

研究結果の概要（平成 30 年度）

研究課題名：腰痛予防対策指針策定に向けた重量物取り扱い、
介護・看護作業における装着型ロボットの腰部負荷軽減効果および
作業省力化に関する研究

研究代表者

安部 哲哉

筑波大学医学医療系 整形外科 講師

【研究目的】

本研究では、労災に伴う腰痛による社会的損失を防ぐ更なる一手として、腰痛予防対策指針に「装着型ロボットの利用」という新項目を加えることを目標とし、装着型ロボットの腰部負担軽減効果を客観的に評価できる手法で検証することを目的とした。

【研究方法】

今年度は重量物の反復挙上動作における HAL®腰タイプ支援の有効性を運動学的、電気生理学的に明らかにすることを目標とし、研究を進めたので報告する。

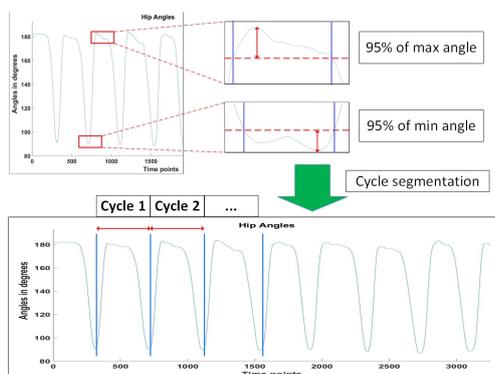
【「重量物取り扱い、看護・介護作業」に関する有効性に関する探索的研究】

重量物挙上反復動作に関する単群前後比較試験（プロトコル B-1）

腰痛のない 25 歳から 45 歳までの健康成人ボランティア 20 名（男：女=13：7、平均年齢 31.5 歳）を対象とし、男性が 12kg、女性が 6kg のペットボトルを梱包した持ち手付き段ボールを重量物とし、床から体幹伸展位となるまで挙上して、床に置くことを一定の速度で繰り返す作業の実験を行った。挙上動作には Stoop lifting 法を用い、動作中肘関節は伸展位を保持した。

挙上動作反復時は、光学式モーションキャプチャーによる三次元動作解析装置（VICON MX、VICON 社 英国、T20s カメラ 16 台、100Hz）を用いて、股関節の角度を計測した。

マーカーは、左右の肩峰、股関節回転中心、足関節外顆に貼付した。運動データは、股関節角度に基づいてサイクルを検出した（下図）。



反復挙上運動データにおけるサイクルの検出



重量物反復挙上動作

主評価項目は、最大作業回、最大作業時間及び腰部疲労度 VAS (Visual analogue scale)、副次評価項目は、股関節最大伸展角度、最大屈曲角度、平均伸展角速度、平均屈曲角速度、角度・角速度プロファイルとし、運動学的解析を行った。

また、主評価項目は、重量物挙上において主要な役割を果たすと考えられる両側上腕二頭筋、広背筋、腰部脊柱起立筋、大殿筋、大腿四頭筋の筋シナジー評価とし、電気生理学的解析を行った。これらの主要な筋群の協調運動を 3 つのシナジーパターンで HAL®腰タイプ支援なしとあり、疲労なしとありの組み合わせ条件で解析した。

疾患群に対する HAL®腰タイプ支援の評価に向けた新たなプロトコルに関する研究

加齢変性による慢性腰痛を呈した 60 歳代の成人男性ボランティア 1 例を対象とし、HAL®腰タイプを着用して平地周回の連続歩行運動を行った (1 回約 5 分)、次に HAL®腰タイプを着用して座位からの立ち上がり運動を行った (1 回約 5 分)。それを計 12 セッション行った。各運動前後で血圧・脈拍の測定を行い、運動後に自覚的四肢関節と腰背部の疲労度 VAS を計測した。

主評価項目は、腰痛と四肢関節痛の VAS (Visual analogue scale) と、有害事象とした。

重量物挙上動作に対する HAL®腰タイプ支援に関する有限要素シミュレーションを用いた脊椎負荷の研究

70 歳代の高齢者女性を対象として術前の CT 画像を用いて、有限要素解析モデルを作成した。CT 画像の読み込みおよび STL ファイルの作成には Mimics (マテリアライズ社、ベルギー) と 3-matic (マテリアライズ社、ベルギー) を用いた。有限要素解析のソルバーは ANSYS (ANSYS 社、米国) を用い、全脊椎 CT から得られた DICOM データを Mimics で読み込み、頸椎、胸椎、腰椎、仙椎の各椎骨をセグメンテーションし、各々を 3 次元的な物体とするための穴埋め、およびスムージング処理を行った。次に、3-matic で STL 生成時に発生したスパイクノイズを除去し、上下椎体の面取り、椎間板を作成した。上下椎体と椎間板は、接面を共有した。ここでボリュームメッシュを作成した。ここまで作成したモデルを ANSYS で読み込み、椎体と椎間板の材料特性は椎体：密度 0.5g/cm³、ヤング率 3051MPa、ポアソン比 0.3、椎間板：密度 0.03g/cm³、ヤング率 10.35MPa、ポアソン比 0.4 とした。胸椎 T1~T10 は胸郭部分となり椎骨・椎間板のみからなるその他の部分より剛性が高いと考えられることから本モデル上では一体とみなした。外力は、T5 を作用点として斜め下前方 (C7 椎間板平面に垂直な線から 24 度前方) へ向かう 120N の並進力として、線形モデルに基づくシミュレーションを行った。応力分布を表示して、高い負荷を受ける椎体および椎間板の部分について検討した。

【研究成果】

重量物反復挙上動作に関する単群前後比較試験 (プロトコル B-1.)

重量物反復挙上動作における HAL®腰タイプ支援で 13%の腰部負荷軽減と 130%の作業能力の向上効果が得られること明らかとなった。

両側上腕二頭筋、広背筋・腰部脊柱起立筋、大殿筋の複数筋協調運動 (シナジーパターン) は HAL®腰タイプ支援なしとありで異なり、HAL®腰タイプ支援ありでは疲労しても

シナジーパターンが変化しにくいことが明らかとなった。

疾患群に対する HAL®腰タイプ支援の評価に向けた新たなプロトコルに関する研究

本研究において、HAL®腰タイプを用いた運動療法によって、課題後の収縮期血圧が40mmHg 以上の上昇や拡張期血圧 20mmHg 以上の上昇は認めず、脈拍数も 140/分を超えることはなかった。また、HAL®腰タイプ装着による腰痛の出現はなかった。運動療法後の四肢関節、腰部の疲労度は開始前に比べ各セッションでわずかな増加にとどまった。本プロトコルの 12 セッションは遂行可能で、有害事象を認めなかった。腰痛 VAS は運動療法開始前 46mm、終了時は 5mm であった。四肢関節痛 VAS は開始前 4mm で、終了時 3mm であった。以上の結果から、HAL®腰タイプ支援の効果を評価できるプロトコルであると考えた。

重量物挙上動作に対する HAL®腰タイプ支援に関する有限要素シミュレーションを用いた脊椎負荷の研究

矢状面の脊柱変形を有する高齢者においては、仙椎翼で最大応力が発生し、冠状面、矢状面の両方で変形が発生することが明らかとなった。

【結論】

重量物反復挙上動作における HAL®腰タイプの支援は、装着者の体幹筋の筋活動量を軽減することで腰部疲労の蓄積を抑制し、最大作業回数や時間が増加させる効果があることが分かった。また、われわれは HAL®腰タイプ支援により腰部負荷の軽減および作業省力化の効果を電気生理学的に明らかにすることができた。

研究分担者：

- ・ 筑波大学医学医療系、筑波大学附属病院
 - 山崎正志 (整形外科 教授)
 - 國府田正雄 (整形外科 准教授)
 - 三浦紘世 (整形外科 病院講師)
 - 丸島愛樹 (救急・集中治療部、脳神経外科 講師)
 - 松村明 (脳神経外科 教授)
 - 羽田康司 (整形外科、リハビリテーション部 教授)
 - 清水如代 (リハビリテーション部 病院講師)
 - 久保田茂希 (運動器再生医療学講座 助教)
 - 門根秀樹 (未来医工融合センター 助教)
- ・ 筑波大学サイバニクス研究センター
 - 河本浩明 (助教)