

平成 21 年 5 月 11 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500397

研究課題名（和文）

立位での足底特定部位への電気刺激による体性感覚誘発電位に及ぼす注意の影響

研究課題名（英文）

Effects of the attention on the somatosensory evoked potentials induced by the electric stimulation at the specific region of the foot sole during standing

研究代表者

浅井 仁（ASAI HITOSHI）

金沢大学・保健学系・教授

研究者番号：50167871

研究成果の概要：

今回の研究を通して、立位時に足底部（中足骨骨頭部）に電気刺激をして体性感覚誘発電位を測定した際に、刺激に対して注意を向けると誘発波形に影響が現れることが確認できた。次に、その影響は、N80 成分の振幅に現れることが確認できた。そして、前傾姿勢を保持し、中足骨骨頭部に注意を向けるトレーニングをすると、安静立位位置に近い位置で立位を保持したときに注意の影響が現れることが確認できた。このトレーニング法は、立位位置を知覚するトレーニング法に発展させることができると考える。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	2,300,000	0	2,300,000
2007 年度	600,000	180,000	780,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	360,000	3,860,000

研究分野：理学療法学

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：運動療法学

1. 研究開始当初の背景

前後方向における立位位置の知覚能は、一様ではなく、立位姿勢の安定性が高いと思われる立位位置（安静立位位置の近傍）では知覚能が低く、前傾度および後傾度が高まる立位位置では知覚能が高いことを明らかにした（Fujiwara, Asai, et al, 1999）。足底冷却装置を開発してからは、足底を機能的な部位毎に冷却することが可能となった。

我々の冷却法は冷水を用いる従来の方法とは異なり、実験中の冷却及び部位別の冷却が可能であり、足底圧情報の操作を安定してできるようになった。そして、知覚参照機構を

踏まえることにより、冷却部位からの圧情報の機能的役割のより妥当な解釈が可能となった。すなわち、足底全体を冷却した場合の立位位置知覚の結果から、安静立位位置では知覚能が低いですが足底圧情報の役割が大きいことが示唆された（Fujiwara, Asai, et al. 2003）。また、前傾度および後傾度が高まる立位位置では立位位置知覚能に冷却の影響が認められず、足底圧情報が使えない場合には他の情報によって補償されていることが示唆された（Fujiwara, Asai, et al. 2003）。このような位置では、筋活動や足底圧情報が大きな変化を示すことが報告されており（藤

原ら 1984)、感覚情報の大きな変化が位置情報になるものと考え、研究を行ってきた。その結果、立位姿勢の安定性が大きく低下する位置(および立位位置知覚能が高まる位置)の近傍における筋活動の大きな変化が知覚されやすく、その知覚においては、母指からの圧情報や第一中足骨骨頭部からの圧情報との連携が高いことが示唆された。

足底を機能単位に分け、各部位からの圧情報の機能的役割に注目した研究は、Kavounoudias et al.によって報告されている。しかし、立位位置の違いによる体性感覚情報の機能的な役割を検討した報告はない。今回の研究は、これまでの研究の延長上にあり、位置を知覚するための感覚情報を基にした脳内過程をとらえることにより、当該感覚情報の重要性を明らかにするものである。立位での足底への電気刺激による誘発電位の測定、及び立位位置の違いによる誘発電位の違いについて注意課題を導入して検討した報告はなく、これらは本研究の独創的な点である。体性感覚情報の処理過程をとらえることにより、当該情報の機能的な役割、及び当該情報を参照機構に組み込む過程が客観的に評価できると考える。このことは、理学療法における感覚代償および感覚機能改善についての治療プログラムを立案する際に重要な示唆を与えるものと確信する。

2. 研究の目的

本研究では、平成 18 年度(実験 1)は、立位における足底への電気刺激時にどのような選択的注意課題を課した場合に誘発電位の振幅が増大するかということを確認する。平成 19 年度(実験 2)は、平成 18 年度に確認した選択的注意課題を用いて、50%FL、60%FL、および 70%FL で立位姿勢を保持させ、それぞれの位置で中足骨頭部に電気刺激をする。そして、誘発電位の振幅に立位位置の違いによる影響があるかを確認する。前傾時の位置知覚において、中足骨頭部からの圧情報の重要性が高まると、誘発電位が大きくなるものと考え。平成 20 年度(実験 3)は、前傾を保持するトレーニングを課した後に、前傾を保持しているときの中足骨頭部に電気刺激をしたときに、誘発電位が大きくなるかということを確認する。

3. 研究の方法

1) 被験者

実験 1 の被験者は、成人女性 5 名、成人男性 7 名の 12 名(22.4±7.1 歳)である。実験 2 の被験者は、女子学生 4 名、男子学生 7 名の 11 名(22.6±3.1 歳)である。実験 3 の被験者は、女子学生 8 名、男子学生 10 名の 18 名(20.2±1.1 歳)である。全ての被験者は実験

の主旨について説明を受け、同意して参加した。

2) 使用機材

3 つの実験ともに、以下の実験装置を共通して使用した。前後方向の足圧中心(center of foot pressure 以下 CFP)位置を検出するため、床反力計(ワミーWA1001)を用いた。床反力計からの前後方向の足圧中心の電気信号は、A/D 変換器(I/O PIO-9045)を介してサンプリング周波数 1000Hz、分解能 12bit にてコンピューター(NEC PC-9800RS)に送られた。測定中、被験者の前後方向における立位位置をモニターするため床反力計からの電気信号をデジタルオシロスコープ(IWATSU DS-8607)へ入力した。被験者の右側中足骨頭部に電気刺激を加えるため、自作の電極と電気刺激装置(ユニークメディカル NS-101)を用いた。この電気刺激装置を駆動するために、トリガー信号発生装置(NF WF1945)およびトリガー信号増幅器(日本光電 AB-621G)を用いた。SEP を記録するために、銀-塩化銀皿電極を頭皮上に取り付けた。電極からの信号を生体アンプ(NEC, BIOTOP 6R12)にて 10000 倍に増幅し、バンドパスフィルター 0.5~1000Hz を通した。信号は、A/D 変換器(CONTEC, AD16-32/2 (CB)F)を介し、サンプリング周波数 2000Hz、分解能 12bit にてコンピューター(Dell Vostro200)に送られ、保存された。反応課題の右、中指屈曲時の浅指屈筋からの筋電図は、表面双極法によって導出され、生体アンプ(NEC BIOTOP 6R12)を用い 2000 倍に増幅された。信号は、A/D 変換器(CONTEC, AD16-32/2 (CB)F)を介し、サンプリング周波数 2000Hz、分解能 12bit にてコンピューター(Panasonic CF-W7)に送られ、記録された。

3) 手順

実験 1: 電気刺激の刺激部位は、右側足底の第一中足骨骨頭部とした。刺激は、1 Hz の矩形波による定電流刺激で、持続時間は 0.3 ms とした。オドポール(選択反応)課題を用い、1 Hz の連続した刺激の中で、標的刺激と非標的刺激の確率を 40%対 60%とした。標的刺激の刺激強度は感覚閾値の刺激強度の 1.2 倍、および非標的刺激の刺激強度は標的刺激の刺激強度との差が知覚できる最小の強度(標的刺激の刺激強度の 1.5 から 1.9 倍)とした。

実験条件は 3 つであり、1)電気刺激のみ(コントロール)、2)標的刺激の刺激回数を黙数する(数唱課題)、3)標的刺激に対して右手の、中指を速やかに屈曲する(反応課題)とした。これらの条件を座位と安静立位とで行い、合計 6 つの条件をランダムな順番で課した。各条件ともに 1 セット 60 秒間の刺激を 1 分間の休憩をはさみ

ながら5から7回繰り返した。安静立位条件では、裸足で足の内側面を平行に10cm離して床反力計上の所定の位置に立ち、両手を体側に下垂させた。

いずれの条件ともに閉眼とし、それぞれの肢位が安定した後、5秒間の予備刺激を行ってから誘発波形の加算を開始した。

実験2:全ての測定は床反力計上で行われ、被験者は閉眼にて、足の内側面を平行に10cm離れた立位姿勢にて行われた。被験者には、両手を体側に下垂し楽な立位姿勢を保つよう指示した。

はじめに、安静立位位置(QSP)を測定した。被験者に10秒間安静立位を保持させ、安静立位位置を測定し、前後方向のCFP平均値を算出した。これを3試行実施し、平均値をQSPとした。

電気刺激の刺激部位は、右側足底の第一中足骨骨頭部とした。刺激は、1Hzの矩形波による定電流刺激で、持続時間は0.3msとした。オドボール(選択反応)課題を用い、1Hzの連続した刺激の中で、標的刺激と非標的刺激の確率を40%対60%とした。標的刺激の刺激強度は感覚閾値の刺激強度の1.2倍、および非標的刺激の刺激強度は標的刺激の刺激強度との差が知覚できる最小の強度(標的刺激の刺激強度の1.5から1.9倍とした)。

課題は、刺激の弱い標的刺激に対して右、指を屈曲する反応課題と非反応課題とした。両課題ともにそれぞれ踵から40%、50%、60%、70%、QSP位置にて測定を行った。計10条件を被験者毎にランダムな順番で実施した。各条件とも60秒間の刺激を5~6回試行した。各試行間は1分間の座位での休憩を設けた。各立位位置は、検者によってオシロスコープにてモニターされ、目標立位位置の±1cmの範囲内で立位姿勢を保持するようにした。

いずれの条件ともに閉眼とし、それぞれの肢位をブザーを鳴らしながら立位姿勢を10秒間安定して保持した後、ブザー音を停止させ、その位置を保持したまま5秒間の予備刺激を行ってから60秒間の誘発波形の加算を行った。

実験3:全ての測定は床反力計上で行われ、被験者は閉眼にて、足の内側面を平行に10cm離れた立位姿勢にて行われた。被験者には、両手を体側に下垂し楽な立位姿勢を保つよう指示した。

はじめに、安静立位位置(QSP)を測定した。被験者に10秒間安静立位を保持させ、安静立位位置を測定し、前後方向のCFP平均値を算出した。これを5試行実施した。

電気刺激の刺激部位は、右側足底の第一中足骨骨頭部とした。刺激は、1Hzの矩形波による定電流刺激で、持続時間は0.3msとした。オドボール(選択反応)課題を用い、1Hz

の連続した刺激の中で、標的刺激と非標的刺激の確率を40%対60%とした。標的刺激の刺激強度は感覚閾値の刺激強度の1.2倍、および非標的刺激の刺激強度は標的刺激の刺激強度との差が知覚できる最小の強度(標的刺激の刺激強度の1.5から1.9倍とした)。

課題は、刺激の弱い標的刺激に対して右、指を屈曲する反応課題と非反応課題とした。両課題ともにそれぞれ50%、70%位置にて測定した。計4条件を被験者毎にランダムな順番で実施した。各条件とも60秒間の刺激を5~6回試行した。各試行間は座位での1分間の休憩を設けた。各立位位置は、検者によってオシロスコープにてモニターされ、目標立位位置の±1cmの範囲内で立位姿勢を保持するように口頭で指示した。

いずれの条件ともに閉眼とし、それぞれの肢位をブザーを鳴らしながら立位姿勢を10秒間安定して保持した後、ブザー音を停止させ、その位置を保持したまま5秒間の予備刺激を行ってから60秒間の誘発波形の加算を行った。また、電気刺激に対する閾値の上昇を考慮し、2条件毎に閾値の確認を行った。

4. 研究成果

1) 実験1

P30の振幅は、座位では、課題条件によって有意に異なることが明らかとなり($F_{(2,11)}=3.9$, $p<0.05$)、多重比較検定の結果、コントロール(SEP)に比べて数唱課題および反応課題での振幅が大きかった(数唱課題: $p<0.05$ 、反応課題: $p<0.05$)、立位でも課題条件による有意な影響が明らかとなり($F_{(2,11)}=4.1$, $p<0.05$)、多重比較検定の結果、コントロール(SEP)に比べて反応課題の振幅が大きかった($p<0.05$)。

また、N80成分は、座位では、課題条件による有意な違いは認められなかった。これに対して立位では、課題条件によって有意に異なることが明らかとなり($F_{(2,11)}=5.3$, $p<0.05$)、多重比較検定の結果、コントロール(SEP)に比べて反応課題の振幅が有意に大きかった($p<0.05$)。

2) 実験2

二元配置分散分析を行った結果、N80においてのみ、注意課題による有意な影響が認められた($F_{(1,4)}=6.1$, $p<0.05$)。課題と立位位置による有意な交互作用は認められなかった。N80において位置ごとに条件による違いを求めたところ、50%立位位置にのみ有意な差が認められた($t=2.51$, $p<0.05$)。その他のP30、N45、P60、P100、N145においては立位位置、および反応・非反応課題間に有意な差は認められなかった。各成分の潜時においても立位位置、注意課題による有意な影響は認められなかった。

非標的刺激に対する誤反応率には、位置による有意な影響が認められ ($F_{(4,10)} = 2.79, p < 0.05$)、多重比較検定の結果、70%立位位置での誤反応率が、他の立位位置でのそれに比べて有意に大きかった。

3) 実験3

実験1、および2で、注意の影響がN80成分に現れたので、本実験ではN80成分を分析した。

トレーニング群では、50%FLでの立位においてトレーニング前のSEPと注意課題との間にN80成分振幅に有意な違いは認められなかった。これに対して、トレーニング後では、注意課題の振幅がSEPの振幅よりも有意に大きかった ($t = 2.51, p < 0.05$)。一方、70%FLでの立位においては、トレーニング前およびトレーニング後ともに、SEPと注意課題との間にN80成分振幅に有意な違いは認められなかった。

コントロール群では、50%FLおよび70%FLでの立位に共通して、1回目、2回目ともに、SEPと注意課題との間にN80成分振幅に有意な違いは認められなかった。

N80成分の潜時は、トレーニングおよびコントロール群ともに、いずれの立位位置においてもSEPと注意課題との間に有意な違いは認められなかった。

以上の結果から、反応課題によって足底への電気刺激に注意を向けることによって、体性感覚誘発電位の振幅が有意な影響を受けることが明らかとなった。また、50%立位位置において知覚認知に関係する時間帯に現れるN80成分の振幅が増大したことから、注意によって情報処理がより増大することが示唆された。立位での足底への電気刺激に注意を向けることによる影響はN80成分を分析することで明らかになる可能性が示唆された。一方、安定性の低い70%立位位置においては注意による有意な影響が認められなかった。70%立位位置における注意の影響については、今後の検討によって解明する必要がある。また、70%FLでの第一中足骨頭部への注意のトレーニングを行った結果、50%立位位置において注意によって知覚認知するための情報処理量がより増大することが示唆された。このことは、立位位置の知覚のためのトレーニング手段として有効となる。

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)

[雑誌論文](計2件)

1. Ai J, Fujiwara K, Asai H, Koshida K, Tomita K, Kawahara N and Tomita H: Postural movement during bilateral arm flexion and deformity of lumbar vertebral bodies

related to chronic low back pain in elderly women. Health and Behavior Sciences, 6(1): 9-19, 2008. (査読有)

2. Fujiwara K, Kunita K, Furune N, Maeda K, Asai H, Tomita H.: Optimal vibration stimulation to the neck extensor muscles using hydraulic vibrators to shorten saccadic reaction time. J Physiol Anthropol. 25(5):345-51, 2006. (査読有)

[学会発表](計3件)

1. Asai H, Fujiwara K, Kurokawa N, Naka M.: Effect of patella movement on perceptibility of standing position in backward leaning posture. 36th Neuroscience, San Diego, Nov 5, 2007. (2007年11月5日)

2. Fujiwara K, Asai H.: Perceptibility of large change in foot pressure and postural muscle activity during leaning forward and backward in stance. 35th Neuroscience, Atlanta, Oct 17, 2006. (2006年10月17日)

3. Asai H, Fujiwara K.: Perceptibility of large change in foot pressure and postural muscle activity during leaning forward and backward in stance. 35th Neuroscience, Atlanta, Oct 16, 2006. (2006年10月16日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浅井 仁 (ASAI HITOSHI)
金沢大学・保健学系・教授
研究者番号: 50167871

(2) 研究分担者

藤原 勝夫 (FUJIWARA KATSUO)
金沢大学・医学系・教授
研究者番号: 60190089

(3) 連携研究者

なし