

## 平成28～30年度労災疾病臨床研究事業費補助金

### 重量物挙上に伴い発生する腰痛の予防を目的とした装着型ロボットの効果 (160401-02)

研究代表者 山田 孝禎 福井大学学術研究院教育・人文社会系部門 准教授

#### □□□□

腰痛は、4日以上 of 休業を伴う職業性疾病の6割を占める労働災害で、床面の状態や振動、寒冷等の環境要因および体格、年齢および筋力等の個人要因を基盤に、強度の身体負荷や不用意な動作、長時間の静的作業姿勢を維持することで、その発生のリスクが高まる。80%以上の腰痛の原因は特定されていないため、有効な予防法の確立は困難と判断されるが、腰部にかかる物理的な負担を取り除くこと、あるいは腰部関節伸展・屈曲に関わる過度な筋力発揮を抑えることが重要と考えられる。腰部関節の伸展・屈曲を補助する装着型ロボットの導入により、物理的な負担および過度な筋力発揮の抑制が期待されるため、腰痛予防に資すると考えられる。本研究は、平成28および29年度の2ヵ年において、装着型ロボットの着用により、重量物を挙上する際に腰部関節にかかる物理的な負荷および腰部関節伸展時の筋力発揮がどの程度軽減され、それらが腰痛予防に資する程度であるか否かを検証すること、および平成30年度においては、有効性が確認された装着型ロボットが、形状、重さ、あるいはバランスが多様な重量物を扱う作業現場で導入されることで、どの程度の腰痛予防効果が期待できるかを検証することを目的とした。

#### □□□□

#### □□28□□

##### 1) 被験者

健康な青年男性10名(年齢:22.4±5.0歳、身長:173.9±6.7cm、体重:69.5±6.9kg)が本研究に参加した。

##### 2) 実験手順

被験者は、装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下におけるStoop liftingによる重量物挙上動作を3試行ずつ実施した。各条件下における挙上動作の試行順はランダムに設定し、挙上動作直後に、挙上に伴う腰部への苦痛度をVisual Analogue Scaleに回答するよう指示した。

##### 3) 重量物挙上動作

挙上動作は、膝関節が伸展したままのStoop lifting法と選択した。被験者は、せずじ

および膝関節を伸展させたまま股関節を 90 度に屈曲し、各条件における重量物を保持した姿勢から、検者の合図の後、重量物を挙上した。なお、被験者には、重量物挙上の際に、上肢を屈曲させ重量物を挙上しないように指示した。

#### 4) 実験条件

##### a. 装着型ロボットによるアシストあり・なし

装着型ロボットは、大転子を中心に、モーターの回転により、股関節を伸展させる力を発生させ、重量物挙上動作のアシストをする。被験者は、装着型ロボットによるアシストあり条件では、重量物を挙上する直前に装着型ロボットの電源を入れた後、重量物を挙上した。一方、装着型ロボットなし条件では、装着型ロボットを装着したまま、ロボットの電源を入れずに重量物を挙上した。

##### b. 体重を基準にした種々の重量物条件

厚生労働省は、人力により取り扱う物の重量の上限を体重の 40%に定めている。本研究においては、前述を基準に、各被験者の体重に基づく 0、20 および 40%の重量物を設定した。

#### 5) 評価変数

重量物挙上開始から完了までの腰部関節ピークおよび平均トルクが算出された。重量物挙上に伴う腰部の苦痛度を Visual analogue scale により評価した。いずれも、3 試行の平均値を解析に用いた。

#### 6) 統計解析

各条件下にのける重量物挙上開始から完了までの腰部関節ピークおよび平均トルク、重量物挙上に伴う腰部の苦痛度の平均値差を二要因（装着型ロボット×重量物）ともに対応のある二要因分散分析により求めた。事後検定には Tukey の HSD 法を用いた。各要因の効果の大きさの大きさを  $\eta_p^2$ により求めた。本研究における統計的仮説検定の有意水準は 5%に設定した。

## □ □ 2 9 □ □

#### 1) 被験者

健康な青年男性 10 名（年齢：22.4±5.0 歳、身長：172.5±6.1cm、体重：67.6±5.9kg）が本研究に参加した。

#### 2) 実験手順

平成 28 年度同様

#### 3) 重量物挙上動作

平成 28 年度同様

#### 4) 実験条件

平成 28 年度同様

#### 5) 評価変数

重量物挙上開始から完了までの脊柱起立筋、多裂筋、大臀筋および中臀筋の EMG が、多用途テレメータ筋電計システム（バイオログ社製・DL5000 型システム）を用いて計測され、ディケイエイチ社製・TRIAS を介してコンピュータ内にサンプリング周波数

1kHz で記録された。記録された EMG は、重量物挙上開始から完了までの区間の二乗平均平方根 (Root Mean Square: RMS) が算出され、被検筋ごとの MVC 発揮時における EMG により除した。いずれの被検筋の RMS とともに 3 試行の平均値を解析に用いた。

#### 6) 統計解析

装着型ロボットおよび各重量物条件下における重量物挙上動作時の脊柱起立筋、多裂筋、大臀筋および中臀筋の RMS の平均値差を二要因 (装着型ロボット条件×重量物条件) ともに対応のある二要因分散分析により求めた。事後検定には Tukey の HSD 法を用いた。各要因の効果の大きさの大きさを  $\eta_p^2$  により求めた。本研究における統計的仮説検定の有意水準は 5% に設定した。

### □ □ 3 0 □ □

#### 1) 被験者

重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における作業員 37 名が本研究に参加した。被験者は、装着型ロボット着用群 15 名 (平均年齢  $58.2 \pm 11.7$  歳) および統制群 22 名 (年齢  $45.4 \pm 11.5$  歳) に分類された。

#### 2) 実験手順

装着型ロボット群における被験者は、調査期間中、重量物の上げ下ろしを伴う作業を行う際は、装着型ロボットを装着し、作業を行うように指示された。一方、統制群における被験者は、普段どおりの方法で重量物の上げ下ろしを伴う作業を行うよう指示された。両群の被験者とも、5 ヶ月間の調査期間中、事項に示す調査に、1 ヶ月ごとに合計 5 回回答するように指示された。

#### 3) 腰痛発生状況調査

両群の被験者とも、5 ヶ月間の調査期間中、1 ヶ月ごとにアンケートへ回答するように指示された。アンケート項目は、過去 1 ヶ月間における腰痛発生の有無、腰痛に伴う受診の有無、腰痛に伴う欠勤の有無および腰痛に伴う作業軽減の有無から構成された。なお、アンケートは、対象月の月末に配布され、各被験者に回答するように指示した。

#### 4) 統計解析

各群における 1 ヶ月ごとの腰痛発生率の平均値差を比率の差の検定により求めた。また、各群の腰痛発症者における 1 ヶ月ごとの医療機関への受診および欠勤を伴う腰痛発生率の平均値差を比率の差の検定により求めた。本研究における統計的仮説検定の有意水準は 5% に設定した。

### □ □ □ □

### □ □ 2 8 □ □

装着型ロボットのアシストにより、全ての条件の重量物負荷の挙上動作時における腰部関節トルクが有意に軽減された。同様に、腰部の苦痛度も全ての条件で有意に軽減された。目的においても述べたように、腰痛は、床面の状態や振動、寒冷等の環境要因お

よび体格、年齢および筋力等の個人要因を基盤に、強度の身体負荷や不用意な動作、長時間の静的作業姿勢を維持することで、その発生リスクが高まる。また、近年では、腰痛の約半数に精神的ストレスが関与しているとも報告されている。つまり、重量物挙上に伴う苦痛度も腰痛発症に関与すると推測される。以上から、装着型ロボットのアシストにより、重量物挙上に伴い腰部を中心にかかる物理的な身体負荷に加え、精神的なストレスともなる苦痛度も軽減することができ、腰痛発症のリスクを大きく軽減することができたと示唆される。

## □□ 2 9 □□

装着型ロボットのアシスト駆動により、いずれの重量物負荷の挙上動作時における腰部関節伸展に関する筋・筋群の筋力発揮が軽減された。目的においても述べたように、腰痛は、床面の状態や振動、寒冷等の環境要因および体格、年齢および筋力等の個人要因を基盤に、強度の身体負荷や不用意な動作、長時間の静的作業姿勢を維持することで、その発生リスクが高まる。装着型ロボットのアシスト駆動により、アシスト駆動なしに比べ、脊柱起立筋において 56-63%、多裂筋において 57-64%、大臀筋において 22-44%、および中臀筋において 25-40%にまで筋力発揮を大きく軽減することができたと示唆される。以上から、重量物挙上時における装着型ロボットのアシスト駆動により、腰部関節伸展に関する筋・筋群の筋力発揮が抑制され、過度な筋緊張を回避できるため、腰痛発症リスクの軽減が期待されると示唆された。

## □□ 3 0 □□

5ヶ月間の追跡調査期間中、統制群の63名のうち、26名が脱落した。一方、装着型ロボット群において、脱落した被験者は存在しなかった。装着型ロボット群における1ヶ月間の平均腰痛発生率は10.7%、統制群は8.2%であった。両群の1ヶ月間の腰痛発生率に有意差は認められなかった。装着型ロボット群の腰痛発症者における1ヶ月ごとの医療機関への受診および欠勤を伴う腰痛の発生率は0%、統制群は23.3%であった。統制群が装着型ロボット群よりも有意に高かった。

## □□

装着型ロボットの装着により、重量物挙上時に腰部にかかる負荷、腰部関節伸展に関する筋・筋群の筋力発揮および苦痛度が大きく軽減された。また、重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における装着型ロボットの導入による、腰痛発生率の軽減は期待できないかもしれないが、重篤な腰痛の発生率は抑制される。