出力とは異なる可能性が示唆された。したがって、実際の運動なしで MI を用いる場合、運動出力の視覚的指標のような MI のためのガイドを示すことでその効果を向上させることが可能である。以上の結果から筋弛緩を導くためには運動イメージいわゆる随意的な努力および明確な視覚による誘導が有効であることがわかった。

実験 1-2 の結果から弛緩運動イメージ課題では、対照である筋収縮と比較して興奮性が低下した。筋が安静状態にあるときには、収縮運動イメージでは興奮性の増大が、弛緩運動イメージでは興奮性の一過性の増大が生じた。したがって、収縮運動イメージと弛緩運動イメージにおける興奮性は、筋弛緩を行う際の背景条件における筋収縮による感覚情報が必要である可能性が示唆された。

実験 2-1 の結果、ES 強度および ES のタイミングでは運動開始前に終了した ES による効果として、ES 強度の違いが筋の運動開始に影響を与えないことが示唆された。MEP 安静時との比の結果より、ES のタイミングとしては運動開始に近づくほど皮質脊髄路の興奮性は増大するが、ES 強度の違いは皮質脊髄路の興奮性に対して特異的な影響を与えないことが示唆された。

実験 2-2 の結果、ES 中の随意制御動態において FDI の皮質脊髄路興奮性は ES の有無に依存して変化することが認められ、5 %MVC のような弱い筋出力を発揮するいわば精緻な制御を要する相においてその興奮性は増大することが示唆された。一方、20 %MVC という強収縮に ES を付与することでは体性感覚野への上行性入力が増強により、大脳皮質の興奮性や脊髄運動ニューロンの感受性に影響を与え、その大半が動員されることで飽和状態になり一定の結果が得られなかった。以上の結果から、リハビリテーション場面において随意運動と電気刺激の併用は、脳卒中患者の運動機能障害の背景に存在する大脳皮質興奮性の不調な活動に対して、従来の随意運動単独の治療よりも適切な筋収縮を用いることにより大脳皮質興奮性のコントロールを促進する手法としての有効性が示唆された。

実験 2-3 の結果、末梢電気刺激による皮質運動野に生じる抑制性の作用は主動作筋では筋出力の増加とともにその抑制が減少したが、拮抗筋では抑制が増強した。実験 2 では、収縮直前の主動作筋では抑制が減少傾向を示したが、拮抗筋では増加した。電気刺激なしの MEP, 反応時間中いわゆる筋収縮直前の MEP は、安静時に比べて運動の両方向で増加した。これらの結果は電気刺激による抑制効果の調節が筋出力に強く影響することを示唆している。このような結果から末梢電気刺激による効果はその筋の収縮または弛緩状態によって運動野に対する興奮性作用が異なることが明確になった。

実験 3-1 として、筋収縮からの弛緩を行う際、開始予測課題でも非予測課題でも、ベースラインと比較して MEP は有意に増加し、弛緩開始に際しても一次運動野の興奮性が亢進していることが示された。また、開始-非予測課題による運動誘発電位は、開始-予測課題と比較して、弛緩直前の一次運動野の興奮性亢進が増強していた。運動動作の予測可能性の有無は、中枢神経系における筋弛緩制御の変化に影響を与えることが示唆された。

実験 3-2 として、反復練習後における筋収縮 20%MVC と 60%MVC からの筋弛緩運動では、出力量がより大きい方 (60%MVC) が素早く筋弛緩を行うためには相対的に努力を要することから一次運動野の興奮性がさらに増強を示した。今回の研究では筋弛緩制御が不十分である脳卒中患者では健常者と比較して時間を要しても力の減衰が困難であり、弛緩開始に際して脳卒中患者においてはより努力が必要とされることが示唆された。

一連のプロジェクトにより以上の成果を得た。しかしながらコロナ禍にあって臨床研究は思うように実施することが困難であり、現状においては電気刺激を用いた筋弛緩効果を継続して実

施をしているところである。現在は脳卒中患者に実験1および2で行った電気刺激の特性を利用して筋弛緩効果の存在を検討している段階である。各結果が得られ次第発表および論文公表を行うとともに全体のプロジェクトを総括する。

引用文献

実験1-1: Time course effect of corticospinal excitability for motor imagery. Y Takenaka, T Suzuki, K Sugawara. European Journal of Neuroscience 2021 Sep;54(6):6123-6134

実験1-2: Corticospinal excitability changes during muscle relaxation and contraction in motor imagery. Yuma Takenaka, Hitomi Matsumoto, Tomotaka Suzuki, Kenichi Sugawara. European Journal of Neuroscience 58(8) 3810-3826

実験2-1: 尾川 雄紀, 竹中 悠真, 菅原 憲一: 短時間末梢神経電気刺激が足関節随意運動時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響 第27回基礎理学療法学会学術大会(学会発表済み, 論文未発表)

実験2-2: 山本真生, 菅原憲一, 竹中悠真, 鈴木智高, 近藤国嗣. 末梢神経電気刺激中の tonic contractionにおける筋出力調整が皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響 第28回日本基礎理学療法学会学術大会(学会発表済み, 論文未発表)

実験2-3: Effects of sensory afferent input on motor cortex excitability of agonist and antagonist muscles. Kenichi Sugawara, Yuma Takenaka, Tomotaka Suzuki. Behavioural Brain Research 464 (2024) 114946

実験3-1: The effect of initiation prediction and non-prediction on muscle relaxation control. Hitomi Matsumoto, Yuma Takenaka, Tomotaka Suzuki, Kenichi Sugawara. Journal of physical therapy science 35(4) 293-299 2023

実験3-2: 健常者と脳卒中片麻痺患者における反復練習後の筋弛緩制御の変容に関する検討
松本仁美 竹中悠真 菅原憲一 (令和6年学会発表予定)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 久保大輔, 高木武蔵, 鈴木智高, 菅原憲一	4. 巻 25
2. 論文標題 補足運動野への一過性功能脱落在予測的姿勢調整に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本基礎理学療法学雑誌	6. 最初と最後の頁 27-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24780/jjptf.JJPTF_2021-05	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 Yoshihiro Kai, Reo Sukejima, Takehiro Nagatsu, Yuma Takenaka, Kenichi Sugawara	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of an Agricultural Arm Support Suit Which Requires No Power Source	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Symposium on System Integration	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) 10.1109/SII55687.2023.10039402	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 Atsuki Numata, Yasuo Terao, Nozomi Owari, Chiho Kakizaki, Kenichi Sugawara, Yoshikazu Ugawa, Toshiaki Furubayashi	4. 巻 84
2. 論文標題 Temporal synchronization for in-phase and antiphase movements during bilateral finger- and foot-tapping tasks.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Human movement science	6. 最初と最後の頁 102967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.humov.2022.102967	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 Takenaka Yuma, Suzuki Tomotaka, Sugawara Kenichi	4. 巻 54
2. 論文標題 Time course effect of corticospinal excitability for motor imagery	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 6123 ~ 6134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ejn.15404	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 Higashi Toshio, Nakashima Akira, Moriuchi Takefumi, Matsuda Daiki, Hasegawa Takashi, Nakamura Jirou, Anan Kimika, Satoh Katsuya, Suzuki Tomotaka, Sugawara Kenichi	4. 巻 16
2. 論文標題 Corticospinal excitability during motor imagery is diminished by continuous repetition-induced fatigue	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neural Regeneration Research	6. 最初と最後の頁 1031 ~ 1031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4103/1673-5374.300448	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 KAI Yoshihiro, KANETA Atsushi, IKEDA Keisuke, KANEDA Tsubasa, SUGAWARA Kenichi, TOMIZUKA Masayoshi	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of a new compact and light velocity-based mechanical safety device for a rehabilitation assist suit	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jamdsm.2020jamdsm0101	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 Matsumoto Hitomi, Takenaka Yuma, Suzuki Tomotaka, Sugawara Kenichi	4. 巻 35
2. 論文標題 The effect of initiation prediction and non-prediction on muscle relaxation control	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 293 ~ 299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.35.293	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 Takenaka Yuma, Matsumoto Hitomi, Suzuki Tomotaka, Sugawara Kenichi	4. 巻 58
2. 論文標題 Corticospinal excitability changes during muscle relaxation and contraction in motor imagery	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 European Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 3810 ~ 3826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ejn.16130	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 Sugawara Kenichi、Takenaka Yuma、Suzuki Tomotaka	4. 巻 464
2. 論文標題 Effects of sensory afferent input on motor cortex excitability of agonist and antagonist muscles	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Behavioural Brain Research	6. 最初と最後の頁 114946 ~ 114946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbr.2024.114946	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 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 富崎 優花, 広瀬 一徹, 竹中 悠真, 菅原 憲一
2. 発表標題 筋出力差の学習が運動イメージに与える影響
3. 学会等名 第27回基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小久江 智耶, 竹中 悠真, 松江 優河, 黒澤 千尋, 土田 将之, 菅原 憲一
2. 発表標題 能動的な歩行速度調整に関わる運動学的要因
3. 学会等名 第27回基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木 武蔵, 菅原 憲一
2. 発表標題 体幹肢位の違いが足関節背屈直前のヒラメ筋の中樞神経系制御動態に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 第27回基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾川 雄紀, 竹中 悠真, 菅原 恵一
2. 発表標題 短時間末梢神経電気刺激が足関節随意運動時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響
3. 学会等名 第27回基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹中 悠真, 松本 仁美, 鈴木 智高, 菅原 恵一
2. 発表標題 筋弛緩運動イメージ中の皮質脊髄路興奮性変化動態
3. 学会等名 日本臨床神経生理学会第52回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹中悠真、逆井健太、小川智貴、鈴木智高、菅原恵一
2. 発表標題 運動イメージによる皮質脊髄路興奮性の時間的变化特性
3. 学会等名 第 26 回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 逆井健太、竹中悠真、鈴木智高、菅原恵一
2. 発表標題 呼吸の位相と呼吸量の違いによる上肢皮質脊髄路興奮性の変化
3. 学会等名 第 26 回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金田篤, 王振植, 長谷川翔一, 甲斐義弘, 菅原憲一
2. 発表標題 速度ベースメカニカル安全装置を搭載した肘関節用アシストスーツの開発(デモンストレーション動画からの安全装置の有効性についての考察)
3. 学会等名 第3回日本再生医療とリハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横内 佑哉, 楊 承潤, 片庭 昂太, 甲斐 義弘, 菅原 憲一
2. 発表標題 高齢者の歩行速度調整能力を訓練するための変速トレッドミルの開発(赤外線センサによる足位置の計測)
3. 学会等名 第3回日本再生医療とリハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本仁美, 鈴木智高, 菅原憲一
2. 発表標題 異なる筋弛緩の方法が運動制御に及ぼす影響-Ramp条件とBallistic条件における比較-
3. 学会等名 第 26 回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本仁美, 菅原憲一, 寺山靖夫, 鈴木則仁
2. 発表標題 筋弛緩制御について検討した脳卒中片麻痺患者の一症例
3. 学会等名 第 13 回ニューロリハビリテーション学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 翔平、菅原 憲一、鈴木 智高
2. 発表標題 下肢筋出力課題を用いた運動学習効果の検討 - 上位・下位運動中枢の経時的興奮性変化に着目して -
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本 仁美、鈴木 智高、菅原 憲一
2. 発表標題 予測の有無が筋弛緩制御に及ぼす影響について
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Takenaka, H. Matsumoto, T. Suzuki, K. Sugawara
2. 発表標題 Background muscle state changes corticospinal excitability during motor imaging of muscle relaxation and contraction.
3. 学会等名 World Physiotherapy Congress Dubai (UAE) June 2023(国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Sugawara, Y. Takenaka, H. Matsumoto, T. Suzuki
2. 発表標題 Differences in the effect of sensory afferent inhibition on output mechanisms of agonist and antagonist muscles.
3. 学会等名 World Physiotherapy Congress Dubai (UAE) June 2023(国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Matsumoto, Y. Takenaka, T. Suzuki, K. Sugawara
2. 発表標題 Characteristics of muscle relaxation control in stroke hemiplegic patients.
3. 学会等名 World Physiotherapy Congress Dubai (UAE) June 2023(国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本仁美, 竹中悠真, 鈴木智高, 菅原憲一
2. 発表標題 脳卒中片麻痺患者における反復練習後の筋弛緩制御の変容に関する検討
3. 学会等名 第28回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本真生, 菅原憲一, 竹中悠真, 鈴木智高, 近藤国嗣
2. 発表標題 末梢神経電気刺激中のtonic contractionにおける筋出力調整が皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響
3. 学会等名 第28回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 細田 多穂、木村 貞治、沖田 実、Goh Ah Cheng, 菅原憲一, 他	4. 発行年 2021年
2. 出版社 南江堂	5. 総ページ数 424
3. 書名 物理療法学テキスト(改訂第3版)	

〔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	鈴木 智高 (Suzuki Tomotaka) (00576382)	神奈川県立保健福祉大学・保健福祉学部・准教授 (22702)	

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