

介護動作サポートウェアの開発—コンセプトの提案とその評価

Development of Load Support Wear for Caregivers - Concept and Evaluation

○ 橋本 梨穂 (京工織大) 増田 新 (京工織大) 陳 浩 (京工織大) 小林 創 (京工織大)

Lise Pape (京工織大) Julia Cassim (京工織大)

Riho HASHIMOTO, Kyoto Institute of Technology
 Arata MASUDA, Kyoto Institute of Technology
 Hao CHEN, Kyoto Institute of Technology
 Sou KOBAYASHI, Kyoto Institute of Technology
 Lise PAPE, Kyoto Institute of Technology
 Julia CASSIM, Kyoto Institute of Technology

Abstract: A load support wear is a garment carefully designed to reduce the compressive load on the lumbar spine to prevent caregivers from suffering low back pain. The back pains are caused by mechanical load of muscle and spine. From the biomechanical point of view, it is necessary for this garment to support the load not in the extension side (back side) but on the flexion side (abdomen side) to reduce the compressive load applied on the spine, which potentially causes back injuries such as disc herniation. Thus, placing a load-supporting member between the upper body and the pelvis or the thigh is fundamentally effective. In this paper, experiments using a prototype of the load support wear are conducted to evaluate the effectiveness of the proposed concept.

Key Words: Caregiving, Low Back Pain, Load Support Wear

1. 研究背景

少子高齢化によって介護士が不足するなかで、介護士の負担が非常に大きいことが問題となっている。特に介護動作の身体的負荷は深刻であり、介護士の70%に既往の腰痛があるといわれている⁽¹⁾。

著者らの調査によると、小規模なケアホームや個人宅においては大型のリフトなどの導入が難しく、その他の負担軽減措置が求められている。本研究ではその一措置として、腰部への身体的負荷を軽減するためのサポート機構を有する衣服を提案している。

2. 目的

腰部への身体的負荷は腰痛の危険因子であり⁽²⁾、腰部筋骨格への力学的負荷を低減することで腰痛のリスクを下げることができると考えられる。介護士が着用することによって腰部負荷を軽減する衣服は、山崎ら⁽³⁾や田中ら⁽⁴⁾によってすでに研究され、市販されているものもある。

先行研究において提案されているサポートウェアは、前屈時に背中体表が伸びることを利用し、背筋と並列に背中へ弾性材を配置することで筋負担を軽減する。また、これと同時に腹部を締め付けることによってコルセットと同様の効果をねらったものもあるが、腹腔内圧の上昇による脊柱への負荷軽減には疑問を呈する意見⁽²⁾もあり、その効果は不明である。

本研究では、腰痛の危険因子である腰部筋骨格への負荷を軽減するためのサポートウェアを提案する。特に、従来の方法では困難であった骨格への負荷軽減を目指している。

3. サポート原理

介護における最も危険な姿勢は前屈(中腰)姿勢であるといわれている。本研究では、まず負担の大きな前屈姿勢に着目している。前屈姿勢時には、腰部付近において上体の体重によるモーメントを支持するために脊柱起立筋が収縮する。このとき、上体の重量および脊柱起立筋の張力によって脊柱に軸方向の圧縮力およびせん断力が生じる。

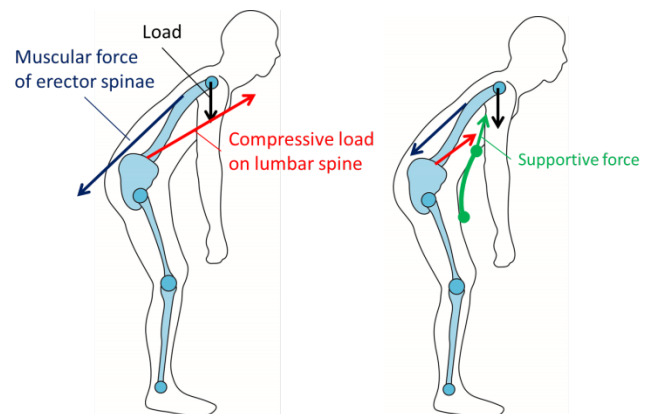


Fig. 1 Biomechanical aspects around lumbar spine in forward flexion posture with and without proposed support principle.

本研究で提案するサポート原理を Fig. 1 に示す。腹側に脊柱と並列に圧縮力を支持する機構を配置することで、骨格への負荷を軽減させる。図は腹側にサポート機構を有する場合の体幹まわりの力の関係を示している。

4. 試作

上述のサポート原理を実現するための試作を行った。この試作品はユーザー評価に供することを前提としており、動きやすさとサポート感の両立を目指したものである。以下試作品の設計について述べる。

本試作品は前屈時に圧縮されサポート力を生む compression line と、それを適切な位置に保持するための tension line によってなる。サポート効果を得るため、compression line は軸方向に剛性をもつが、動作性の確保のため曲げ剛性は小さい素材とし、試作品を用いたワークショップ(詳細は別報に譲る)においては厚さ1mmの塩ビ板とした。ただし本報では、サポート原理の有用性の確認のため、動作性は無視し曲げ剛性の大きな5mm厚の亚克力

ル板を用いた。Compression line は特に腰痛の要因とされる第4,5腰椎間の負荷を軽減するため,上下端が腰椎を挟むように配置する必要がある。この試作品では前屈時の負担感をより軽減できるように compression line の下端を大腿に設置し,股関節をまたいで腰椎より上側に上端を設置する。これによって股関節付近の大腰筋や大臀筋の筋活動量軽減も期待できる。

Tension line は前屈時に体表が伸びる位置に配置することで,前屈姿勢で張力をもち compression line の上下端を体に対して適当な位置に定めることができる。



Fig. 2 Prototype.

5. 実験

5.1. 実験の目的

提案するサポート原理が前屈時の腰部負荷の軽減に有用であることを評価するための実験を行う。Compression line に組み込んだセンサにより人体へのサポート力を計測し2次元リンクモデルより腰椎への圧縮力を推定する。同時に背筋の筋電位を測定する。これらによって前屈姿勢におけるサポートウェア着用の効果を非着用時と比較する。

5.2. 実験方法

実験は京都工芸繊維大学ヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認のもと行われ,実験によって起こりうる不利益等を説明の上,被験者の同意を得て行った。

まず,被験者の背・腹に表面筋電センサを貼り付け,プロトタイプを着用した。筋電センサの貼り付け位置はFig. 3に示すとおりである。Compression line には厚さ5mmの亚克力板を使用し,中央部にひずみを計測するためのセンサを製作し組み込んだ。このセンサには4枚のひずみゲージが貼り付けられており,4ブリッジ回路によって曲げ成分を除去しつつ軸方向のひずみを計測できる。さらに関節位置特定用マーカー(直径40mmの半球)を各関節に両面テープを用いて貼り付けた。それぞれのマーカーの貼り付け位置は2次元骨格モデルの関節位置に相当しており, Fig. 3に示すとおりである。被験者には compression line に上体の全体重をかけ,もたれるよう指示し,このときの姿勢を実験姿勢とした。この姿勢を側面から撮影し,被験者の正面に投影することで実験姿勢を維持できるようにした。実験姿勢を5秒間保ち,その間の筋電位およびセンサに生じるひずみ,床反力を取得する。床反力はバランス Wii ボードを2台用いて左右別に取得する。休憩を20秒間はさみ,この測定を5回行う。さらに実験姿勢を維持したまま,ターンテーブルを用いて被験者を回転させ, Kinect によって全身のマーカー位置を3Dモデルとして取得する。この処理には SKANECT を用いた。

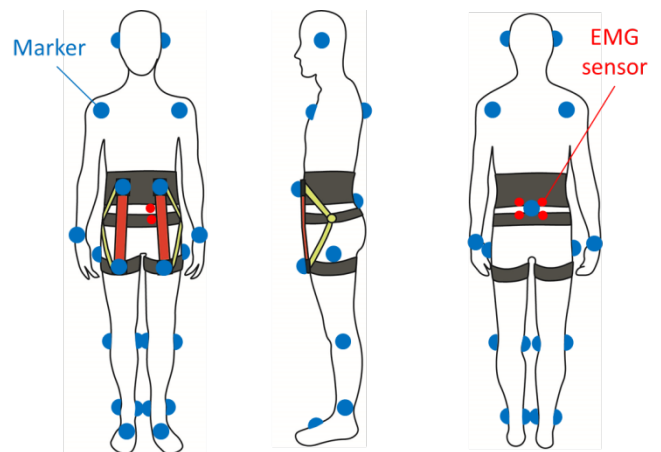


Fig. 3 Positions of joint marker and EMG sensor.

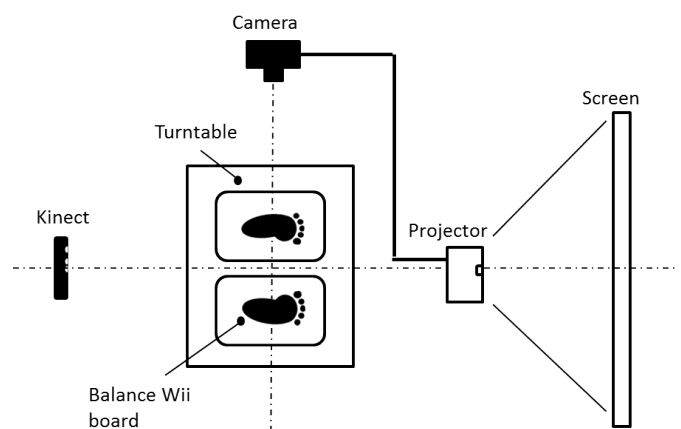


Fig. 4 Experimental setup.

5.2.1. センサ構造

Compression line に生じる圧縮力を測定するセンサ形状を Fig. 5 に示す。Compression line の最適長さは被験者によって異なるため,圧縮力を測定するセンサを中部にしてその上下に適当な長さの亚克力板をボルト締結することで被験者にあった長さの compression line を用意した。センサのくびれ部分が圧縮力を検知する起歪体であり,表裏にひずみゲージが貼り付けられている。センサ上部に貼り付けられたゲージはダミーであり,これら4つのひずみゲージで4ブリッジ回路をなす。なおこのセンサの出力は,上下端に実験時に用いる亚克力板をボルトで締結し,圧縮試験を行うことで校正した。

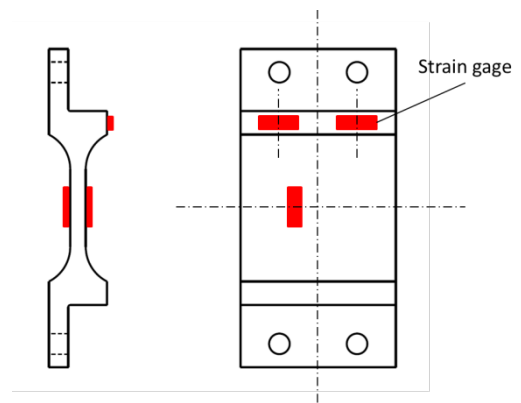


Fig.5 Compression sensor.

5.2.2. 2次元リンクモデルを用いた腰椎圧縮力の推定

人体を2次元リンク機構でモデル化した。2次元骨格モデルを Fig. 5 に示す。それぞれのリンク間のジョイントは被験者の3D スキャンによって得たマーカー位置から推定し、各節の質量および重心位置は被験者の身長および体重から Winter の回帰式⁶⁾によって推定した。

マーカー位置は Fig.3 に示した通り、内外くるぶし(足首関節)、内外膝、大転子(股関節)、前後肩峰下(肩関節)、手首、こめかみ(頭)、第4・5腰椎間(腰関節)である。2次元リンクモデルに適用する際には、腰関節をのぞく足首、膝、股、肩、頭、手首は関節を挟むふたつのマーカーの中心をリンクのジョイントとする。腰関節については、腰のマーカーから肩関節および股関節をつないだ直線に対して垂直方向に体の内側へ40mm 進んだ位置にあると仮定した。

腰椎への圧縮力は腰関節まわりの力のつり合いから推定でき、腰回りの筋による関節トルクはモーメントのつり合いから求められる。

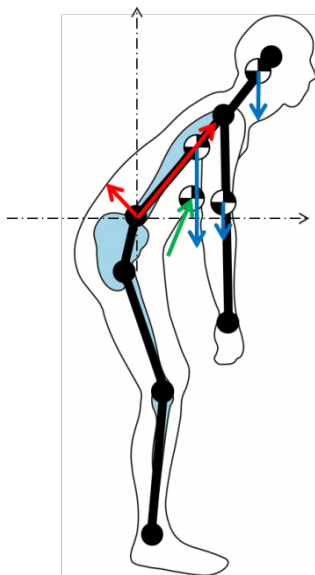


Fig. 7 Two dimensional rigid link model .

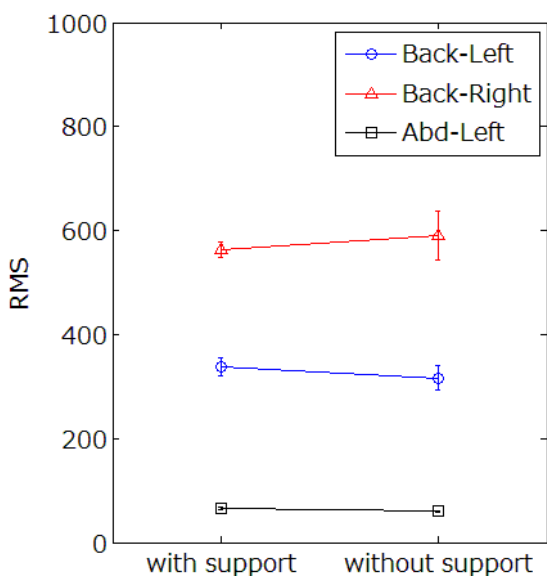


Fig. 8 RMS of EMG with and without support.

Table.1 Compressive load and joint torque on lumbar spine with and without support.

Without support		With support	
Compressive load [N]	Joint torque[Nm]	Compressive load [N]	Joint torque[Nm]
Axial	Shear	Axial	Shear
199.9	259.3	170.0	191.4
	66.05		57.46

6. 結果

実験の評価は筋電位および腰椎負荷から行う。

筋電位については、実験姿勢を維持する5秒間のRMS値を求め、5回の試行を平均しサポートウェア着用の有無によって整理した結果を Fig. 8 に示す。エラーバーは5回の試行の標準偏差であり、サポートの有無による有意差は認められなかった。

腰椎の圧縮力の推定結果を Table 1 に示す。この結果で示す軸方向とはモデル上の2次元リンクの方向であるため、実際の脊柱の軸方向とは一致しない可能性がある。サポート有の場合に腰椎への負荷および腰回りの関節トルクが低減されている。

7. 考察

本実験から、提案するサポート原理が腰椎への圧縮力低減に効果がある可能性が示唆されたが、サポートの有無による背筋および腹筋の筋電位に有意差は認められなかった。リンクモデルによる解析では腰回りの関節トルクも低減されていることから、理想的に体を動かすことができれば、筋負担を軽減できる可能性がある。ただし、本報で提案するサポート原理は、サポート力が脊柱に対して引張方向に働く。この力は日常生活の中でほとんど感じることはない力であるため、着用者が無意識下で緊張や防衛のために筋を収縮させていることが考えられる。また、腰まわりの筋群は非常に複雑であり、前屈姿勢にも多くの筋群が作用する。著者らの試行実験から、前屈姿勢を維持するための筋等の使い方が人によって異なることが経験的にわかっており、筋電センサの貼り付け位置が適切であったのか、再考の余地がある。

また、compression line が荷重をバイパスすることによって大腿に負荷が生じるが、この負荷による身体への影響は本実験では考慮されておらず、筋電位の測定点を増やすなど、今後検討する必要がある。さらに被験者数を増やした場合にどのような傾向が認められるのかを確認することが望まれる。

参考文献

- (1) 伊藤友一, 武田陽公, 介護士の職業性腰痛の実態調査, 日本腰痛学会誌, vol. 10, pp. 95 - 99, 2004.
- (2) 日本整形外科学会, 日本腰痛学会監修, 腰痛診療ガイドライン, 2012.
- (3) 山崎信寿, 高橋直己, 体表面長さ変化を利用した介護者腰部負担軽減衣服, バイオメカニズム, vol. 17, pp. 235 - 244, 2004.
- (4) 田中孝之, 今村由芽子他, 体幹安定化補助を考慮したパッシブ筋力補助装置, 福祉工学シンポジウム講演論文集, 1G3-2, 2009.
- (5) Winter David.A, The Biomechanics and Motor Control of Human Movement, Wiley – Interscience, Jone Wiley & Sons Inc, pp. 51-58, 1990.