

機関番号：37116

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20590665

研究課題名（和文）足底荷重を指標にした腰痛発症要因の検討

研究課題名（英文）Evaluation of low back pain factors by measuring the planter pressure.

研究代表者

筒井 隆夫（TSUTSUI TAKAO）

産業医科大学・産業生態科学研究所・非常勤講師

研究者番号：60309987

研究成果の概要（和文）：本研究は、「足底にかかる荷重の分布や推移から、腰部負荷が推定できる」という仮説を立て、これを検証し、腰痛の発症要因を検討した。まず、様々な姿勢における足底荷重と腰部負荷との関係を調べた。その結果、腰部の前屈角度が増加すると、足底荷重のつま先/踵比が増加し、背筋の筋電図も増加した。次に、靴の中敷型の足底荷重記録計を作成し、足底荷重を長時間記録した。その結果、足底荷重の推移から、動作が推定でき、立位作業では、立位時間に比例して、腰痛が強くなることがわかった。

研究成果の概要（英文）：In this study, we hypothesized that the planter pressure could estimate the stress of the back muscles. First, we investigated the relationship between the planter pressure distribution and the back muscles stress. According to the tilt angle of the low back, the toe/heel ratio of planter pressure was increased and also increased electro myogram of the low back muscles. Next, we created the insole typed planter pressure data loggers and measured planter pressure of the subjects during several hours. We could estimate the motion of the subjects from the planter pressure. And also we revealed that the longer standing period caused a reason of low back pain among long standing workers.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：社会医学・公衆衛生学・健康科学

キーワード：健康管理、足底荷重、腰痛、重量物、姿勢

1. 研究開始当初の背景

職場における腰痛は、有病率が高く、その対策は喫緊の課題である。腰痛対策を行うためには、まず、腰痛の原因を明らかにする必要がある。外傷性腰痛は、原因を特定しやすいが、非外傷性の腰痛は、原因が分かりにくく、これまで、質問票や作業姿勢の解析、筋電図の測定など、様々な手法で原因を調べていた。しかし、従来の方法は、計測時間が長

くなると、解析に手間がかかり、また、客観的な評価が困難であった。

そこで、我々は、足底にかかる荷重に着目し、足底荷重の分布や時間的推移から、作業者の姿勢や動作が推定できるのではないかと考えた。この手法により、長時間にわたる作業者の姿勢や動作を推定できれば、腰痛の程度や頻度と関連付けることにより、腰痛の原因を推定することが可能になると考えた。

2. 研究の目的

- (1) 足底荷重の分布から、姿勢や腰部負荷が推定できるか否か検討すること。
- (2) 足底荷重の時間的推移から、動作が推定できるか否か検討すること。
- (3) 足底荷重の分布や時間的推移から、腰痛の原因が推定できるか否か検討すること。

3. 研究の方法

(1) 足底荷重の分布から、姿勢や腰部負荷が推定できるか否か

①8種類のOWAS姿勢(Ovako Working Posture Analysing System)と歩行、重量物を挙上した場合における足底荷重分布および背筋の筋電図との関係

被験者は、男性4名(年齢 28.3 ± 0.5 才、身長 169.8 ± 4.1 cm、体重 67.5 ± 8.4 kg)、女性4名(年齢 21.8 ± 1.0 才、身長 162.3 ± 2.8 cm、体重 51.1 ± 2.1 kg)とし、8種類のOWAS姿勢と歩行、重量物の挙上(体重の10%)を、それぞれ30秒間させた(図1)。足底荷重分布は、足圧分布測定システム(F-スキャン、ニッタ株)を使用して、左右の靴に荷重センサーシートを挿入し、計測した。F-スキャンは、荷重感知部分が、1センサーシートあたり 21×60 セルに分割されており、第1足指IP(基節骨末節骨間)関節底側、第1足指MP(中足骨基節骨間)関節底側、第3足指MP関節底側、第5足指MP関節底側、踵骨底側の5カ所において、最大荷重を示す4セルを選択し、平均値をその部位の荷重とした。腰部負荷は、ポータブル筋電計(NEC株)を使用して背筋(傍脊柱筋)の筋電図を測定し、最大背筋力発揮時の筋電図との割合(%MVC)で評価した。



図1 8種類のOWAS姿勢、歩行、重量物挙上



図1 8種類のOWAS姿勢、歩行、重量物挙上

②前屈角度を10度ずつ変化させた場合における足底荷重分布および背筋筋電図の測定方法

被験者は、男性5人、女性5人の合計10人(年齢 25.2 ± 9.1 歳、身長 163.8 ± 10.1 cm、体重 59.7 ± 11.2 kg)とした。背筋負荷を段階的に変化させるために、腰椎の前屈角度を -10 度から 70 度まで 10 度間隔で変化させた姿勢をそれぞれ 10 秒間取らせた。また、上

肢を下垂させて、 5 kgの重量物を持たせ、同様の姿勢を取らせた。さらに、直立位で、上肢を水平位に挙上させて、 5 kgの重量物を持たせ、重量物と体幹までの距離を3段階に変化させた。背筋負荷は、両側の傍脊柱筋の筋電図を測定し、それぞれの姿勢における筋電図を最大収縮時の筋電図で割った値(%MVC)にて評価した。つま先/踵比は、足底荷重分布計測器(F-スキャン、ニッタ株)を使用して測定し、足底の前 $1/3$ にかかる荷重を後ろ $1/3$ にかかる荷重で割った値にて評価した。

(2) 足底荷重の時間的推移から、動作が推定できるか否か

①足底荷重記録計の開発

足底荷重を長時間、連続して測定するために、靴の中敷型の足底荷重記録計を開発した。記録部分は、 $23\text{mm} \times 23\text{mm}$ の基板上に、クロック 20MHz のH8C Tinyマイクロコンピュータチップ(R5F21237JFP、ルネサスエレクトロニクス)と 1GB のマイクロSDカードメモリー(1GB microSD, SanDisk)を搭載し、 320mA/hr のリチウムポリマー電池(LG325-0320-1S、ハイペリオン)で駆動した。この構成で、 14 時間以上、連続した記録が可能であった。

足底荷重記録計は、靴の中敷の形状とし、踏んでも壊れないように堅牢な構造とした。中敷のサイズは、 22cm から 28cm まで、 1cm 間隔で作成した。厚さは、最大約 7.0mm 、重量約 60g となった。フィルム状の荷重センサー(FSR-402、インターリンク株)は、第3中足骨の中足骨基節骨間関節と踵骨の直下に設置した。裏面から見た外観を図2に示す。

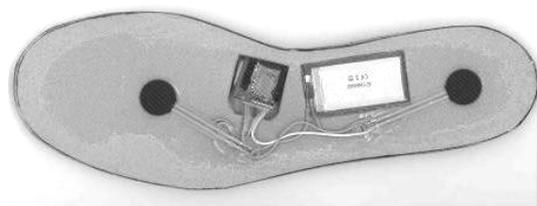


図2 足底荷重記録計

②足底荷重より動作を判定する方法

開発した足底荷重記録計は、 0.05 秒間隔で足底荷重をサンプリングし、 1 秒間隔でその最大値と平均値をメモリーに記録した。動作解析には、表計算ソフト(Excel、Microsoft)を使用した。まず、「歩行」、「立位」、「座位」、「脱靴」(靴を脱ぐ)を、それぞれ 1 分間隔で行わせ、各動作における足底荷重の平均値と最大値を 1 分間で平均し、つま先と踵を合計し、それぞれの動作における基準値とした。この基準値を基にして、実際の動作を、「歩行」、「立位」、「座位」、「脱靴」に判別した。

③実動作と足底荷重記録計で判定した動作との比較

両側の靴に足底荷重記録計を挿入し、被験者1名に、「走行」、「歩行」、「静止した立位」、「静止した座位」、「動きのある立位」、「動きのある座位」、「脱靴」を各10分間ずつ、3回行わせ、両側の足底荷重分布から各動作を判定し、実動作と比較した。

(3) 足底荷重の分布や時間的推移から、腰痛の原因が推定できるか否か

手術室で機械出しの介助をする立位作業者7名(女性、腰痛の既往歴無し、年齢30.9±9.5才、身長158.7±3.6cm、体重53.4±8.1kg)を被験者として、両側の靴に足底荷重記録計を挿入し、朝8時頃から夕方5時頃までの足底荷重を測定した。また、勤務終了後に、1分間隔で、「歩行」、「立位」、「座位」、「脱靴」を行わせ、動作解析のための基準値を計測した。腰痛および背部痛は、勤務前と後にアンケート調査を行い、痛みの程度をVisual analog scale (0-10)で評価した。足底荷重より、「歩行」、「立位」、「座位」、「脱靴」している時間を推定し、「立位」時間と勤務前後における腰痛の変化量との関係を調べた。

4. 研究成果

(1) 足底荷重の分布から、姿勢や腰部負荷が推定できるか否か

①8種類のOWAS姿勢、歩行、重量物挙上と足底荷重分布との関係

第1足指IP関節とMP関節底側、第3足指MP関節底側、第5足指MP関節底側の足底荷重の平均をつま先側、踵骨底側の足底荷重を踵側として、各姿勢や動作におけるつま先側と踵側の足底荷重比を求めた(図3)。つま先/踵比は、「前屈」姿勢をとると、「立位」に比べて、つま先側の荷重比が大きくなった。「ひねり」や「前屈+ひねり」では、「立位」と同様なたま先/踵比となった。「踏み出し」、「中腰」、「片脚立位」など、バランスの取りにくい姿勢では、つま先側の荷重比が大きくなった。「膝立て」は、正確な足底荷重測定が出来ないため、評価できなかった。「歩行」は、立位と同様なたま先/踵比となった。「重量物挙上」は、つま先側の比が大きくなった。

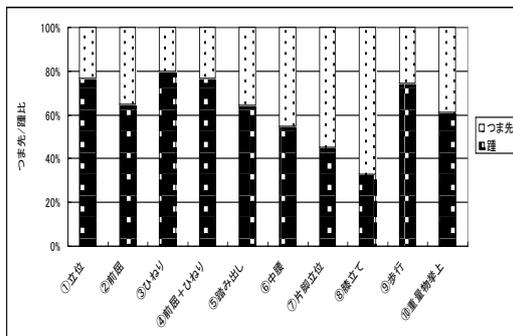


図3 各姿勢、動作におけるつま先/踵比

②各姿勢、動作と背筋筋電図との関係

背筋の筋電図は、「前屈」、「前屈+ひねり」、「片脚立位」、「膝立て」、「歩行」、「重量物挙上」で、「立位」より大きくなった(図4)。

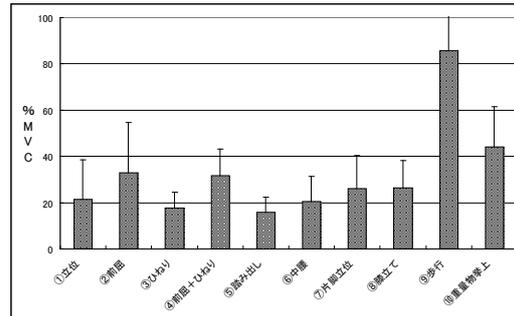


図4 各姿勢、動作における背筋の筋電図

③つま先/踵比と筋電図との関係

「前屈」姿勢など、腰部に負荷のかかる姿勢や動作は、つま先/踵比および筋電図が大きくなると思われる、つま先/踵比と筋電図との関係を調べた(図5)。しかし、 $R^2=0.0735$ と小さく、強い相関は認められなかった。

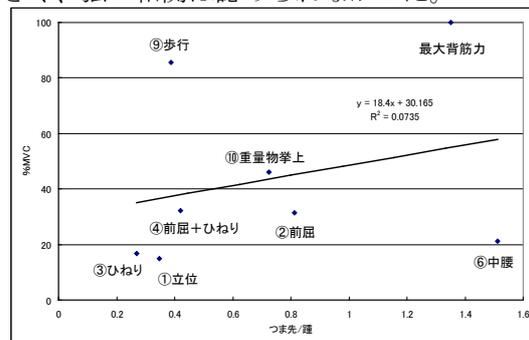


図5 各姿勢、動作におけるつま先/踵比と筋電図との関係

④前屈角度を変化させた場合におけるつま先/踵比と筋電図との関係

腰椎の前屈角度を-10度から70度まで、10度間隔で変化させた場合におけるつま先/踵比と背筋の筋電図との関係を図6に示す。腰椎の前屈角度が増加するとともに、背筋の%MVCが増加し、つま先/踵比も増加した($R^2=0.98$)。

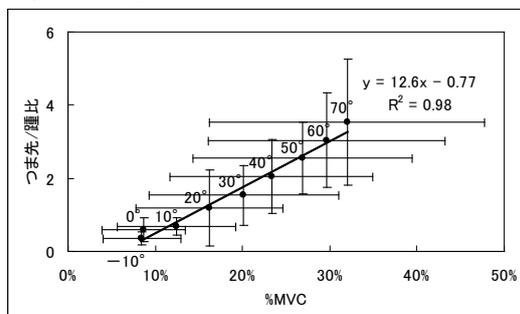


図6 前屈角度を変化させた場合におけるつま先/踵比と筋電図との関係

⑤重量物を持って、前屈角度を変化させた場合におけるつま先/踵比と筋電図との関係

5kgの重量物を上肢が下垂位になるように持ち、腰椎の前屈角度を変化させた場合におけるつま先/踵比と背筋の筋電図との関係を図7に示す。重量物を持った場合は、持っていない場合と同様に、前屈角度が増加し、背筋の%MVCが増加するとともに、つま先/踵比も増加した ($R^2=0.98$)。

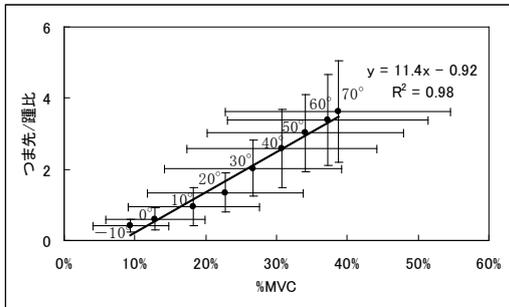


図7 重量物を下垂位に持って、前屈角度を変化させた場合におけるつま先/踵比と筋電図との関係

⑥重量物を水平に挙上し、体幹からの距離を変化させた場合におけるつま先/踵比と筋電図との関係

5kgの重量物を上肢が水平になるように挙上し、体幹からの距離を3段階に変化させた場合における、つま先/踵比と背筋の筋電図との関係を図8に示す。重量物を水平に持った場合は、短距離、中距離、遠距離と背筋の負荷 (%MVC)が増加するとともに、つま先/踵比も増加した ($R^2=0.98$)。

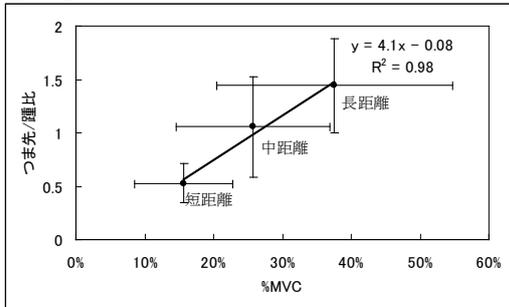


図8 重量物を水平に挙上し、体幹からの距離を3段階に変化させた場合におけるつま先/踵比と筋電図との関係

⑦結果のまとめと考察

足底荷重の分布から、姿勢や腰部負荷が推定できるか否かを検討した。その結果、足底荷重分布、特につま先/踵比は、前屈姿勢における前屈角度や重量物挙上における重量物からの距離に比例し、同時に背筋の筋電図とも比例した。しかし、ひねり動作では、つま先/踵比は、立位の場合と変わらず、また、中腰では、つま先/踵比は増加するものの、筋電図は立位の場合と変わらなかった。片脚

立位や膝立てでは、片足が浮くため、つま先/踵比が正確に測定できず、姿勢の判定が困難だった。歩行では、つま先/踵比が時間的に変化するため、姿勢の判定が困難だった。以上の結果より、足底荷重分布から、前屈姿勢や重量物を挙上した場合の姿勢や腰部負荷は推定できるが、ひねりや中腰など、その他の腰部負荷がかかると考えられる姿勢や動作は、推定が困難と言えた。

(2) 足底荷重の時間的推移から、動作を推定できるか否か

①実動作と足底荷重記録計で判定した動作との関係

10分間隔で「走行」、「歩行」、「静止した立位」、「静止した座位」、「動きのある立位」、「動きのある座位」、「脱靴」を行わせた場合の動作解析結果を図9に示す。足底荷重記録計で判定した各動作時間は、「走行」が 8.3 ± 1.2 分、「歩行」が 10.0 ± 0.0 分、「静止した立位」が 9.3 ± 0.6 分、「静止した座位」が 9.6 ± 0.6 分、「動きのある立位」が 7.3 ± 3.8 分、「動きのある座位」が 10.0 ± 0.0 分、「脱靴」が 9.7 ± 0.6 分であった。

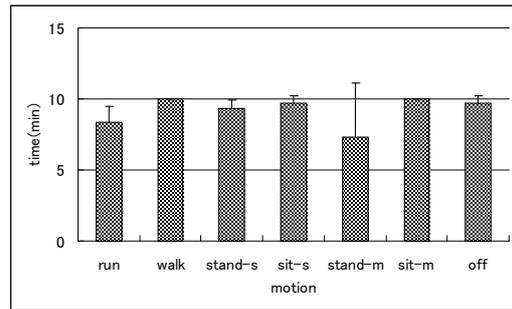


図9 10分間隔で「走行」、「歩行」、「静止した立位」、「静止した座位」、「動きのある立位」、「動きのある座位」、「脱靴」を行わせた場合の動作解析結果

次に、「走行」と「歩行」を「歩行」に、「静止した立位」と「動きのある立位」を「立位」に、「静止した座位」と「動きのある座位」を「座位」にまとめて動作解析した(図10)。その結果、「歩行」が 19.7 ± 0.6 分、「立位」が 20.3 ± 0.6 分、「座位」が 20.3 ± 1.5 分となった。

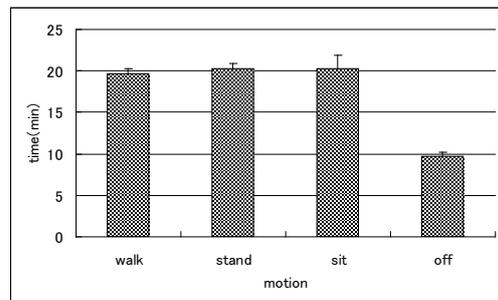


図10 「走行」と「歩行」を「歩行」に、「静

止した立位」と「動きのある立位」を「立位」に、「静止した座位」と「動きのある座位」を「座位」にまとめた場合の動作解析結果

② 結果のまとめと考察

実動作で「歩行」や「動きのある座位」、「脱靴」を行い、「歩行」や「動きのある座位」、「脱靴」と判定された場合は、標準偏差が小さく、実動作と判定との間の誤差が少なかったが、実動作で「走行」や「動きのある立位」を行い、「走行」や「動きのある立位」と判定された場合は、実動作と判定との間の誤差が大きかった。しかし、「走行」と「歩行」を「歩行」に、「静止した立位」と「動きのある立位」を「立位」に、「静止した座位」と「動きのある座位」を「座位」にまとめた場合、実動作と判定との間の誤差が小さくなった。したがって、「走行」は「歩行」に、「動きのある立位」は「静止した立位」に、「静止した立位」は「動きのある立位」に、判定間違いをしていると考えられた。

それでも、「走行」と「歩行」を「歩行」に、「静止した立位」と「動きのある立位」を「立位」に、「静止した座位」と「動きのある座位」を「座位」にまとめると、実動作と判定結果との間の誤差は、10%以下になるため、今回開発した足底荷重記録計で測定した足底荷重の推移から、「歩行」、「立位」、「座位」などの大まかな動作は、判定可能と考えられた。

(3) 足底荷重の分布や時間的推移から、腰痛の原因が推定できるか否か

長時間立位作業における勤務前後での腰痛の変化量と勤務時間中の「立位」時間の総和との関係を図 11 に示す。勤務前後での腰痛の変化量と「立位」時間の総和との間には、 $R^2=0.32$ の、弱い相関関係が認められた。

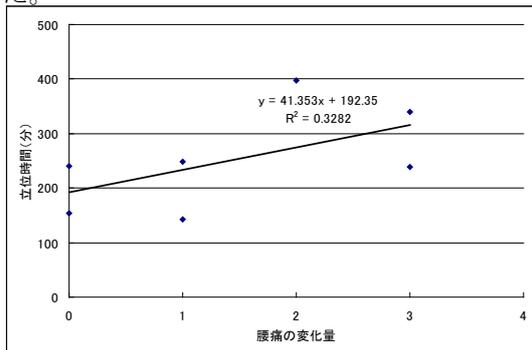


図 11 腰痛の変化量と「立位」時間の総和との関係

そこで、10分以上連続した「立位」の合計時間と勤務前後での腰痛の変化量との関係を調べた(図 12)。勤務前後での腰痛の変化量と10分以上連続した「立位」の合計時

間との関係は、 $R^2=0.48$ となり、「立位」時間の総和との関係と比較すると、相関係数が高くなった。

したがって、長時間立位作業者は、特に10分以上連続した「立位」時間の合計が、長くなれば長くなるほど、腰痛の程度が大きくなる傾向があると考えられた。

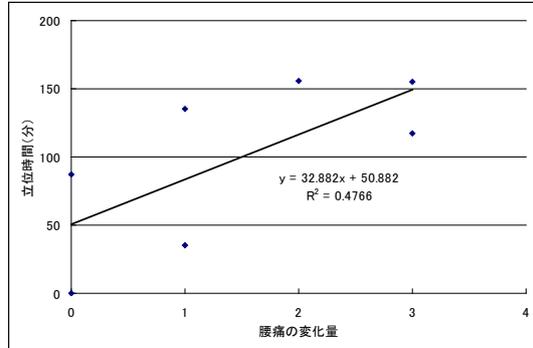


図 12 腰痛の変化量と10分以上連続した「立位」の合計時間との関係

(4) 得られた成果の位置づけ、今後の展望

本研究は、足底荷重分布の推移から腰部負荷を推定し、腰痛の発症・増悪要因を推定しようとする新しい試みであり、その結果より、足底荷重のつま先/踵比は、腰部負荷が増加する姿勢、特に前屈姿勢や重量物を挙げた場合に、増加することが明らかになった。また、足底荷重分布の推移より、歩行、立位、座位などの基本的な動作を推定することが可能となった。さらに、今回開発した足底荷重記録計は、1日の労働時間や生活時間の間、簡便に足底荷重を計測することを可能とした。これらの知見や手法を駆使することにより、長時間の立位作業では、10分以上連続した座位時間の合計が長いほど、腰痛の程度が強くなることが明らかとなり、腰痛の増悪要因のひとつが解明できた。今後、長時間座位作業や重量物取り扱い作業を対象として、勤務時間中の足底荷重を計測し、腰痛との関係を調べ、腰痛の発症・増悪要因を検討したい。

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1件)

- ① Kohei Nasu、Takao Tsutsui、Yasuhiro Tsutsui、Hiro Oguni、Shoko Kawanami、Seichi Horie、Evaluation of plantar pressures while wearing safety shoes、Ergonomic Trends from the East、査読有、in press

〔学会発表〕(計6件)

- ①筒井隆夫、那須幸平、川波祥子、堀江正知、筒井保博、戸上英憲、4種類の床材（鉄、コンクリート、ゴム、木）による足底荷重の分布の相違、第82回日本産業衛生学会総会、2009年5月20日、福岡
- ②那須幸平、筒井隆夫、川波祥子、堀江正知、筒井保博、戸上英憲、足底荷重の分布パターンによる腰部負荷の推定、第82回日本産業衛生学会総会、2009年5月22日、福岡
- ③筒井保博、筒井隆夫、那須幸平、川波祥子、堀江正知、戸上英憲、ヒール高を三段階（0cm、5cm、9cm）に変えた場合の足底圧力の違い、第82回日本産業衛生学会総会、2009年5月22日、福岡
- ④筒井隆夫、那須幸平、川波祥子、堀江正知、筒井保博、戸上英憲、ハイヒール着用による足底荷重分布の推移、第81回日本産業衛生学会総会、2008年6月25日、札幌
- ⑤那須幸平、筒井隆夫、川波祥子、堀江正知、筒井保博、戸上英憲、腰部負荷と足底荷重との関係についての検討、第81回日本産業衛生学会総会、2008年6月25日、札幌
- ⑥筒井保博、筒井隆夫、那須幸平、川波祥子、堀江正知、戸上英憲、一般の安全靴およびスニーカータイプの安全靴における足底荷重分布の差について第81回日本産業衛生学会総会、2008年6月25日、札幌

6. 研究組織

(1) 研究代表者

筒井 隆夫 (TSUTSUI TAKAO)
産業医科大学・産業生態科学研究所・非常勤講師
研究者番号：60309987

(2) 研究分担者

堀江 正知 (HORIE SEICHI)
産業医科大学・産業生態科学研究所・教授
研究者番号：90341528

(3) 研究協力者

筒井 保博 (TSUSTUI YASUHIRO)

産業医科大学・産業生態科学研究所・非常勤講師
研究者番号：30412670

那須 幸平 (NASU KOUHEI)
ソニーセミコンダクタ九州(株)・熊本 TEC・産業医
研究者番号：なし

田崎 祐一郎 (TAZAKI YUICHIRO)
産業医科大学・産業生態科学研究所・修練医
研究者番号：なし