

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：33938

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12613

研究課題名(和文) 布センサーを利用した良姿勢フィードバックによる作業関連性疼痛の予防

研究課題名(英文) Prevention of work related musculoskeletal disorders using a custom-made posture feedback band with a length sensor sheet for postural feedback

研究代表者

太田 進(Ota, Susumu)

星城大学・リハビリテーション学部・准教授

研究者番号：50452199

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、長さ感知する布センサを用いて悪い姿勢を感知して、その情報をフィードバックし自ら姿勢を修正することにより、作業関連性疼痛や介護や作業動作に伴う腰痛などを軽減、予防するシステムを開発し検証することを目的としている。そのシステムにはスマートフォンアプリケーションを用い、実用的なシステム構築を目指すものである。

本研究の結果より、長時間の事務作業の姿勢感知には、肩甲骨周辺よりも腹囲のセンシングが、頭部前方突出や肩関節の疲労感に効果があった。介護動作を想定し、しゃがみ込みと持ち上げ動作を腹囲フィードバックベルトを用いてセンシングすると腰椎前弯減少抑制(腰がまるくならない)が可能であった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the present study was to develop a posture feedback system using a smart phone application and length sensor sheet for the prevention of work-related musculoskeletal disorders and lumbago during care and office work operation. The findings were as follows. 1) Sensors that detect the abdominal circumference are more effective to prevent a forward head position and shoulder fatigue than sensors between both scapulae. 2) An abdominal circumference feedback belt could restrict the lumbar kyphosis during deep squat and lifting maneuvers. 3) The developed posture feedback system with a smart phone application could successfully affect the posture misalignment during care and office work operation.

研究分野：理学療法

キーワード：布センサー 作業関連性疼痛 介護動作 腰痛 予防 スマートフォン アプリケーション フィードバック

1. 研究開始当初の背景

要介護者の増加とともに、介護者の腰痛が大きな社会問題となり、経済的損失も大きく、2013年厚生労働省から「職場における腰痛予防対策指針」が改訂され、介護者の腰痛予防は重点課題とされている。

また、パソコン作業をはじめとした長時間の Visual Display Terminals (VDT) 作業は現在どの職種でも必須であり、視覚系や筋骨格系の疲労感を増大させる。長時間の座位姿勢は脊柱が屈曲したいわゆる不良姿勢による腰椎構造変化と関係があると述べられている。

介護職の腰痛予防には、介護者に装着するアシストロボットスーツなどがあるが、靴を履かせるなどの制限される動作がある、転倒回避時の速やかな動きの阻害、清潔、不潔作業時の着替えの不便さ、高額などが問題視され、普及していない。つまり実用的な介護者腰痛予防のアシストのためには 1) 多様な動作を妨げない、2) 装着者が迅速に動作できる (転倒予防)、3) 着替えに対応するため、服の下に装着できること、4) アシストのオンオフが容易なことと考え、それらが装着率 (= 実用性) と関連すると推察した。今までの報告では、開発された支援機器の装着率は検討されていない。

現在、我々の先行研究にて腹囲を減らす (Draw-in: 腹圧上昇、腹部筋活動上昇) 動作をフィードバックさせ、歩行時の膝関節にかかる外部内反モーメントの変化を研究している。その結果、「軽くお腹をへこませてください」という指示は、臍部にて約 2 cm 平均で周径が減少し、メジャーによる計測の再現性が高く (級内相関係数 0.99)、精度の良いことが分かった。またその腹囲変化により有意に胸椎後弯 (2 度) が減少した ($p < 0.01$)。以上の結果を得て、腹囲減少 (腹圧上昇) のフィードバックは、実用的で良姿勢の維持に活用でき、先の 1-4) の腰痛予防アシスト (支援) に応用できるという発想に至った。また、長時間事務作業による頸肩腕症候群も作業関連性疼痛の主なものとなっており、作業関連性疼痛の予防は、労働者人口の確保に必要な急務である。

2. 研究の目的

(1) 研究 1

伸縮を感知することが出来る布センサを応用して姿勢フィードバックバンドを作成し、VDT 作業により起こる頭部前方突出をはじめとした不良姿勢の抑制効果を検討すること、また、作成した伸縮センサの設置部位を検討することを目的とした。

(2) 研究 2-1

長さを感じ取る布センサーを用いて、姿勢を評価するシステムをスマートフォンアプリケーションも含めず PC を用いフィードバックするシステムから開発する。

また研究 1-1 の結果を受け、肩甲骨上角間

距離をセンシングするフィードバックバンドと、先行研究より腹囲と姿勢が関連する報告から腹囲のフィードバックバンドを作成する。

(3) 研究 2-2

研究 2-2-1 で開発された姿勢フィードバックバンド (両肩甲骨上角間、腹囲) を用いて、姿勢フィードバックを行い、座位事務作業中の姿勢変化と目、肩、腰の疼痛に対する効果を検証する。

(4) 研究 3

研究 2 で開発した腹囲フィードバックベルトを用いて、介護および作業動作 (持ち上げ、しゃがみ込み動作) の姿勢への影響を検証する。

なお、本研究は星城大学研究倫理委員会の承認を受けて実施した。

3. 研究の方法

(1) 研究 1

対象: 健康成人 16 名 (平均年齢 21.4 ± 0.5 歳、平均身長 166.4 ± 7.4 cm、平均体重 57.2 ± 9.2 kg) を対象とした。

初期型布センサと姿勢フィードバックバンド: センサ部分に伸縮が伝わるように、伸縮性のない鎖骨バンド (株式会社アルケア、クラブカルバンド・M サイズ) を用い布センサを組み込んだバンドを作成した。センサは不良姿勢に反応するように設定したため矢状面 (胸椎後弯を感知) と前額面 (肩甲骨の動きを感知) の伸縮量の計測が可能な部位にてセンサ部分を設置した。布センサは、肩甲骨上角と上部胸椎 (C6 ~ Th3) に対してフィードバックを行う場合 (以下、設定 1)、肩甲骨下角と下部胸椎 (Th2 ~ Th6) に対してフィードバックを行う場合 (以下、設定 2) にて VDT 作業を行い、適切な布センサ設置部位の検討を行った (図 1)。なお、設定 1、設定 2 の対象者はそれぞれ異なる 8 名にて実施し、設定間で基本情報に有意差は認められなかった。布センサ

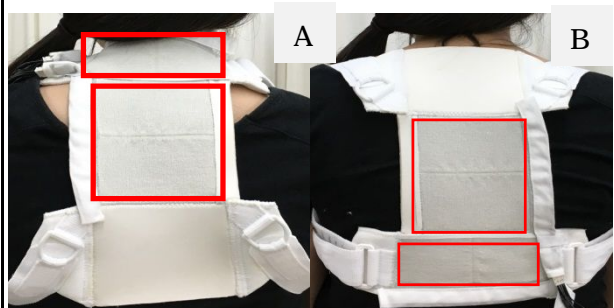


図 1. 布センサ設置部位

A 設定 1 (肩甲骨上角、上部胸椎 (C6 ~ Th3)),
B 設定 2 (肩甲骨下角、下部胸椎 (Th2 ~

Th6))

はパソコンと連動しているためパソコン上で閾値設定ができ、その閾値を超えた場合にアラームが鳴る。なお、前額面と矢状面の布センサの伸縮量は、センサ幅の平均値が出力される。

疲労および姿勢計測：

face rating scale (以下、FRS) を用いて眼、肩、腰の疲労度を疲労度評価アンケートにて計測した。

耳垂、頬骨、胸骨、第1胸椎、第3胸椎、第11胸椎、第1腰椎、第2仙椎にマーカーを貼付し、VDT作業前後に1回ずつ、姿勢の写真撮影を行い、耳垂、Th1、胸骨を結びこれらのなす角度にて頭部前方突出角度を計測し、角度が減少するほど頭部前方突出が強くなることを意味する。Th1~Th3、Th11~L1をそれぞれ直線で結び、それぞれの直線との交点のなす角度にて胸椎後弯角度を計測し、角度が増加するほど胸椎後弯が強くなることを意味する。

筋電図計測：

僧帽筋上部線維、僧帽筋下部線維、腰腸肋筋、多裂筋の4か所に筋電図用電極を貼付し、VDT作業前後に1回ずつ、1分間の筋電図測定を簡易計測型表面筋電計 MWatch(和田製作所社製)を用いて計測を行い、各筋の積分値(VS)を算出した。

姿勢フィードバック方法：

姿勢フィードバックバンドを装着し、VDT作業中に不良姿勢が見られた場合にはパソコンから鳴るアラーム音によって良姿勢へ戻すようにフィードバックを行った。フィードバックを行う条件は、フィードバックなし条件の布センサ最大伸張距離の半分の値に閾値を設定し、その閾値を超えた場合にアラームが鳴り良姿勢に戻してもらう設定とした。

実験の一連の流れ：

作業前後の3分間を安静時間とし、この安静時間に疲労度評価アンケート、姿勢評価、筋電図測定(1分間の測定)を行い、20分間のVDT作業を行った。

VDT作業の負荷設定：

VDT作業中のパソコン角度は頸部に負担がないとされる60~70°の角度で対象者の見やすさに合わせて調節し、椅子、机の高さはそれぞれ一般的な労働環境である40cmの椅子、70cmの机とした。姿勢変化が見られるのは15~20分とされており20分以上のVDT作業が必要であることから、最短で対象者に対する負担が最も少ないとされる20分間を今回のVDT作業時間とした。

(2) 研究2-1

研究1より肩甲骨上角間のセンシングが頭部前方変位を反映する可能性があり、図2の上のベルトを作成した。たすき掛けの伸縮

性の布のどの部位にも本ベルトを装着することができる仕組みとした。布センサは通常のゴムバンドの幅となり、簡易使用可能となった。腹囲ベルト(図2下)は、臍部の高さに巻くことのできる構造とした。(図3)

フィードバック可能なスマートフォンアプリも開発し、閾値の腹囲になるとアラームが鳴り、またバイブレーションが起こる。

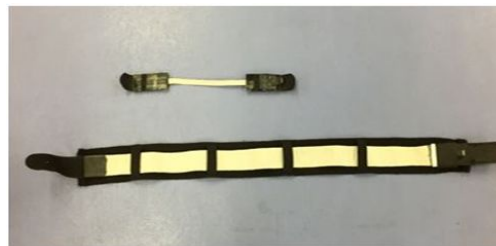


図2. 上：肩甲骨上角間フィードバックバンド
下：腹囲フィードバックバンド

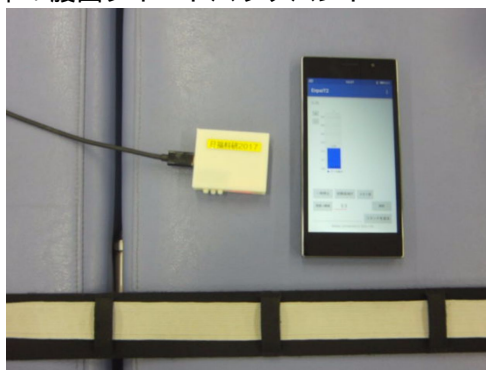


図3. スマートフォンアプリケーションを用いたフィードバックシステム



図4. 肩甲骨上角間フィードバックベルト

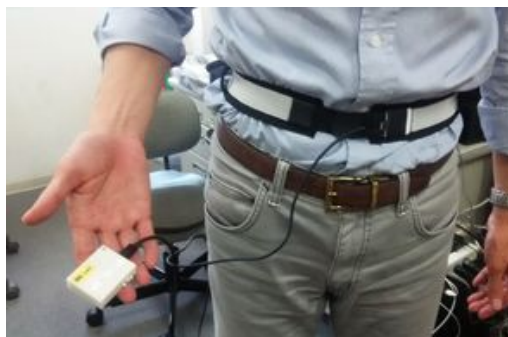


図5. 腹囲フィードバックシステム

(3) 研究2-2

対象は、20歳代の健常成人19名(男性10名、女性9名、平均年齢 21.7 ± 0.6 歳)とした。

研究1と同じ方法にて事務作業負荷をかけ、実施した。フィードバックツールとして図3、4のスマートフォンアプリケーションシステムを作成した。

20分の事務作業負荷中に肩甲骨上角間および腹囲フィードバックにより姿勢および目、肩、腰の疲労感が抑制可能か使用しない時と比較した。

比較に用いた計測方法は、研究1に準じて行った。なお布センサの伸長閾値は姿勢変化に伴う最大伸縮変化の50%とした。

(4) 研究3

腹囲フィードバックバンドを介護やその他の作業動作に応用するため、腹囲ベルトなしと有り、しゃがみ込み時および持ち上げ動作時の胸椎後弯角度、腰椎前弯角度の角度変化を検討した。

対象：健常成人20名(男女共に10名、平均年齢 21.4 ± 0.7 歳)とした。

研究2-2で使用した装置を用いた(図4)。フィードバックベルトの有り無しによる姿勢角度の比較を3次元動作解析装置を使用し、筋骨格モデル動作解析ソフト(nMotion musculos, nac株式会社)を用いて行った。マーカセットはヘレンヘイズマーカセットにC7, Th10, L1, 3, S2の脊椎マーカを加えた。

4. 研究成果

(1) 研究1

布センサを装着しない条件では作業後に頭部前方突出が増加したが(59.5 ± 5.6 度から 49.8 ± 3.5 度, $P < 0.05$)、設定1の肩甲骨上角間のフィードバックありで、頭部前方変位が増加しなかった(61.0 ± 8.8 度から 54.0 ± 3.1 度)。胸椎後弯角度においても、胸椎後弯増強がコントロールでは有意に増加したが(35.1 ± 13.3 度から 41.2 ± 15.0 度)同部位のフィードバックを実施すると胸椎後弯は増加しなかった(38.7 ± 13.0 度から 43.0 ± 15.2 度)。

疲労度に関しては、どのフィードバックによっても眼、肩、腰の疲労感軽減が得られなかった。

筋活動に関しては、腰腸筋のみフィードバック有りで作業後の積分値が増加した。その他の項目では有意差を認めなかった。

フィードバックとしては、肩甲骨上角間をフィードバックする方法が、頭部、胸椎へ影響をするには良好であった。

(2, 3) 研究2-2

フィードバック回数：

肩部の平均フィードバック回数は0回。腹部の平均回数は 7.4 ± 6.9 回であった。肩部の平均閾値は 13.8 ± 7.2 mm。腹部の平均閾値

は3mmであった。

疲労評価：

疲労感アンケートで評価した疲労についてフィードバック無しとフィードバック有りと比較したところ、主効果(時間)については全体で有意に減少(疲労感は増大)した。また、肩の疲労感においては交互作用(時間×介入)についても有意に減少した($p < 0.05$)。疼痛評価：

Face scaleで評価した疲労についてフィードバック無しとフィードバック有りと比較したところ、主効果(時間)については全体で有意に増加した。しかし交互作用については全体で有意な変化は得られなかった。

姿勢評価：

フィードバック無しとフィードバック有りと比較したところ、主効果(時間)については体幹屈曲角度と胸椎後弯角度は有意に増加し、頭部前方突出角度は有意に減少した(頭部前方突出が増加)。

また、頭部前方突出については交互作用(時間×介入)についても有意に減少していた($p = 0.045$, 図3)。

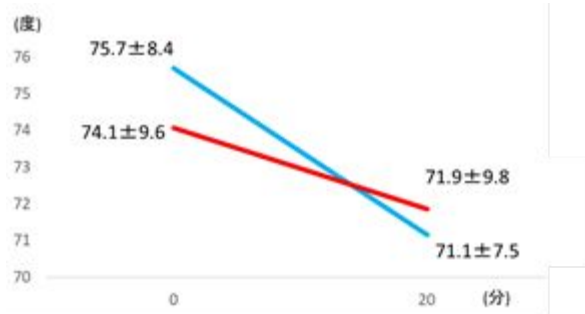


図5. 腹囲フィードバックによる頭部前方変位の抑制。(青：フィードバックなし、赤：フィードバックあり)角度が少ないほど頭部前方変位。

腹囲の変化量は平均27.6mmと大きく、頭部前方突出抑制や肩の疲労感抑制に効果があった。

(3) 研究3

しゃがみ込みにおいて通常の腹部引き込みを取り入れなかった方法と取り入れた方法で取り入れた方が胸椎後弯が有意に少なかった(背中が丸くならない、それぞれ22.0度、18.3度, $P < 0.05$)。腰椎前弯角度は、腹部引き込みを意識した方法よりセンサベルトを使用してフィードバックした方が腰椎前弯が有意に減少しなかった(腰が丸くなる、それぞれ10.2, 14.4度, $P < 0.05$)。

持ち上げ動作では、胸椎腰椎に有意な差は認められなかった。

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 1 件)

加藤禎菜, 福田早紀, 鈴木康雄, 太田進. VDT (Visual Display Terminals) 作業中の姿勢フィードバックによる姿勢アライメントと疼痛に関する効果. 実験力学. 2016;16(4):315-319 (査読有り)

〔学会発表〕(計 1 件)

Fujita R, Ota S. Orthopedic and medical characteristics of gait with the draw-in maneuver in healthy community-dwelling older adults. 2018 OARSI World Congress 2018.4.26.-4.29, Liverpool, United Kingdom.

〔その他〕

ホームページ等

太田進研究室 科学研究費研究成果サイト
<http://square.umin.ac.jp/ota/funding/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

太田 進 (Ota Susumu)
星城大学・リハビリテーション学部・准教授, 研究者番号: 50452199

(2) 研究分担者

鈴木康雄 (Suzuki Yasuo)
日本福祉大学・健康科学部・助教
研究者番号: 80738401

藤田玲美 (Fujita Remi)
星城大学・リハビリテーション学部・助教
研究者番号: 50735660 (H28, 29)