

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：33916

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19811

研究課題名(和文)重症脳卒中患者に対するベルト型電極による電気刺激の運動麻痺とADLへの治療効果

研究課題名(英文)Effect of neuromuscular electrical stimulation on motor paralysis and ADL by belt-type electrodes for patients with severe stroke

研究代表者

谷野 元一(Tanino, Genichi)

藤田医科大学・保健衛生学部・研究員

研究者番号：70631753

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)：健常者を対象に矩形波と指数関数的漸増波を比較し、指数関数的漸増波でと高いトルクが誘発できることが確認できた。重度の脳卒中患者に対し、指数関数的漸増波とベルト型電極を用いた電気刺激を実施した。対象者を電気刺激群と通常練習群に振り分けた。電気刺激群は週に5回の頻度で、1日20分の電気刺激を実施した。電気刺激にはベルト型電極を使用し、下部体幹から両下肢への電気刺激を実施した。4週間の電気刺激の介入により、電気刺激を実施しない患者に比べ、運動麻痺とADLが改善傾向になり、脳卒中リハビリテーションの一助となる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの脳卒中患者の下肢に対する電気刺激治療は主に大腿四頭筋や前脛骨筋など、特定の筋に用いられることが多く、重症患者では特定の筋のみの治療では不十分な状態であった。また、脳卒中リハビリテーションでは麻痺側の機能回復のみならず、非麻痺側も治療対象となる。本研究の成果により、重度の脳卒中患者にベルト型電極を用いた電気刺激は、運動麻痺とADL改善への治療効果が期待でき、脳卒中患者リハビリテーションの一助となる可能性が示唆された。脳卒中は本邦での寝たきりの原因疾患の第1位であり、重症の脳卒中患者のADL向上に寄与できれば、社会的意義が大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：By comparing the rectangular waveform and the exponentially climbing waveform for healthy subjects, it was confirmed that a high torque can be induced by the exponentially climbing waveform. Exponentially climbing waveform and neuromuscular electrical stimulation using belt-type electrodes were performed on patients with severe stroke. The subjects were divided into a neuromuscular electrical stimulation group and a normal practice group. The neuromuscular electrical stimulation group received electrical stimulation for 20 minutes a day at a frequency of 5 times a week. A belt-type electrode was used for neuromuscular electrical stimulation, and neuromuscular electrical stimulation was performed from the lower trunk to both lower limbs. It was suggested that the 4-week electrical stimulation intervention tended to improve motor paralysis and ADL compared to patients who did not receive electrical stimulation, which may contribute to stroke rehabilitation.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：電気刺激 脳卒中 リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

リハビリテーション医学において物理療法の1つとして電気刺激は古くから用いられており、一般に運動神経を刺激し筋収縮を伴うものは神経筋電気刺激 (Neuromuscular electrical stimulation: NMES) と呼ばれ、神経系疾患や整形外科疾患で広く使用されてきた。NMES による筋力増強や運動麻痺改善を期待するためには、電気刺激による不快感を最小限にとどめ、より強い筋収縮を得て治療効果を高めることが重要である。そのため NMES の効果的なパラメータに関して多くの研究が行われてきた。これまでの脳卒中患者の下肢に対する NMES は主に大腿四頭筋や前脛骨筋など、特定の筋に用いられることが多かった。随意運動の可能な患者では、筋電誘発電気刺激にて麻痺側足関節背屈の筋力、関節可動域、バランス能力、歩行能力が改善したとの報告がある (引用文献)。また、NMES は歩行が可能な患者には遊脚期での足部のクリアランス向上のために Functional Electrical Stimulation として用いられているが、いずれも、比較的軽症患者に適応があり、重症患者では特定の筋のみの治療では不十分である。

脳卒中リハビリテーションでは麻痺側の機能回復のみならず、非麻痺側も治療対象となる。運動麻痺が重度であっても、非麻痺側の代償により ADL を向上させる場合には、特に非麻痺側下肢の筋力が重要である。また、脳卒中は本邦での寝たきりの原因疾患の第1位であり、重症の脳卒中患者の ADL 向上は重要な課題となっていることが背景にあった。

2. 研究の目的

本研究では、歩行に多大な介助を要する重症脳卒中片麻痺者を対象に、波形に指数関数的漸増波、電極にベルト型電極を使用した NMES 治療を行い、電気刺激を行わない対照群と比較することでその治療効果を明らかにすることとした。電気刺激にはベルト型電極を用い、下部体幹から両下肢へ全般的な刺激を実施し、麻痺側運動機能、ADL を評価項目として、治療効果を検証し、重症患者脳卒中患者の NMES 治療を確立することを目的とした。

また、指数関数的漸増波の効果を検証するため、矩形波との比較で明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 矩形波と指数関数的漸増波の比較

健常成人を対象とし、対象者は神経疾患や運動器疾患がないものとした。対象者の右側の大腿四頭筋を測定側とし、最大随意等尺性筋力 (Maximal voluntary isometric contraction; MVIC) と NMES により誘発される最大電気刺激誘発筋力 (Maximal electrically induced contraction; MEIC) の測定を行った。MEIC は矩形波刺激と指数関数的漸増波刺激の両方で測定した。MVIC と MEIC の測定は別の日に行った。最初に MVIC を測定し 48 時間以上 7 日未満の期間をあけて MEIC の測定を行った。

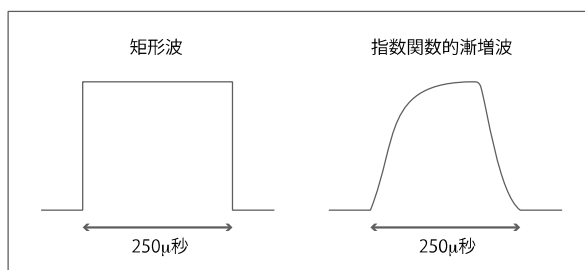
MVIC 測定

被験者は筋力測定装置の椅子に座り、体幹、骨盤、大腿、下腿をシーティングシステムのパッドとベルトで固定した。バックレストの角度は股関節屈曲 85 度とした。レバーアームの下端は右の足関節の外果の 2-3cm 上方とした。レバーアームの中心は大腿骨顆部最大膨大部に合わせた。これらのアライメントやシーティングを記録し、MEIC の測定の際にも同様の設定で行った。

測定の前に準備運動として 10-12 回の膝関節の屈曲・伸展運動を行った。その後、120 秒の休憩を入れた。測定は 3 回行い、1 回の計測時間を 5 秒として、セット間の休息は 120 秒とした。測定中は上肢を胸の前で交差した状態とし、検者が口頭でかけ声を行い、できる限り最大筋力が発揮できるようにした。3 回のそれぞれのピークトルク値の最大値を MVIC の値として採用した。

MEIC 測定

矩形波と指数関数的漸増波 (右図) のそれぞれで電気刺激を実施した。矩形波、指数関数的漸増波ともにパルス幅は 250 マイクロ秒、周波数は 20Hz とした。電極の大きさは 5cm x 20cm を使用した。電極は十分に水で濡らし、ベルクロストラップで固定した。電極位置は近位側を鼠径靭帯の midpoint から 3cm 遠位、遠位側を膝蓋骨上縁から 3cm 近位とした。



被験者はそれぞれの波形で、最初に最大耐用強度を決めた。手動で強度を徐々に上げていき、被験者がもうこれ以上上げられない強度を記録した。最大耐用強度を決めた後、5 分の休憩を入れた。

矩形波と指数関数漸増波の順番はランダムとした。それぞれの波形で最大強度での電気刺激

を行った際の膝伸展トルクを計測した。最大耐用強度に達するまで、手動により数秒かけて強度を上げていき、最大耐用強度に達した後、5秒間の膝伸展トルクの計測を行った。計測は5秒間を3回行い、セット間の休息は120秒とした。最初の波形での計測と次の波形での計測の間は5分間の休息を入れた。

トルクの計測と同時に電流と電圧もオシロスコープで測定した。電気刺激装置とオシロスコープを接続し、筋にかかる電圧と、10の抵抗通過時の電位差を計測し、筋にかかった電圧値と電流値を算出した。矩形波と指数関数的漸増波のそれぞれの3回計測した中でのピークトルク値を代表値とした。矩形波と指数関数的漸増波で得られたMEICをMVICで除して100を除した値を%MEICとした。

(2) 脳卒中患者に対するベルト型電極も用いたNMESの効果検証

対象は初発脳卒中片麻痺の内、Functional Ambulation Categoriesが1点以下で、指示理解が良好であったものとした。対象者をベルト型電極を用いたNMESを実施する群(NMES群)と通常の理学療法を実施する群(通常群)に振り分けた。NMES群のNMESは周波数20Hz、強度は耐えうる最大強度、週に5回で4週間実施した。NMES群、通常群ともに、開始前と4週後に評価を実施した。評価はADLの評価としてFunctional Independence Measureの運動項目合計点、運動麻痺の評価としてStroke Impairment Assessment Set (SIAS)の麻痺側運動機能の下肢3項目の合計点を使用した。

4. 研究成果

(1) 矩形波と指数関数的漸増波の比較

矩形波と指数関数的漸増波での%MEICは矩形波に比べ、指数関数的漸増波で有意に高値であった($p<0.05$)。電流は矩形波と指数関数的漸増波で有意差は認めなかった($p=0.56$)。電圧は矩形波と指数関数的漸増波を比較し、有意に指数関数的漸増波が高値であった($p<0.01$)。

(2) 脳卒中患者に対するベルト型電極も用いたNMESの効果検証

NMES群の開始前SIASの麻痺側運動機能の下肢3項目の合計点は、4.2点で、4週後は6.4点で改善傾向にあった。通常群は、開始前、4週後共に7.5点と変化を認めなかった。NMES群の開始前FIM運動項目合計点は31.4点、4週後のFIM運動項目合計点は63.5点と約20点の改善を認めた。通常群の開始前FIM運動項目合計点は51点、4週後のFIM運動項目合計点は63.5点であり、約12点の改善であり、NMES群の方が利得が高い傾向にあった。

これらの成果により、指数関数的漸増波とベルト型電極を用いたNMESは脳卒中患者のリハビリテーションの一助となる可能性が示唆された。予定症例数に未達のため、引き続き、検証を進める予定である。

<引用文献>

Fields RW. Electromyographically triggered electric muscle stimulation for chronic hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil 1987; 68: 407-414.

Chae J, Fang ZP, Walker M, et al. Intramuscular electromyographically controlled neuromuscular electrical stimulation for ankle dorsiflexion recovery in chronic hemiplegia. Am J Phys Med Rehabil 2001; 80: 842-847.

Barth E, Herrman V, Levine P, et al. Low-dose, EMG-triggered electrical stimulation for balance and gait in chronic stroke. Top Stroke Rehabil 2008; 15: 451-455.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------