

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)

平成28～30年度 総合研究報告書

研究代表者 山田 孝禎

平成31(2019)年 3月

## 目 次

### I. 総合研究報告

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 .....	1
山田 孝禎	

II. 研究成果の刊行に関する一覧表 .....	24
--------------------------	----

## 平成28～30年度労災疾病臨床研究事業費補助金

### 総合研究報告書

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

#### 研究要旨：

腰痛は、4日以上以上の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。まず、平成28および29年度の2ヵ年においては、健康な青年男性10名が本研究に参加した。被験者は、背す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、各被験者の体重の0、20あるいは40%の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。各重量物条件における挙上動作は、それぞれ3試行実施し、装着型ロボットによるパワーアシストの有無および重量物条件における挙上動作の試行順はランダムに設定した。なお、重量物を挙上する際、上肢を屈曲させ重量物を持ち上げないよう指示した。被験者には、重量物挙上直後に、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。重量物挙上開始から完了まで腰部関節ピークおよび平均トルク、および重量物挙上に伴う腰部への苦痛度を評価変数として用いた。また、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を1000Hzにて記録し、同区間の二乗平均平方根(Root Mean Square: RMS)を各被検筋のMVC発揮時におけるEMGにて除した値を評価変数として算出し

た。いずれの重量物挙上時における腰部関節トルクも、装着型ロボットの装着により有意に低下した。また、装着型ロボットを装着しなかった場合の重量物挙上時における腰部関節トルクは、重量物の重さの上昇に伴い有意に直線的に上昇したが、装着型ロボットを装着した場合はほぼ一定であった。装着型ロボットを着用したいずれの重量物条件における重量物挙上に伴う苦痛度も有意に低かった。また、いずれの負荷条件下における重量物挙上中の腰部伸展に関係する筋・筋群（脊柱起立筋、多裂筋、大臀筋および中臀筋）の筋力発揮も、装着型ロボットの装着により有意に低下した。以上から、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は大きく軽減され、重量物挙上中の腰部関節の伸展に関する筋・筋群の筋力発揮は抑制されるため、腰痛予防に大きく資する効果をもたらすと示唆された。平成 30 年度においては、重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における作業員 37 名を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）に分類し、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導入の有効性を検証した。着用群の被験者には、重量物を取り扱う作業に従事する際、装着型ロボットを着用し、作業に従事するように指示した。一方、統制群の被験者には、調査期間中、普段どおりに作業に従事するように指示した。両群の被験者は、1 ヶ月ごとに 5 ヶ月間、腰痛発生の有無、発生状況およびそれに伴う作業制限について、質問紙に回答した。その結果、両群の月ごとの平均腰痛発生率に有意差は認められなかった（装着群：10.7%、統制群：8.2%）。一方、統制群における欠勤あるいは作業軽減を余儀なくされる腰痛の発生率は、装着群よりも有意に高かった（それぞれ 23.3% および 0%）。以上から、装着型ロボットの着用は、欠勤あるいは作業軽減を伴う重篤な腰痛発生の抑制に寄与すると示唆された。

## A. 研究目的

腰痛は、4日以上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(図1)。腰痛予防の取り組みとして、厚生労働省では作業管理、作業環境管理ならびに健康管理を挙げ、作業姿勢・動作の改善や作業環境温度管理、作業前後のストレッチング等、具体的な腰痛予防対策を打ち出しているが、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非常に難しい。しかし、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。それゆえ、厚生労働省は、人力のみにより取り扱う物の重量は、体重のおおむね40%以下となるように、女性労働者では男性が取り扱うことのできる重量の60%位までとするように定めている。



図1 腰痛の発症要因

しかしながら、労働者の作業環境は、運送荷役、建築、建設、農作業、介護あるいは自然災害現場等のように、作業を補助するための機器の持ち込みすら困難で、人力のみに頼らざるを得ない現場も多い。また、そのような現場では、体重の40%を超え

る重量物を扱うことも少なくない。

近年、ヒトの労働作業の補助を目的とした装着型ロボット(図2)が開発され、その利用に伴う労働作業時の身体的負担軽減が期待されている。しかしながら、上述のような労働作業現場においては、ロボットの動力源となる電源等の確保が困難であったり、ロボットの大きさが労働作業現場に相応しくなかったり、装着型ロボットに対する種々の課題が指摘されていた。



高さ80cm X 幅48cm X 奥行き27cm

図2 ATOUN社製装着型ロボットAWN-03

ATOUN社(平成29年度より社名変更:変更前はActiveLink社)が開発・製造している装着型ロボットは、重量物の積み下ろし作業時における腰部負担軽減を目的に開発された装着型ロボットである。このロボットは、動力源のモーターを充電式バッテリーにより8時間稼働可能である。また、本体は小型・軽量(約6kg)なため、いかなる労働作業現場に導入しても作業を妨げる可能性は低いと考えられる(図3)。従って、上述のような作業現場への導入が期待され、労働作業者の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に大きく貢献し、効果的な腰痛予防が期待される。しかしながら、装着型ロボットの着用により、重量物を挙



図3 AWN-03の特徴

上する際に腰部関節にかかる物理的な負担、あるいは腰部関節の伸展・屈曲に関わる過度な筋力発揮が抑えられるか否かは実証されていない。また、仮に前述が担保されたとしても、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において装着型ロボットが導入されることで、腰痛予防効果が期待できるか否かも検証する必要がある。

本研究の目的は、以下に示した各年度における研究課題について検証し、装着型ロボットの腰痛予防効果を明らかにすることであった。

- 1) 装着型ロボットが重量物挙上時に腰部にかかる負担および主観的苦痛度に及ぼす効果（平成28年度）
- 2) 装着型ロボットが重量物挙上時に腰部関節の伸展時に発揮される筋力発揮の抑制に及ぼす効果（平成29年度）
- 3) 装着型ロボットが重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における腰痛発生に及ぼす影響（平成30年度）

## B. 研究方法

平成28年度  
装着型ロボットが重量物挙上時に腰部にかかる負担および主観的苦痛度に及ぼす

## 効果

### 1) 被験者

腰痛の既往のない健康な青年男性10名（年齢： $22.4 \pm 5.0$ 歳、身長： $173.9 \pm 6.7$ cm、体重： $69.5 \pm 6.9$ kg）が本研究に参加した。被験者には測定に先立ち本研究の主旨、目的、方法および危険性等について、研究代表者から詳細に説明し、研究参加の同意を同意書の署名により得た。なお、本研究の実験プロトコールは、ヒトを対象とする研究審査委員会（福井大学学術研究院教育・人文社会系部門教員養成領域倫理審査委員会）の審査を受け、承認を得た。

### 2) 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** 法と体幹の前傾が小さく、膝関節を屈曲させる **Squat lifting** 法に大別される（後藤, 2001）。前者は、日常的によく用いられるが（Straker, 2000）、脊柱にかかる負担が大きいため、腰痛発症リスクの高い挙上方法として指摘されている。本研究では、重量物挙上時に腰部発症リスクの高い **Stoop lifting** 法を選択した。

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（図4）。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。

### 3) 実験条件（装着型ロボット、重量物の重さ）

装着型ロボットは、大転子を中心に、体幹および大腿の伸展方向の力を発生させ、重量物挙上動作のアシストをする。被験者は、装着型ロボットあり条件下の重量物挙上動作時には、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



図4 重量物挙上動作

挙上した。つまり、上記の伸展方向のアシストが駆動した状態で、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、電源を入れずに重量物を挙上した。つまり、装着型ロボットのアシストが駆動しない状態で、重量物を挙上した。

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、これを基準に、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。

#### 4) 実験手順

被験者は、つま先、土踏まず、かかと、足、膝および股関節、手先、手および肘関節、および肩峰に反射マーカを貼付した後、装着型ロボット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。装着型ロボットスーツによるパワーアシスト駆動の有無および重量物条件における挙上動作の試行順はランダムに設定した。また、被験者には、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。

#### 5) 評価変数

各条件下における重量物挙上動作は、スポーツセンシング社製・スポーツコーチングカムにより 120fps にて 4 方向から撮影された。また、各条件下における重量物挙上動作時における床反力が、フォースプレートにより計測され、ディケイエイチ社製・TRIAS によりサンプリング周波数 1kHz で記録された。

撮影された映像から、ディケイエイチ社製・Frame-Dias V により 3 次元動作分析が行われ、各条件下における重量物挙上動作のキネマティクス特性と床反力データから、腰部関節トルクが算出された。

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。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とも、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腰部関節ピークおよび平均トルク、腰部への苦痛度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。各要因の効果の効果の大きさを  $\eta_p^2$  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。

#### 平成29年度

装着型ロボットが重量物挙上時において腰部関節の伸展時に発揮される筋力発揮の抑制に及ぼす効果

##### 1) 被験者

腰痛の既往のない健康な青年男性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。被験者には測定に先立ち本研究の主旨、目的、方法および危険性等について、研究代表者から詳細に説明し、研究参加の同意を同意書の署名により得た。なお、本研究の実験プロトコールは、ヒトを対象とする研究審査委員会(福井大学学術研究院教育・人文社会系部門教員養成領域倫理審査委員会)の審査を受け、承認を得た。

## 2) 重量物挙上動作

平成28年度における検証と同様

## 3) 実験条件(装着型ロボット、重量物の重さ)

平成28年度における検証と同様

## 4) 実験手順

被験者は、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EMGを測定するために、それぞれL3棘突起2cm外側の筋腹、L5およびS1レベルの棘突起の外側隣接部、大転子と仙骨を結ぶ中点付近の筋腹および大転子と腸骨稜を結ぶ線の近位1/3付近の筋腹に表面筋電図電極を貼付した後、装着型ロボット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。装着型ロボットスーツによるパワーアシスト駆動の有無および重量物条件における挙上動作の試行順はランダムに設定した。

## 5) 評価変数

各条件下の重量物挙上動作時における脊柱起立筋、多裂筋、大臀筋および中電気のEMGは、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腰部関節伸展に関する筋・筋群(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。

### 平成30年度

装着型ロボットが重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における腰痛発生に及ぼす影響

#### 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78名(平均年齢46.4±12.5歳、最高年齢71歳、最低年齢20歳)が、本研究に参加した。被験者には測定に先立ち本研究の主旨、目的、方法および危険性等について、研究代表者から詳細に説明し、研究参加の同意を同意書の署名により得た。なお、本研究の実験プロトコールは、ヒトを対象とする研究審査委員会(福井大学学術研究院教育・人文社会系部門教員養成

成領域倫理審査委員会)の審査を受け、承認を得た。

## 2) 装着型ロボット群および統制群の分類

被験者は、重量物の上げ下ろしを行う作業現場単位で、装着型ロボット群 15 名および統制群 63 名に分類された。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) 調査項目

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。

## C. 結果

### 平成28年度

#### 装着型ロボットが重量物挙上時に腰部にかかる負担および主観的苦痛度に及ぼす効果

図5は、装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上動作開始から完了までにおける腰部関節トルクの変化を示している。無負荷条件における挙上動作時の腰部関節トルクに顕著な違いは認められなかったが、負荷の上昇に伴い、装着ロボットのアシストなし条件で、重量物挙上動作時における腰部関節トルクが上昇し、ピークを示した後、低下した。これらの傾向は負荷が大きくなるに伴い顕著であった。一方、アシストあり条件では、重量物挙上動作時における大きなトルクの変化は、20%重量物条件まで認められなかったが、40%条件で腰部関節トルクの上昇が認められた。しかしながら、いずれも装着型ロボットのアシストなし条件よりも低かった。

表1、図6および7は、装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上時の腰部関節ピークおよび平均トルクの平均値、標準偏差、二要因分散分析および多重比較検定結果を示している。ピークおよび平均トルクとも有意な交互作用が認められた。多重比較検定の結果、ピークトルクにおいては、装着型ロボットのアシストなし条件下で40%の重量物挙上動作時におけるピークトルクが最も高く、0%で最も低かった。また、いずれの重量物条件下の重量物挙上時におけるピークおよび平均トルクも、装着型ロボットのアシストなし条件が、あり条件よりも有意に高かった。

表2および図8は、装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上時の腰部の苦痛度の平均値、標準偏差、二要因分散

分析および多重比較検定結果を示している。有意な交互作用が認められ、多重比較検定の結果、装着型ロボットのアシストありおよびなしの両条件下で40%の重量物挙上動作時における苦痛度が最も高く、0%で最も低かった。また、いずれの重量物条件下の重量物挙上時における苦痛度も、装着型ロボットのアシストなし条件が、あり条件よりも有意に高かった。

**平成29年度  
装着型ロボットが重量物挙上時において腰部関節の伸展時に発揮される筋力発揮の抑制に及ぼす効果**

表3、図9、10、11および12は、装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上時の腰部関節伸展に関する筋・筋群（脊柱起立筋、多裂筋、大臀筋および中臀筋）RMSにおける平均値、標準偏差、二要因分散分析および多重比較検定結果を示している。脊柱起立筋において有意な交互作用が、多裂筋、大臀筋および中臀筋において有意な主効果（アシスト要因）が認められた。多重比較検定の結果、装着型ロボットのアシストなしおよびあり条件下の0%の重量物挙上時における脊柱起立筋のRMSは、20および40%のそれよりも有意に低かった。装着型ロボットのアシストあり条件下のいずれの重量物挙上動作時における脊柱起立筋、大臀筋および中臀筋RMSは、アシストなし条件下のそれらよりも有意に低かった。また、装着型ロボットのアシストあり条件下の20および40%の重量物挙上動作時における多裂筋RMSは、アシストなし条件下のそれよりも有意に低かった。

**平成30年度  
装着型ロボットが重量物の上げ下ろしを**

**伴う作業現場における腰痛発生に及ぼす影響**

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。図13は、装着型ロボット群および統制群における1ヶ月間の平均腰痛発生率を示している。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。図14は、装着型ロボット群および統制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を示している。装着型ロボット群における発生率は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。

**D. 考察**

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トルクおよび腰部関節伸展に関する筋・筋群の筋力発揮が有意に軽減された。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、高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、腰部関節伸展ピークトルクで63%、平均トルクで38%、腰部関節伸展に関わる筋・筋群の筋力発揮が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%にまで大きく軽減することができたと示唆される。また、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の苦痛度も有意に軽減された。近年では、腰痛の約半数に精神的なストレスが関与していると報告されている。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、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、腰部関節トルクの低下に伴う物理的な腰痛リスクの軽減、腰部関節伸展に関する筋・筋群の筋力発揮が抑制に伴う過度な筋緊張を緩和、ならびに苦痛度の軽減に伴う心理的リスクの軽減が期待されると示唆された。

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抑制は認められなかった。しかしながら、医療機関への受診あるいは欠勤を伴う腰痛、つまり重篤な腰痛の発生率は、装着型ロボットを導入していない作業現場の方が、導入現場よりも有意に高かった。重量物の上げ下ろしを扱う作業現場における重量物は、それぞれにおいて形状や重さも異なるため、それぞれの重量物を持ち上げる際のストラテジーも異なる。それゆえ、実際の作業現場における腰痛予防策は非常に困難となると推察される。本研究の結果、装着型ロボットの導入に伴う腰痛の発生率には違いはなかったものの、重篤な腰痛の発生率には大きな違いが認められた。先に述べた重量物の上げ下ろしストラテジーが複雑であることに伴う腰痛発生リスクは、装着型ロボットの装着により軽減することは難しいのかもしれない。しかし、腰部にかかる物理的な負荷は軽減されるため、腰痛の程度は非常に軽く、作業者が医療機関へ受診あるいは欠勤したりするリスクは軽減されると示唆される。

## E. 結論

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。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

- 山田孝禎. 装着型ロボットスーツの着用が重量物挙上時における主観的苦痛度に及ぼす影響. 日本体育測定評価学会第16回大会号. 2017年3月.
- 山田孝禎. ロボットスーツの着用が重量物挙上時における腰部への物理的負担および主観的苦痛度に及ぼす影響. 日本体育測定評価学会第17回大会号. 2018年3月.
- Yamada T. Efficacy of power assist suit on the mechanical and psychological stress of low back pain during stoop lifting with a heavy load. 23<sup>rd</sup> annual congress of the European College of Sport Science. July, 2018.
- 山田孝禎. パワーアシストスーツは重量物挙上時における腰部伸展筋力発揮を抑制する. 第73回

日本体力医学会大会. 2018年9月.

- 山田孝禎、李忠林. パワーアシストスーツの着用が重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における腰痛発生に及ぼす影響. 第70回日本体育学会大会. 2019年9月.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

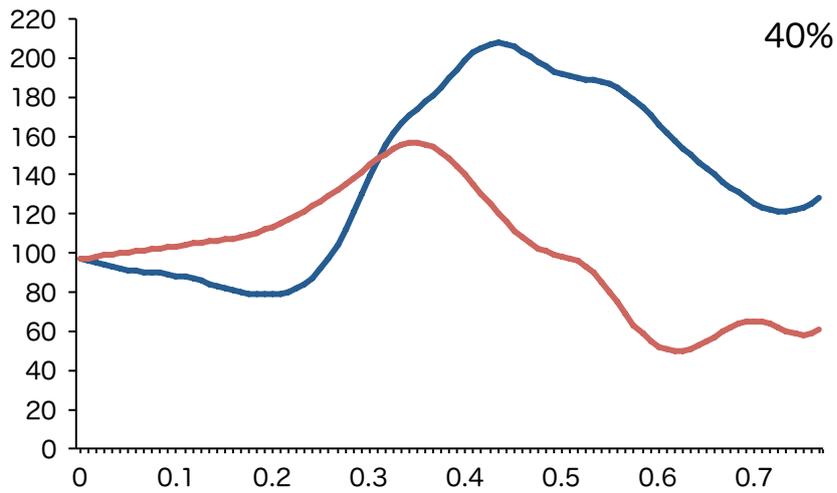
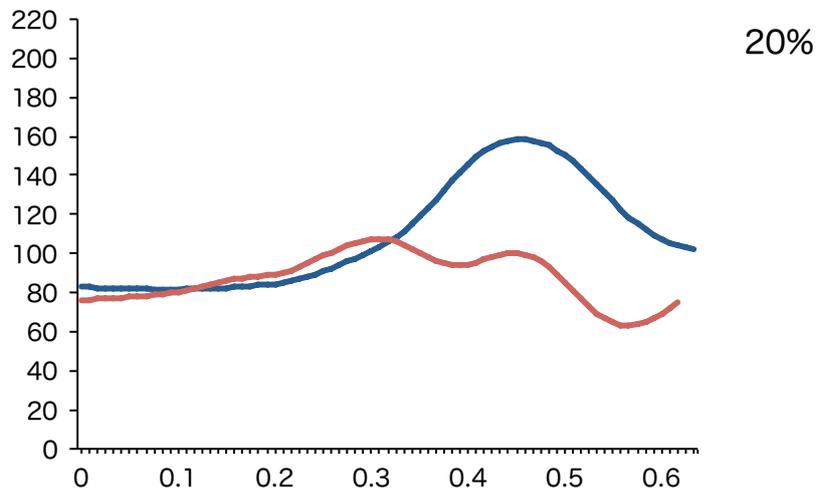
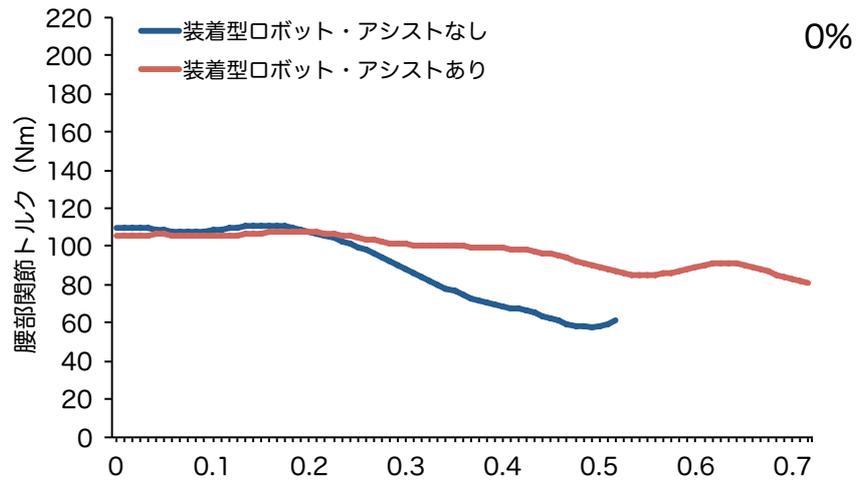


図5 装着型ロボットおよび各重量物条件下における重量物挙上動作時の腰部関節トルクの典型例

表1 装着型ロボットおよび各重量条件下の重量物挙上時の腰部関節ピークおよび平均トルクの平均値、標準偏差、二要因分散分析および多重比較検定結果

ピークトルク	装着型ロボットの アシストなし			装着型ロボットの アシストあり			二要因分散分析				多重比較検定				
	Mean	SD		Mean	SD		F <sub>アシスト</sub>	p	$\eta_p^2$	F <sub>負荷</sub>	p	$\eta_p^2$	F <sub>交互作用</sub>	p	$\eta_p^2$
0%	1.54	0.16	0.12	1.38	0.16	0.12	53.0	0.000	0.85	16.5	0.000	0.65	19.2	0.000	0.68
20%	1.99	0.22	0.44	1.37	0.44	0.44	53.0	0.000	0.85	16.5	0.000	0.65	19.2	0.000	0.68
40%	2.51	0.39	0.51	1.58	0.51	0.51									
平均トルク	1.20	0.11	0.37	0.78	0.37	0.37	30.8	0.000	0.77	0.1	0.933	0.01	10.7	0.001	0.54
	1.31	0.23	0.61	0.67	0.61	0.61									
	1.49	0.47	0.78	0.57	0.78	0.78									

0%, 20%, 40% : 被験者の体重を基準とした重量物負荷

アシストなし : 40% > 20% > 0%  
 0%, 20%, 40% : アシストなし > アシストあり

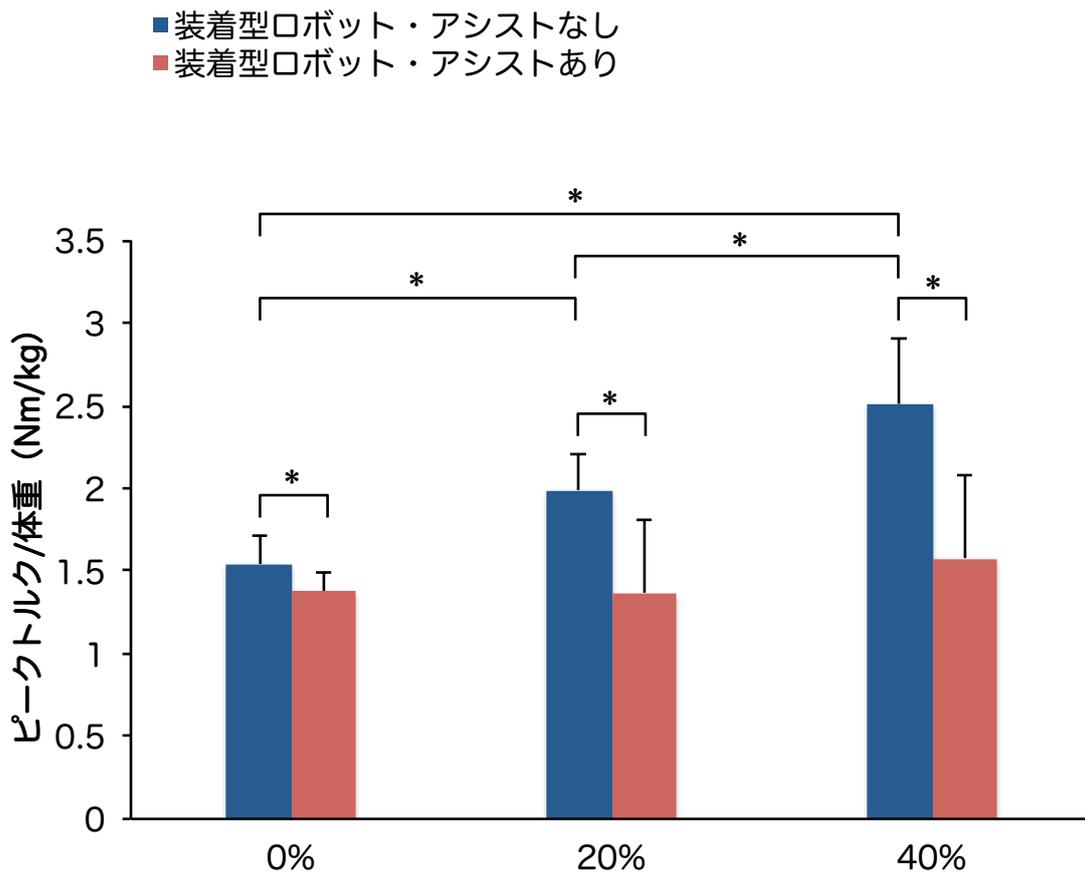


図6 装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上動作時における腰部関節ピークトルク

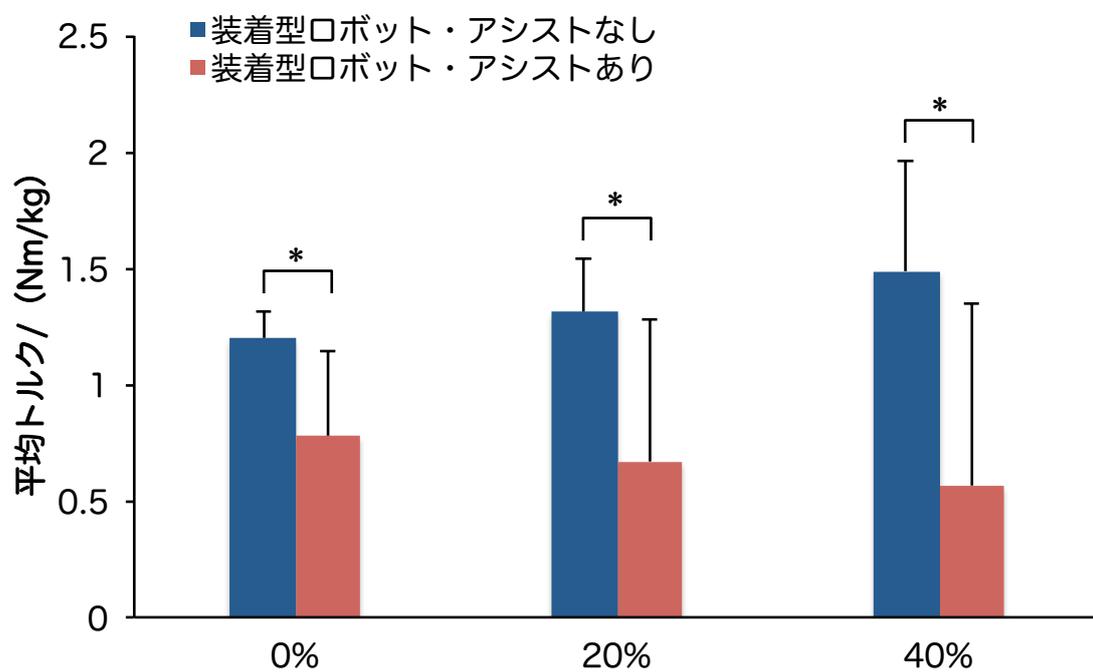


図7 装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上動作時における腰部関節平均トルク

表2 装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上時における腰部の苦痛度の平均値、標準偏差、二要因分散分析および多重比較検定結果

腰部の 苦痛度	装着型ロボットの アシストなし				装着型ロボットの アシストあり				二要因分散分析				多重比較検定				
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	$F_{アシスト}$	$p$	$\eta_p^2$	$F_{負荷}$	$p$	$\eta_p^2$	$F_{交互作用}$	$p$	$\eta_p^2$
	0%	7.10	7.04	3.63	4.77	10.17	7.89	57.6	0.000	0.87	77.0	0.000	0.90	23.5	0.000	0.72	アシストあり・なし：40%>20%>0%
20%	25.75	16.19	10.17	7.89	26.25	15.40	57.6	0.000	0.87	77.0	0.000	0.90	23.5	0.000	0.72	アシストなし>アシストあり	
40%	62.00	16.28	26.25	15.40													

0%, 20%, 40% : 被験者の体重を基準とした重量物負荷

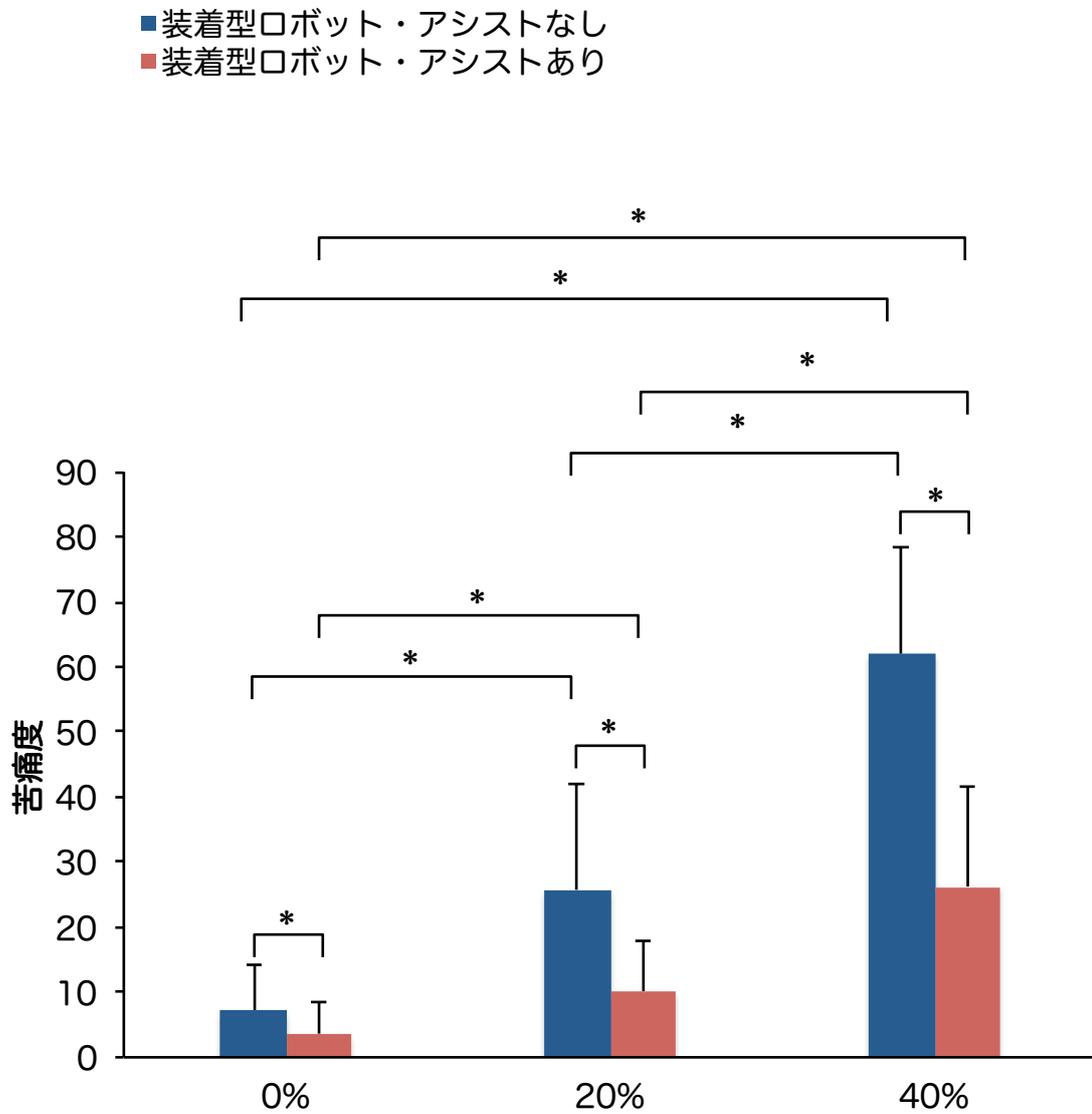


図8 装着型ロボットおよび各重量物条件下の重量物挙上動作時における腰部の苦痛度

表3 負荷およびアシスト条件下の重量物挙上時における脊柱起立筋、多裂筋、大臀筋および中臀筋RMSの平均値、標準偏差、二要因分散分析および多重比較検定結果

	アシストなし		アシストあり		二要因分散分析						多重比較			
	Mean	SD	Mean	SD	$F_{\text{負荷}}$	$p$	$\eta_p^2$	$F_{\text{アシスト}}$	$p$	$\eta_p^2$		$F_{\text{交互作用}}$	$p$	$\eta_p^2$
脊柱起立筋	0%	0.08	0.041	0.05	0.035									
	20%	0.16	0.093	0.09	0.065	8.73	0.002	0.49	44.99	0.000	0.83	4.04	0.035	0.31
	40%	0.22	0.170	0.14	0.116									0%
多裂筋	0%	0.13	0.077	0.08	0.107									
	20%	0.14	0.073	0.08	0.042	1.09	0.357	0.11	9.49	0.013	0.51	0.46	0.637	0.05
	40%	0.17	0.070	0.11	0.042									20% > A
大臀筋	0%	0.09	0.053	0.02	0.013									
	20%	0.16	0.111	0.06	0.051	3.50	0.055	0.30	28.18	0.001	0.78	1.99	0.169	0.20
	40%	0.18	0.128	0.08	0.108									0% > A
中臀筋	0%	0.08	0.048	0.02	0.014									
	20%	0.09	0.053	0.03	0.023	3.25	0.065	0.29	22.50	0.001	0.74	0.05	0.953	0.01
	40%	0.10	0.054	0.04	0.022									0% > A

N: アシストなし、A: アシストあり

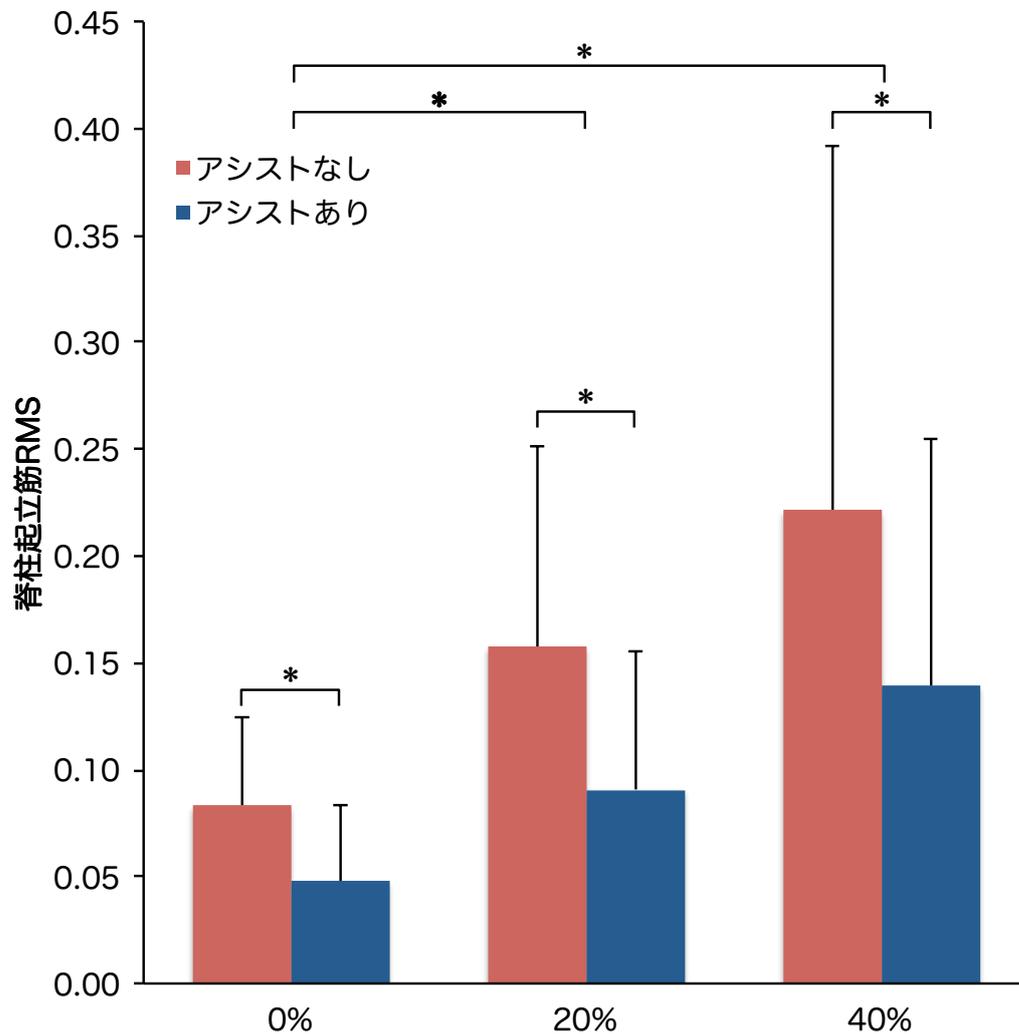


図9 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における脊柱起立筋 EMG の RMS

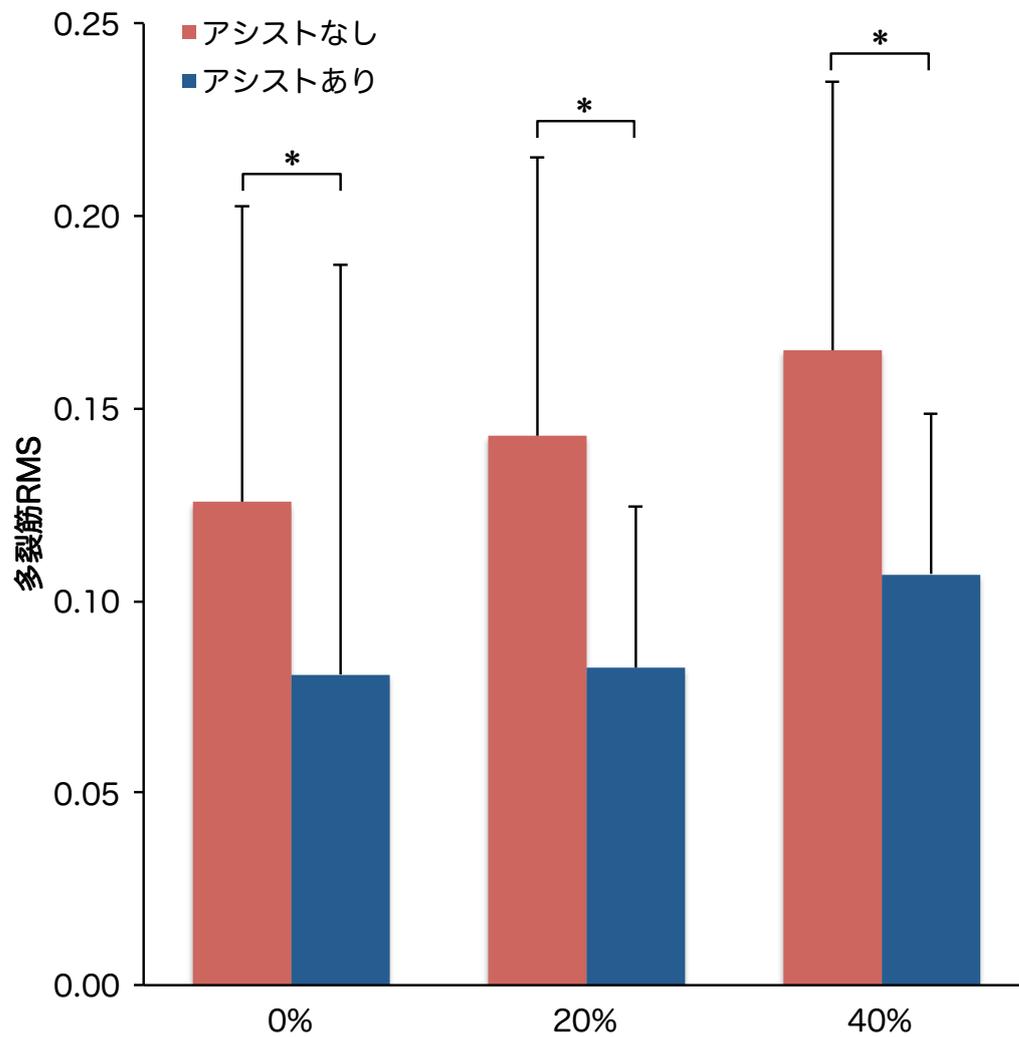


図10 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における多裂筋 EMG の RMS

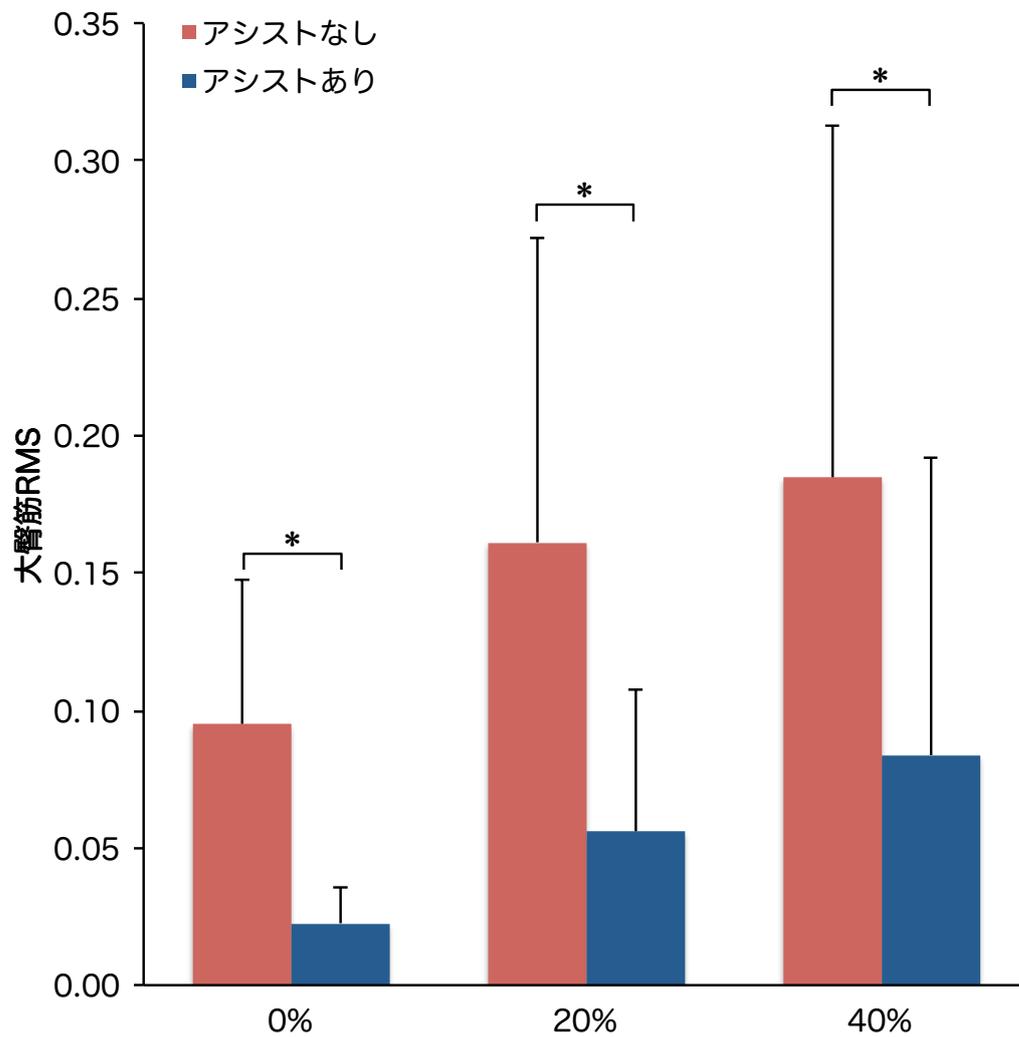


図11 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における大臀筋 EMG の RMS

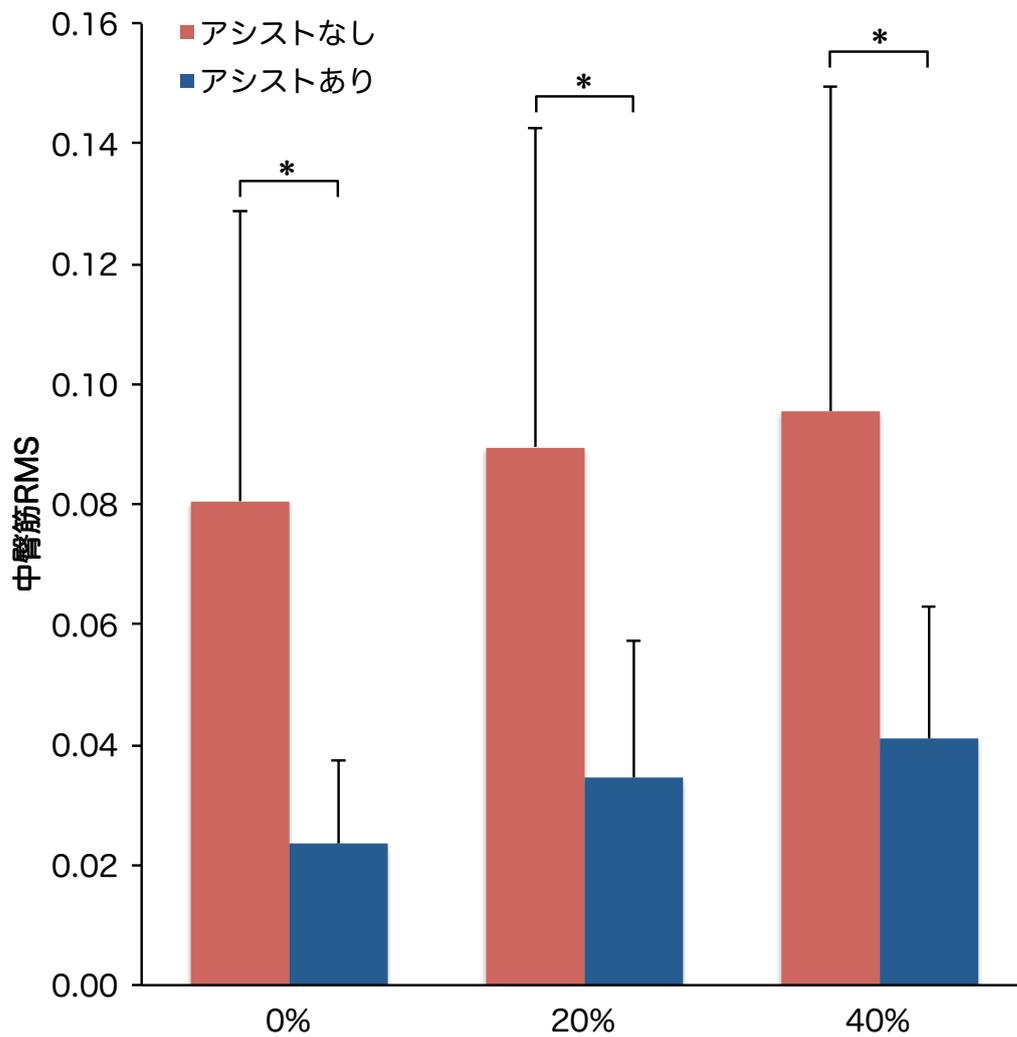


図12 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における中脛筋 EMG の RMS

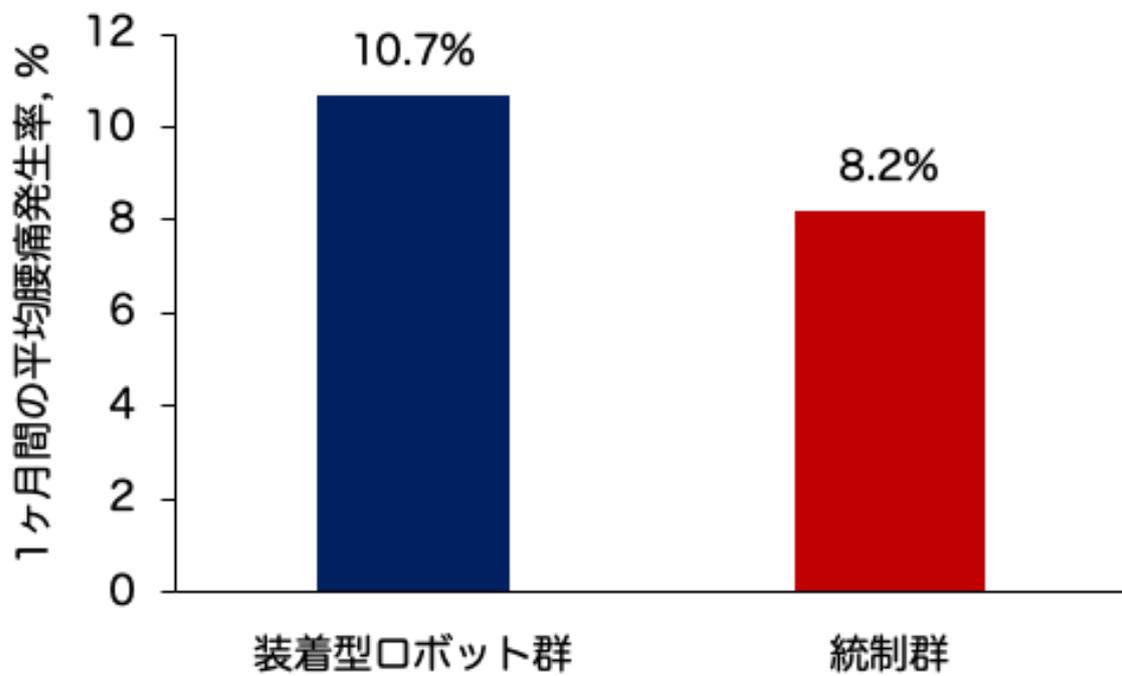


図13 装着型ロボット群および統制群における1ヶ月間の平均腰痛発生率

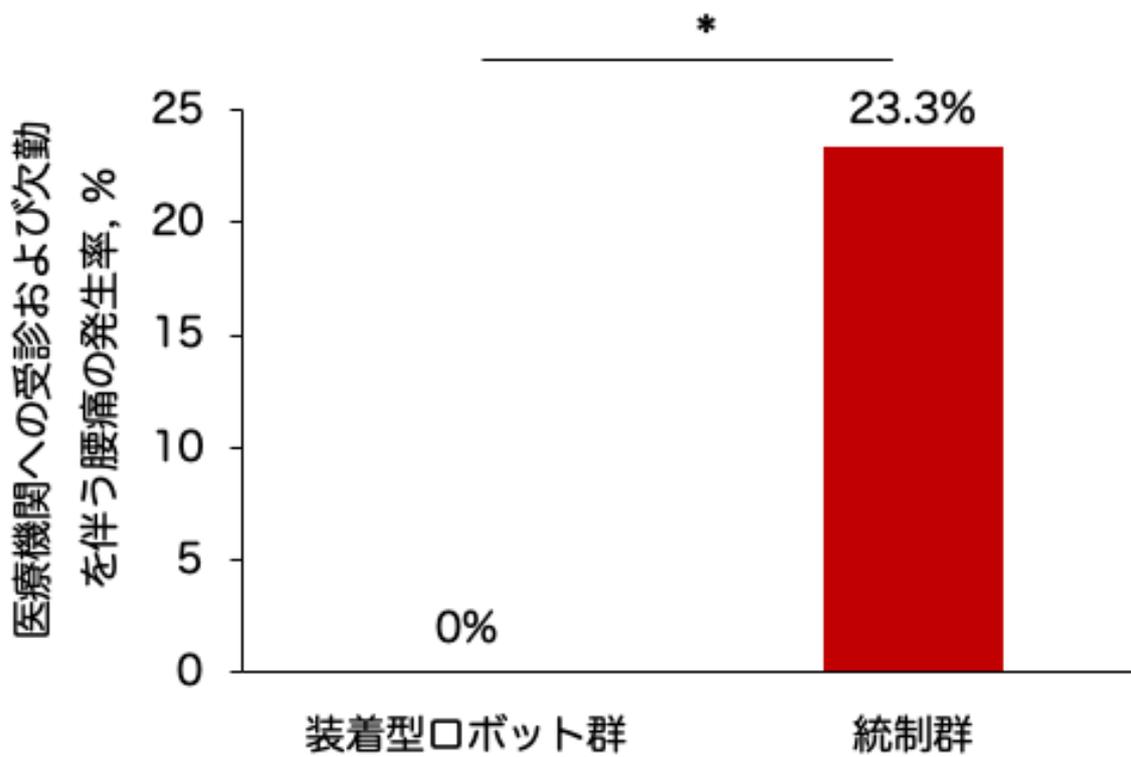


図14 装着型ロボット群および統制群の腰痛発症者における1ヶ月ごとの医療機関への受診および欠勤を伴う腰痛の発生率

注) \*:  $p < 0.05$

## 研究成果の刊行に関する一覧表

### 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
該当なし							

### 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
山田 孝禎	パワーアシストスーツは重量物挙上時における腰部伸展筋力発揮を抑制する.	第73回日本体力医学会大会大会号	プログラム・抄録集	153	2017年3月
山田 孝禎	ロボットスーツの着用が重量物挙上時における腰部への物理的負担および主観的苦痛度に及ぼす影響	日本体育測定評価学会第17回大会号	プログラム・抄録集	26	2018年3月
Takayoshi Yamada	Efficacy of power assist suit on the mechanical and psychological stress of low back pain during stoop lifting with a heavy load.	23rd annual congress of the European College of Sport Science.	プログラム・抄録集	801	2018年7月
山田 孝禎	パワーアシストスーツは重量物挙上時における腰部伸展筋力発揮を抑制する.	第73回日本体力医学会大会大会号	プログラム・抄録集	153	2018年9月
山田 孝禎、李忠林.	パワーアシストスーツの着用が重量物の上げ下ろしを伴う作業現場における腰痛発生に及ぼす影響.	第70回日本体育学会大会大会号	プログラム・抄録集	—	2019年9月