

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：33916

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700556

研究課題名（和文） 相反抑制機構改善を目的とした経皮的電気刺激手法の確立

研究課題名（英文） Establishment of a transcutaneous electrical stimulation method for improving reciprocal inhibition mechanism

研究代表者

田辺 茂雄（TANABE SHIGEO）

藤田保健衛生大学・医療科学部・講師

研究者番号：50398632

研究成果の概要（和文）：脳卒中患者の痙性に対する治療方法として、総腓骨神経への経皮的電気刺激が用いられている。しかし、その電気刺激部位の決定は治療者の経験に頼り、決定に長い時間を要する。本研究の結果によって具体的な刺激点が明らかとなり、治療準備にかかる時間の短縮が期待される。また現在まで、有効な電気刺激条件についても十分な検討が行われていなかった。本研究の結果から、経皮的電気刺激の最適な刺激周波数が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：For treatment of spasticity of stroke patients, transcutaneous electrical stimulation is applied to common peroneal nerve. However, identification of stimulus point requires a fair amount of time because it depends on own experience alone. As a result of present study, specific stimulus point became clear. Then, the preparation time of treatment will be expected to reduce. Additionally, to date, an effective stimulus condition is still unclear. Our results revealed the optimal frequency of transcutaneous electrical stimulation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション、治療的電気刺激、脳神経疾患

1. 研究開始当初の背景

脳卒中片麻痺患者の歩行能力は、下肢の痙性によって障害される。過去の報告によると、下肢の痙性の程度と歩行距離は負の相関を示すとされている。足関節においては、特に足関節底屈筋群の痙性が歩行の対称性に最も重要とされている。

この足関節底屈筋群の痙性に対する治療法としては、相反抑制機構に着目した経皮的

電気刺激療法が用いられている。健常者と痙性麻痺患者の相反抑制を比較した研究では、痙性麻痺患者の足関節底屈筋群に対する相反抑制減少が明らかとなっている。このような相反抑制機構障害の患者に対して総腓骨神経に経皮的電気刺激を行ったところ、相反抑制が改善したとの報告がある。さらに、日常的に総腓骨神経への電気刺激を行っている患者においては、健常者と同様の相反抑制に

改善したとの報告もある。

しかし、総腓骨神経への刺激は分枝した深腓骨神経を選択的に刺激する必要があるが、治療者が電気刺激に伴う筋収縮を目視しながら適切な刺激点を探索するため、その決定には長時間を要する（図1）。

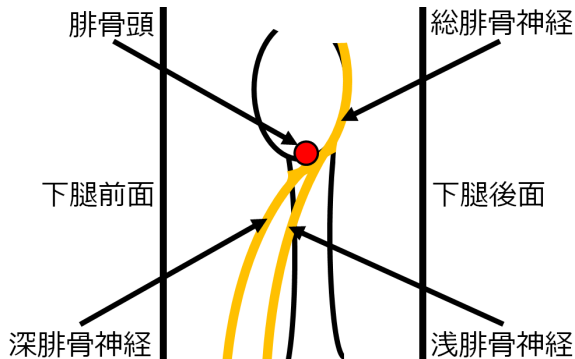


図1 深腓骨神経の走行

過去の報告では、刺激部位は腓骨頭下とだけ示され、詳細な標準刺激点が明らかにされていないため、経験の少ない治療者においては刺激点探索が非常に困難な課題となっている。加えて、電気刺激によって相反抑制が改善したとの報告が多くあるものの、そのパルスパターンや刺激強度、刺激時間等の刺激条件はそれぞれの報告で異なっており、どのような電気刺激条件が適切であるかは十分に明らかにされていない。

2. 研究の目的

まず、健常成人の総腓骨神経刺激において、最も前脛骨筋の収縮が得られる刺激点について、解剖学的指標である腓骨頭からの位置座標を算出する。その結果から、足関節底屈筋群への相反抑制を目的とした電気刺激部位の標準刺激点を明らかにする。さらに、被験者間の刺激点のばらつきについても併せて算出し、標準刺激点の有用性についても検討する。

次に、健常成人に対して様々な電気刺激条件で総腓骨神経を刺激し、ヒラメ筋のH-反射振幅、相反抑制量の変化から、最も有効な刺激条件の検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 深腓骨神経および浅腓骨神経における最適な刺激点の検討

①対象者

対象は中枢神経系疾患、整形外科疾患の既往のない健常成人25名の両脚、計50脚とした。計測肢位は安楽な椅子坐位とした（股関節屈曲120度、膝関節屈曲120度、足関節底屈20度）。

②誘発筋電図

最適な刺激点同定の指標には前脛骨筋および長腓骨筋の誘発筋電図を用いた。電気刺激には日本光電社製Neuropackを用い、1msの矩形波で前脛骨筋のM波最大振幅が出現する刺激強度で刺激を行った。神経を選択的に刺激するため、陰極には直径5mmの表面電極（Su-Pb、カスタムメイド）を使用し、腓骨頭直下周辺を単極刺激法で刺激した。陽極には直径4mmの表面電極（Ag-AgCl、日本光電社製Vitrode M）を使用し、腓骨頭の後方に添付した。予備実験において、陰極には上記サイズの電極がマトリクス状に配置された電極を作成し、自動で刺激部位を移動させることで計測時間の短縮を図る手法を検討した（図2）。

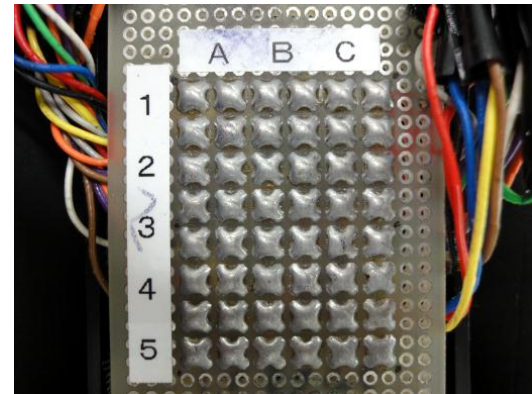


図2 陰極用マトリクス電極

この電極は、直径5mmの電極を48個配置した多チャンネル列電極であり、5mm×16個の範囲を同時に通電させることで20mm×20mmの電極として使用した。移動幅は5mmずつとし、腓骨頭直下より左右に15mm、下方に40mmの全範囲で計測を行った。しかし、刺激点の探索は非常に繊細であり、20mm×20mmの電極を5mmずつ移動させる手法では、選択的に深腓骨神経を刺激することが困難である可能性が示唆された。したがって本実験においては、陽極を固定した状態で、陰極に5mm×1個（5mm×5mm）の電極を用いて手で移動させながら同一範囲の計測を行い、最適な刺激点の探索、同定を行った。

誘発筋電波形は日本光電社製Neuropackを用いて増幅し、20Hz-1kHzのバンドパスフィルタを通した後、A/D変換器を介してサンプリング周波数5kHzでPCに記録した。計測用表面電極には上述の陽極と同様のものを使用し、十分な皮膚処理を行った後に前脛骨筋と長腓骨筋の筋腹上に添付した。それぞれのM波最大振幅値を測定後、深腓骨神経、浅腓骨神経それぞれが刺激されている割合の指標として前脛骨筋のM波(%Mmax)、長腓骨筋のM波(%Mmax)の比率（前脛骨筋のM波振幅/長腓骨筋のM波振幅）をリアルタイムで算出

た。陰極を手で移動させながら、その最大値が生じる部位、最小値が生じる部位について探索、同定した。最大値は、主に深腓骨神経が刺激された際に生じ、最小値は主に浅腓骨神経が刺激された際に生じると考えられる。それぞれ刺激部位が決まった後、各部位で2秒ごとに10波形の計測を行い、比率平均値を算出した。

③統計解析

深腓骨神経を刺激した際の比率と浅腓骨神経を刺激した際の比率について、対応のあるt検定を用いて比較検討した。また、刺激点座標の算出においては、腓骨頭の下縁を原点とし、腓骨の外果へ結んだ線をY軸、それと直行する線をX軸として二次元座標を作成し、その中心座標を算出後、68%の刺激点が含まれる確率楕円を算出した。

(2) 足関節底屈筋群への相反抑制における最適な電気刺激条件の検討

①対象者

対象は中枢神経系疾患、整形外科疾患の既往のない健常成人40名とし、4つの刺激条件（刺激周波数50Hz, 100Hz, 200Hz, 刺激なし）に10名ずつランダムに振り分けた。計測肢位は安楽な椅子坐位とした（股関節屈曲120度、膝関節屈曲120度、足関節底屈20度）。

②治療的電気刺激と誘発筋電図

計測時間は65分（治療的電気刺激の施行前5分、施行30分、施行後30分）とした。治療的電気刺激を入力する入力期40秒間と、誘発筋電図を記録する休止期10秒間の50秒間を1セットとし、施行前、施行後は入力期での治療的電気刺激は行わず、施行期は指定した周波数で電気刺激を行った。刺激部位は腓骨頭下部での深腓骨神経とし、我々が明らかにした標準刺激点を参考に最適な刺激点を同定した。刺激波形については、過去の研究で用いられた刺激条件と結果を基に、パルス幅を250 μ S、パルス形状を矩形波、刺激強度を運動閾値とした。

休止期に計測する誘発筋電図について、被験筋はヒラメ筋、テスト刺激部位は脛骨神経、条件刺激部位は深腓骨神経とした。テスト刺激の強度は最大M波の20から40%の範囲内でヒラメ筋のH反射振幅が誘発される強度とした。条件刺激の強度は前脛骨筋の運動閾値とした。条件刺激とテスト刺激の時間間隔は2msと20msとし、それぞれ相反抑制量、D1抑制量の変化を計測した。

③統計解析

統計は多重比較法のDunnnett検定を用い、治療的電気刺激施行前のH反射の振幅を対照群に、各周波数において5分ごとの振幅を比

較した($p < 0.05$)。最適周波数は、抑制効果が出現する時期とその効果の持続時間から検討した。

4. 研究成果

(1) 深腓骨神経および浅腓骨神経における最適な刺激点の検討

比率最大点（深腓骨神経が最も刺激される部位）では 3.8 ± 2.8 、比率最小点（浅腓骨神経が最も刺激される部位）では 0.4 ± 0.2 で、有意に異なる値であった（図3）。

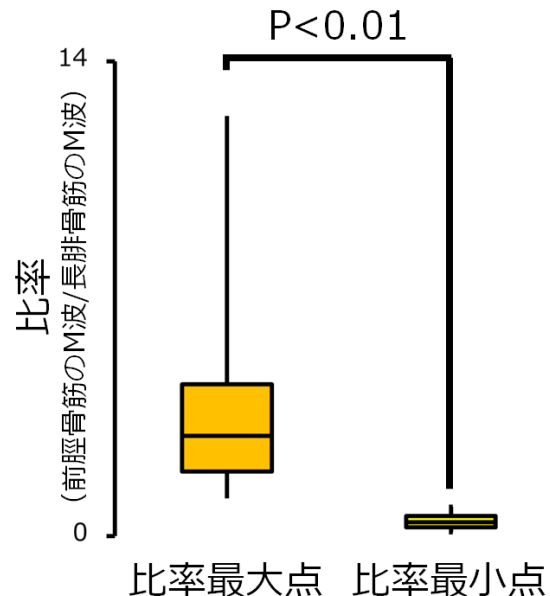


図3 比率最大点、比率最小点でそれぞれ得られた値の比較

この結果から、本研究で用いた刺激条件は、深腓骨神経および浅腓骨神経の選択的な刺激が可能な手法であったと考えられる。

また、それぞれの刺激点座標について、比率最大点（深腓骨神経が最も刺激される部位）は腓骨頭下方 7 ± 5 mm、前方 3 ± 6 mmが中心で、長径18mm、短径14mm程度の小さな楕円に全体の68%が含まれていた。一方、比率最小点（浅腓骨神経が最も刺激される部位）は腓骨頭下方 20 ± 7 mm、後方 12 ± 8 mmが中心で、長径27mm、短径15mm程度の比較的大きな楕円に全体の68%が含まれていた（図4、図5）。これらの刺激点は概ね解剖学的位置（解剖学的位置な腓骨頭下での神経の走行）と対応している。深腓骨神経の刺激点は腓骨頭の直下かつ前方の位置で、被験者ごとのばらつきは少なく集中していた。これは、総腓骨神経から分岐後すぐに、表層の筋群（長腓骨筋または長趾伸筋）が深腓骨神経を覆うためと考えられる。対照的に、浅腓骨神経の刺激点の被験者ごとのばらつきは大きい結果となった。これは、長腓骨筋に沿って体表に近い層を下行するため、その刺激点がばらついたと考えられる。

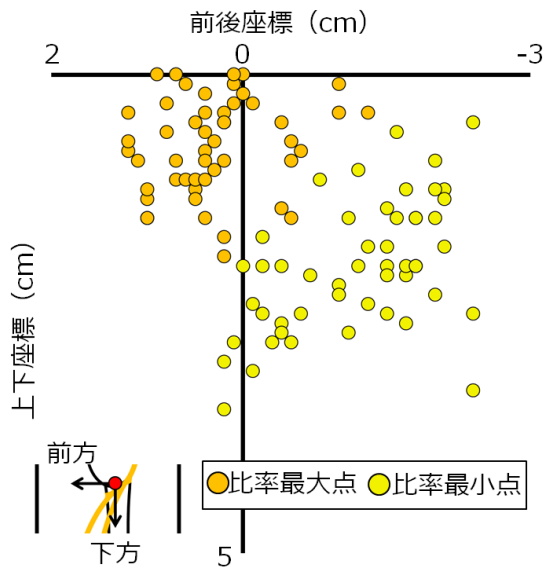


図4 比率最大点および比率最小点の分布

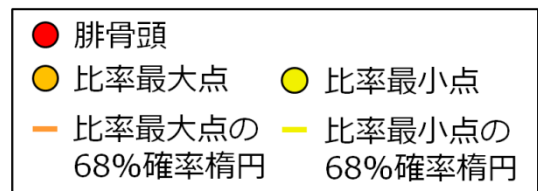
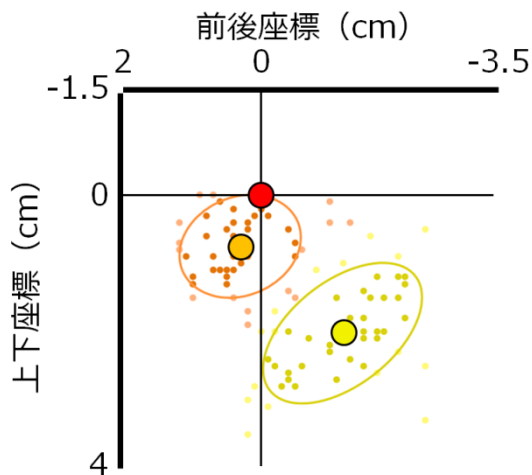


図5 比率最大点および比率最小点の中心座標と68%確率楕円

(2) 足関節底屈筋群への相反抑制における最適な電気刺激条件の検討

時間経過に伴うH反射振幅の変化を図6に示す。初期値と比較して有意に抑制が出現する時期においては、50・100・200Hzで刺激開始からそれぞれ25分後、20分後、15分後であった。また、抑制効果の持続時間においてはそれぞれ15分間、持続なし、持続なしであった。刺激なし群においては有意な抑制は認められなかった。相反抑制量およびD1抑制量は有意な変化は認められなかった(図7, 図8)。

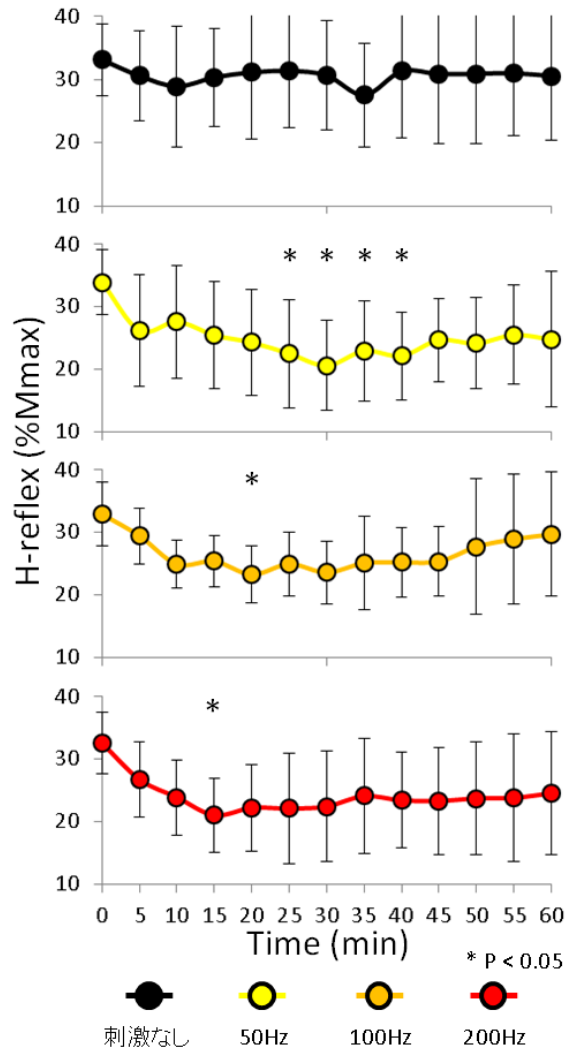


図6 時間経過に伴うH反射振幅の変化

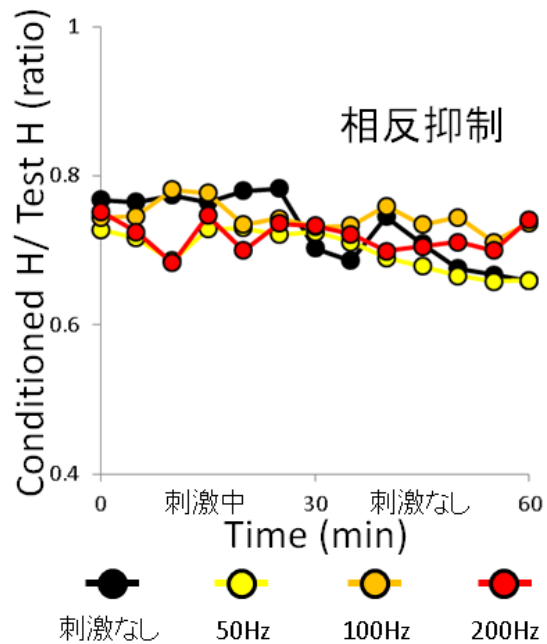


図7 時間経過に伴う相反抑制量の変化

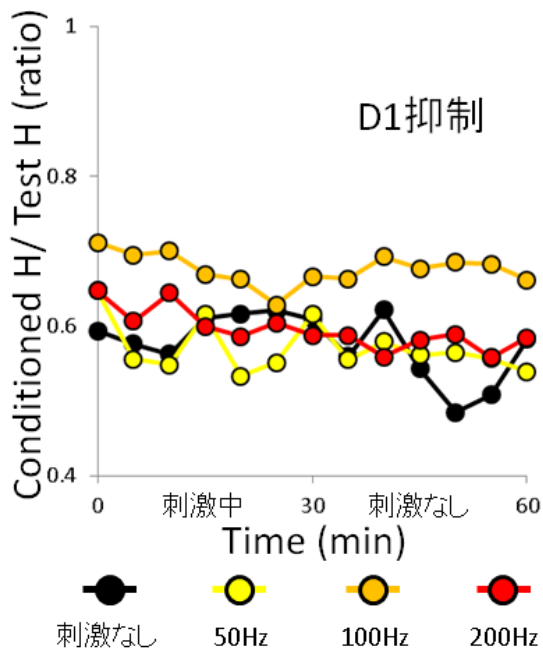


図8 時間経過に伴う D1 抑制量の変化

本研究によって、末梢神経への治療的電気刺激が脊髄運動ニューロンプールに与える影響が明らかになった。臨床において効果の持続は不可欠な因子であり、刺激周波数は50Hzが最適と考えられる。また、抑制が認められる刺激後25分からの15分間に、集中的な運動療法を行うことが有効である可能性が示唆された。

一方で、相反抑制量の変化および D1 抑制量の変化は認められなかった。したがって、1回の電気刺激療法では抑制機構自体を変化させることが困難であり、継続的な治療が必要である可能性も示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計1件)

① 田辺茂雄，足関節底屈筋群の痙縮に対する治療的電気刺激における最適な刺激点の検討，第47回日本理学療法学会大会，2012年5月26日，神戸国際展示場（兵庫県）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田辺 茂雄 (TANABE SHIGEO)

藤田保健衛生大学・医療科学部・講師

研究者番号：50398632