

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 14 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2014

課題番号：22500452

研究課題名(和文) 後傾立位の位置情報としての膝蓋骨移動、および踵部圧分布の大きな変化

研究課題名(英文) The Role of patellar movement and large change of heel pressure distribution during backward leaning posture in perception of backward standing position

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、後傾立位時の膝蓋骨移動、および踵部圧分布の大きな変化が、後傾立位の位置情報になることを検討した。

平成22年度と23年度は後傾時の膝蓋骨の上方移動に焦点を当て、それぞれ26名、9名の健常者を対象に検討した。その結果、膝蓋骨移動に関する情報は位置情報として重要であること、および膝蓋骨上部の軽い圧迫が膝蓋骨の移動を知覚し易くすることを明らかにした。

平成24年度と25年度は、踵部圧分布の大きな変化に焦点を当て、それぞれ9名、15名の健常者を対象に検討した。その結果、後傾時の踵圧情報の大きな変化が位置情報になり得ること、および圧情報の付加効果は位置知覚能が低い場合に有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the role of the patellar movement and the large change of heel pressure distribution during backward leaning posture in perception of the backward standing position.

The patellar movement was examined in 2010 and 2011 among 26 and 9 subjects. The results led us to the following conclusions: the information coming from patellar movement is important for the body position perception during backward leaning position, and a light pressure to patellar upper region enhances the patellar movement perception. The large change of heel pressure distribution was examined in 2012 and 2013 among 9 and 15 subjects. The results suggested that the large change of the heel pressure distribution contributed providing perceptual information for the body position perception during backward leaning position, and an additional pressure to the heel was effective to improve the perception in cases of low perceptibility of backward leaning in standing position.

研究分野：理学療法学

キーワード：立位位置知覚 膝蓋骨 踵圧分布 位置情報

### 1. 研究開始当初の背景

我々はこれまで、前後方向における立位位置の知覚能が高まる位置は、筋活動や足底圧分布が大きく変わる立位位置と対応すること (Fujiwara, Asai et al. 1999; 2003) から、体性感覚情報の大きな変化が位置情報として機能するという仮説を立て、検証をしてきた (Asai and Fujiwara 2003; Fujiwara, Asai et al. 2005)。本研究では、この仮説を踏まえて、安静立位から後傾した時の膝蓋骨の移動・大腿四頭筋の活動、および踵部の足底圧分布の大きな変化と後傾での位置知覚との関係に焦点を当てる。

膝蓋骨の移動・大腿四頭筋の活動は、足圧中心位置が踵点から足長の30から35%の位置でみられ、踵部の足底圧分布の大きな変化は同じく25%前後の位置でみられる。これらの変化に伴う体性感覚情報の大きな変化も位置情報として機能すると考える。すなわち、これらの情報が位置情報として参照枠 (Ferrell et al. 1987; Burke et al. 1988) に組み込まれているならば、これらの事象の大きな変化は正確に知覚され、これらの情報が大きく変化する位置に近い位置での知覚能が特異的に高まるものと考えられる。

理学療法では姿勢調節能力を高めることが重要であり、安全な動作遂行を担保するためには正確な位置の知覚に基づいた姿勢調節を行う必要がある。それゆえ、これらの情報は、それぞれの発生する位置からして、後方安全のための2重の情報であると考えられる。

ところが、膝蓋骨が移動しない場合でも、筋収縮による筋の形状の変化に伴い大腿部前面の皮膚形状が変化する。この皮膚形状の変化に伴う感覚情報も位置情報として参照枠に組み込まれるのではないかと考える。すなわち、膝蓋骨が動かなくても、皮膚を軽く圧迫するなどして筋活動時の皮膚の形状の変化を知覚しやすい環境を作ることによって、皮膚感覚情報の変化を位置情報として参照枠の中に組み込むこと (参照枠でのこれらの情報に対する重み付けを変えている (Ferrell et al. 1987; Burke et al. 1988)) ができれば、位置知覚能が高まるものと考えられる。

また、後傾時の踵圧分布の大きな変化は、踵骨の形状との相関が高く、この変化に伴う体性感覚情報の大きな変化は知覚しやすい (浅井と藤原 2003; Fujiwara, Asai et al. 2005)。この踵圧分布が大きく変化する位置は、最後傾位置の少し前方であり (浅井と藤原 2003; Fujiwara, Asai et al. 2005)。一般に位置知覚能が高い。ところで、我々はこれまで足底の任意の部位を冷却することにより皮膚感覚能を低下させる方法を開発し、足底圧情報の機能的役割を明らかにしてきた (浅井と藤原 1995; Asai and Fujiwara 2003; Fujiwara, Asai et al.

2003)。この方法を用いて踵部を冷却し、踵部からの皮膚感覚能を低下させた場合に、後傾時の位置情報として他に補償する情報がなければ、前述した特定の立位位置での位置知覚能が低下するものと考えられる。加えて、踵圧情報を付加することの意義についても明らかにする。すなわち、踵圧情報が位置情報として機能しているならば、踵圧を付加することにより後傾立位位置の位置知覚能が改善する可能性が考えられる。

### 2. 研究の目的

(1)平成22年度:最初に膝蓋骨が移動、および大腿四頭筋の活動が大きく変化したときの立位位置とその知覚の正確性を測定する。次に、同一被験者を対象にして、立位位置知覚能を測定し、膝蓋骨が移動した位置での知覚能が特異的に高いこと、および膝を屈曲することによりこのような知覚能の高さは得られなくなることを明らかにする。

(2)平成23年度:膝蓋骨上部を圧迫するための圧迫帯を作製する。後傾時の膝蓋骨の移動に伴う体性感覚情報の大きな変化を最も知覚しやすくするために、健常人を被験者にして圧迫する部位、大きさ、および強度などを決定する。

(3)平成24年度:最初に踵圧分布が大きく変化する立位位置を調べる。次に、同一被験者を対象にした立位位置知覚能の測定から、踵圧分布が大きく変化した位置での知覚能が特異的に高いこと、および踵部を冷却することによりこのような知覚能の高さは得られなくなることを明らかにする。

(4)平成25年度:健常人を被験者にして、踵部に圧刺激を加えることによる後傾の立位位置知覚への効果を明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

平成22年度と23年度は、膝蓋骨の移動とその知覚に焦点を当てた。

平成22年度は、26名の被験者を対象に膝蓋骨が移動し、および大腿四頭筋の活動が大きく変化したときの立位位置とその知覚の正確性を測定した (実験1)。そして、膝を伸展した状態と軽度屈曲した状態とでの立位位置知覚能を測定した (実験2)。実験1では、被験者に安静立位を3秒間保持させた後、最後傾位に向けて約10秒間かけて姿勢変換させた。十分な練習の後に実験を開始した。この姿勢変換の途中に膝蓋骨の移動に関連した感覚情報、あるいは大腿部からの感覚情報の大きな変化を知覚した場合に小型スイッチを速やかに押すように指示した。試行中は、安全確保のため被験者の後方に放射線プロテクターを装着した検者を立たせた。実験条件は、安静立位時に可能な限り大腿直筋を弛緩させた条件 (弛緩条件) と、安静立位時に大腿直筋を収縮させ膝蓋骨を上方に引

き上げた条件(収縮条件)との二つであった。X線の照射は、弛緩条件のみで行なわれ、安静立位位置から最後傾位置まで1試行毎に照射された。X線の総照射時間は1分以内、および総放射線量を4.4mGy以下とし、被験者のX線被曝量を最小限にするようにした。

実験2では、最初に安静立位位置を3秒間ずつ10回測定した。次に安静立位位置からの後傾中における膝蓋骨の移動に関連した感覚情報の大きな変化の知覚についての試行が10回課された。この試行では被験者に対して、安静立位を3秒間保った後、最後傾位に向けて姿勢変換をし、この途中に膝蓋骨の移動に関連した感覚情報の大きな変化を知覚した場合に小型スイッチを速やかに押すように指示した。次に、参照立位位置の再現能力から立位位置の知覚能を調べた。この位置知覚能の測定における参照位置は、以下のように設定された。膝蓋骨の移動を知覚した足圧中心位置(知覚位置)を挟んで、その前方および後方に5%FL毎に2つずつの合計5つの参照位置(知覚位置+10%FL位置、知覚位置+5%FL位置、知覚位置、知覚位置-5%FL位置、および知覚位置-10%FL位置)を設定した。これらの5つの参照位置の再現をランダムな順番で1回ずつ行わせ、これを1セットとし、セット間に3分間の休憩を挟みながら7セット課した。位置知覚能の測定方法：1)被験者は安静立位を3秒間保持した。2)被験者は身体を随意的にゆっくりと前傾ないし後傾させることにより、ブザー音が鳴る位置を探した。このブザーを手がかりにして立位を3秒間保持、知覚させた。この位置を参照位置とした。3)被験者は参照位置から、安静立位位置を経ずに椅座位をとり、これを3秒間保持した。4)被験者は再度立ち上がり、安静立位を3秒間保持した後、参照位置への再現を開始した。5)被験者は再現位置でスイッチを押し、その後その位置を3秒間保持した。

平成23年度は後傾時に膝蓋骨の上方移動が確認された9名の健常者を対象とした。安静立位位置の測定の後、安静立位位置よりやや前方からゆっくりと後傾させた。この後傾中に膝蓋骨の移動を知覚した場合に、利き手に持ったスイッチを素早く押すように指示した。この試行を以下の3つの条件において15試行ずつ行った：コントロール条件(非圧迫条件)、150gの力で圧迫する条件(150g条件)、および300gの力で圧迫する条件(300g条件)。圧迫条件では、厚さ10mm、高さ15mm、幅30mmのゴム製の直方体を用いた。この直方体に荷重センサーを取り付け、圧迫時の強度が所定の値になるように、伸縮性テープの貼り方の強さを調節した。コントロール条件を最初に実施し、圧迫条件の順番は被験者毎にランダムとした。圧迫条件の終了毎に、コントロール条件での知覚強度を5としたときの知覚強度を申告させた。膝蓋骨上部を圧迫するための圧迫帯を作製し、この圧迫帯を

装着することにより膝蓋骨の移動に対する知覚の正確性が高まることを検証した。

平成24年度と25年度は、踵圧情報と後傾立位位置知覚との関係に焦点を当てた。

平成24年度は9名の健常者を対象に、踵部を冷却することにより踵圧情報の入力を減弱させて、その時の後傾立位位置知覚能を測定した(平成22年度の方法に準じる)。足長の後方三分の一を踵部と定義し、我々がこれまで行ってきた冷却方法(浅井と藤原1995, Asai & Fujiwara 2003, Fujiwara, Asai et al. 2003)と同様の方法で当該部位を冷却した。冷却中は10分ごとに踵部測定の2点閾値を測定し、冷却前の1.3倍の閾値となったところで冷却を継続しながら測定を開始した。測定は、最後傾位置、転倒開始位置、立位位置知覚能の順番で実施された。実験条件は、冷却無条件と冷却条件であった。立位位置知覚能は、参照位置を再現する際の参照位置と再現位置との絶対誤差によって評価された(Fujiwara, Asai et al. 1999, 2003, 2010)。前後方向の立位位置は、足圧中心位置の足長に対する踵点からの相対距離で表した。参照位置は、45%FL、40%FL、35%FL、30%FL、25%FL、および20%FLの6箇所とした。被験者は、冷却条件毎に各位置をランダムな順番で、休憩をはさみながら7回ずつ再現した。冷却条件の順番は、被験者によりランダムとし、両条件の間は最低3日間以上開けた。

平成25年度は15名の健常者を対象に、踵部に圧刺激を付加した時の後傾立位位置知覚能を測定した。前後方向の立位位置は、足圧中心の足長に対する踵点からの相対位置(%FL)で表した。立位位置知覚能の測定は平成22年度の方法に準じて行われ、40、35、30、25、および20%FLの5つの参照位置が設定された。5つの参照位置の再現は先行研究に基づき、休憩を挟みながら各参照位置の再現試行が7回となるまでランダムな順番で繰り返された。立位位置知覚能は位置毎に参照位置と再現位置との誤差(7試行の平均値)により評価された。踵圧情報を付加するために両側の踵骨隆起部の足底に六角ナット添付した。六角ナットは、前後径5mm、厚さ3mm、および前後径4mm、厚さ2mmの2種類が用意された。実験に先立ち、被験者にはそれぞれの六角ナットを添付し5分以上の立位姿勢を保持してもらった。そして、被験者毎に疼痛が出現しなかった六角ナットが採用された。実験は、六角ナットを添付した条件(圧付加条件)、および添付しなかった条件(無付加条件)の2条件で、被験者毎にランダムな順番で行われた。

#### 4. 研究成果

平成22年度は、はじめに、安静立位から後傾した場合の膝蓋骨の上方への変位の様相と、膝蓋骨が上方に変位したことの知覚について検討した。被験者は無作為に抽出した

12名であった。一人の被験者に対して安静立位からの後傾を4試行ずつ行なわせた。12名中8名は4試行全てにおいて後傾に伴う膝蓋骨の上方変位が確認できた。3名は4試行ともに膝蓋骨の上方変位が確認できなかった。残りの1名は、膝蓋骨の変位が確認できた試行とできなかった試行とが混在していた。後傾時に膝蓋骨が変位する被験者とそうでない被験者の存在が明らかとなった。そして、膝蓋骨が上方変位した試行における変位の大きさは平均9mmであり、膝蓋骨の変位を知覚できた試行の割合は約91%と高かった。膝蓋骨が上方変位を開始した立位位置と膝蓋骨の変位を知覚した立位位置との相関は、 $r = 0.91$ と非常に高かった。このことから、安静立位から後傾した場合の膝蓋骨の上方への変位は、正確に知覚され、位置情報として重要である可能性が示唆された。次に、安静立位からの後傾時に膝蓋骨が確実に上方へ変位する被験者14名を対象に、膝蓋骨の変位を知覚した立位位置に近い位置で知覚能が特異的に高まるか否かを立位位置再現能力から検討した。膝関節を伸展して膝蓋骨の移動が可能な条件と膝関節を軽度屈曲して膝蓋骨が移動しにくい条件とで実験を行った。参照位置は、膝蓋骨の変位を知覚した立位位置に最も近い位置(膝蓋骨変位知覚位置)を中心にして設定した。その結果、膝蓋骨変位知覚位置での知覚誤差は小さく、最後傾位置での知覚能とほぼ同じ値を示し、その前方および後方の位置でのそれよりも有意に小さかった。このことにより、膝蓋骨が上方に変位することによって発生する感覚情報は、位置情報として機能していた可能性が示唆された。

平成23年度は、後傾時の立位位置知覚能を高めるために膝蓋骨上縁部からの体性感覚情報の変化を知覚し易くする方法として、膝蓋骨上縁部に圧迫を加えた。そして、膝蓋骨の移動にともなって発生する皮膚の変形の知覚を容易にさせることを試みた。知覚強度は、コントロール条件での5に対して、150g条件では $5.8 \pm 1.5$ 、300g条件では $6.7 \pm 2.8$ と、圧迫強度が増すと知覚強度も増す傾向にあったが、いずれも有意ではなかった。9名中、圧迫条件の知覚強度がコントロール条件よりも低いと申告した被験者が2名いた。この2名のコメントは、「圧迫は邪魔ではないが不自然であった。」「膝蓋骨の動きを邪魔されている感じがした。」というものであった。多くの被験者では、圧迫によって知覚強度が増し、圧迫の効果が認められた。しかし、強度が減る被験者もいたことから、適応や形状について吟味したい。

平成24年度と25年度は、踵部圧分布の大きな変化に焦点を当てた。その結果、後傾時の踵圧情報の大きな変化が位置情報になり得ること、および圧情報の付加効果は位置知覚能が低い場合に有効であることが示唆された。

平成24年度の結果によると、冷却条件の最後傾位置(17.5%FL)は、非冷却条件でのそれ(19.6%FL)よりも有意に後方であった( $t=2.89$ ,  $p<0.05$ )。転倒開始位置(約12%FL)は、冷却による有意な違いはなかった。各参照位置での絶対誤差における冷却の影響は25%FLでのみ認められ、冷却時の絶対誤差が非冷却時のそれよりも有意に大きかった( $t=2.89$ ,  $p<0.05$ )。また、非冷却時の25%FLでの絶対誤差は、20%FLと30%FLでの誤差より求めた予測値に対して有意に小さかった( $t=3.78$ ,  $p<0.01$ )。以上の結果からすると、最後傾位置の踵部冷却による有意な後方変位は、先行研究(Asai, Fujiwara et al. 1990)を支持するものであり、この位置の知覚のための知覚参照枠に踵圧情報が貢献している可能性が示唆された。また、位置知覚能が踵部冷却の有意な影響を受けたのは25%FLのみであり、25%FLは後傾時の踵圧分布が大きく変化する位置(Fujiwara, Asai et al. 2005)に近いので、この踵圧分布の大きな変化が位置知覚の参照枠に、特異的に貢献するものと考えられた。

平成25年度の結果について、絶対誤差における参照位置と刺激条件について2元配置反復測定分散分析をしたところ、踵圧刺激の有無に関係なく40ないし35から20%FLにかけて絶対誤差が有意に小さくなった( $F(4,140) = 35.0$ ,  $p<0.01$ )。しかし、圧刺激の負荷による有意な影響は認められなかった( $p>0.05$ )。位置と圧刺激の有無による交互作用はなかった。圧刺激付加による絶対誤差への影響は個人毎に位置によって異なっていた。そこで、参照位置毎に無負荷条件での絶対誤差と圧付加条件でのそれとの相関を検討したところ、40%FLでは $r = -0.65$ 、35%FLでは $r = -0.50$ 、30%FLでは $r = -0.63$ 、25%FLでは $r = -0.45$ 、および20%FLでは $r = -0.69$ といずれの参照位置も負の相関が認められた。このうち、40、30および20%FLでは有意な相関が認められた。以上の結果からすると、無付加条件での参照位置毎の絶対誤差は、先行研究のデータとほぼ同じであり、今回の被験者がこれまでの被験者と同様の立位位置知覚能を持つ被験者であることが確認された。しかし、位置毎の絶対誤差において刺激条件による有意な影響は認められず、個人毎にその圧刺激付加の影響が異なる可能性が示唆された。そこで、参照位置毎に無負荷条件での絶対誤差と圧付加条件でのそれとの相関を検討したところ、40、30および20%FLでは有意な相関が認められたのははじめ、いずれの参照位置も負の相関が認められた。このことは、無付加条件での絶対誤差が小さく知覚能が高い場合は、圧付加条件での絶対誤差が大きくなり知覚能が低くなることを示している。すなわち、無付加条件で知覚能が高い場合は踵部への圧刺激の付加が逆効果であり、無付加条件で知覚能が低い場合は踵部への圧刺激の付加が効果的であっ

たことが明らかとなった。

## 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)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

浅井 仁、後傾時の立位位置知覚能に及ぼす踵部圧付加の効果、第50回日本理学療法学会、平成27年6月5日、東京国際フォーラム(東京都千代田区)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

## 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