

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29年度 総括研究報告書

研究代表者 山田 孝禎

平成30(2018)年 3月

## 目 次

### I. 総括研究報告

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 .....	12
--------------------------	----

## 平成29年度労災疾病臨床研究事業費補助金

## 総括研究報告書

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。本研究の目的は、装着型ロボットの着用が、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を検討し、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。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、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。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）を各被験筋の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。

## A. 研究目的

腰痛は、4日以上休業を伴う職業性疾患の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 × 幅48cm × 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



図3 AWN-03の特徴

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、その着用により、腰部への負担がどの程度軽減されるか、また腰部関節の伸展・屈曲に関わる筋・筋群の筋力発揮をどの程度軽減できるかは詳細に明らかにされていないことが多い。

本研究の目的は、装着型ロボットの着用が重量物挙上時における腰部関節伸展に関する筋・筋群の筋力発揮に及ぼす効果を検討し、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。

## B. 研究方法

### 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、重量物挙上時において腰痛発症リスクの高い Stoop lifting 法を選択した。

被験者は、せ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。



図4 重量物挙上動作

### 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、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。

### C. 結果

表 1、図 5、6、7 および 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。

#### 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、その発生のリスクが高まる。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。

#### E. 結論

装着型ロボットの装着により、重量物挙上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。

#### 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.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 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	0%、20%、40%: N > A	
	40%	0.22	0.170	0.14	0.116											
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	20%、40%: N > A	
	40%	0.17	0.070	0.11	0.042											
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	0%、20%、40%: N > A	
	40%	0.18	0.128	0.08	0.108											
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	0%、20%、40%: N > A	
	40%	0.10	0.054	0.04	0.022											

N: アシストなし, A: アシストあり

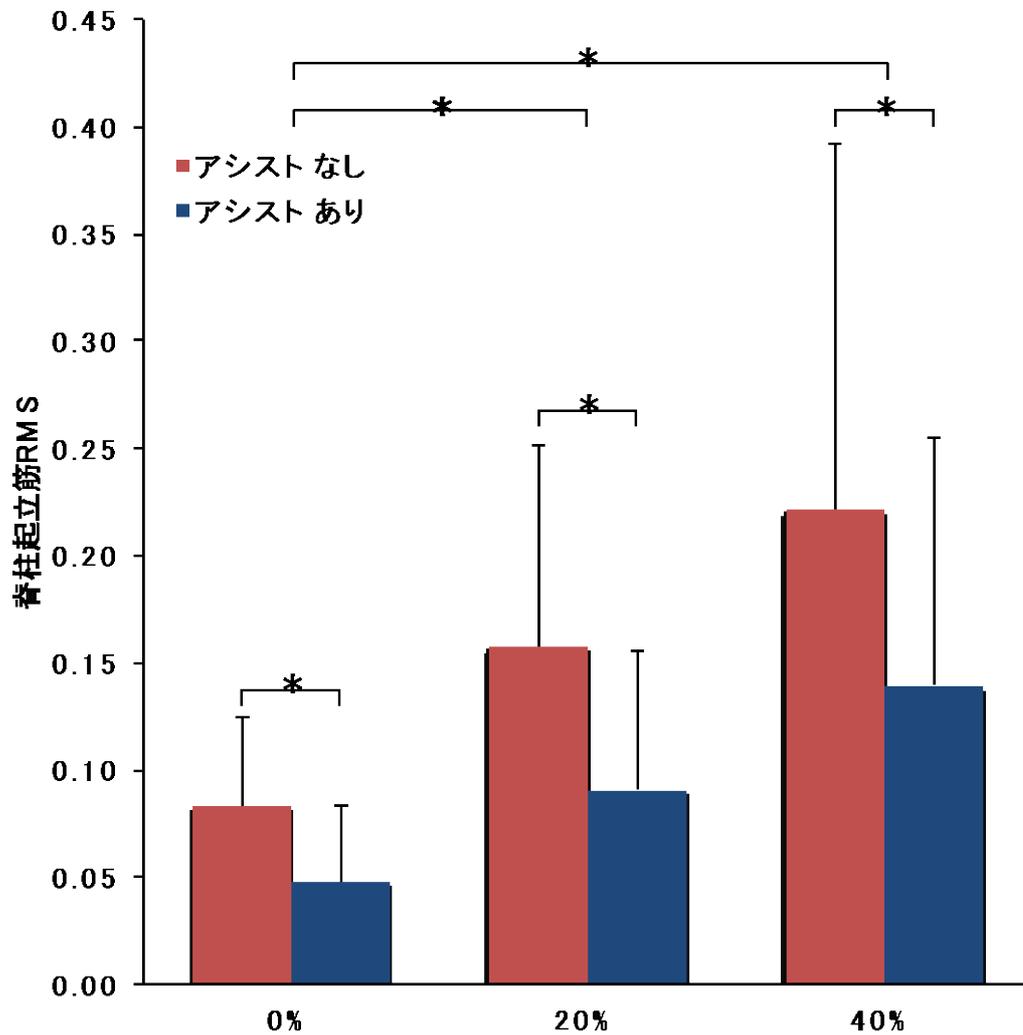


図5 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における脊柱起立筋 EMG の RMS

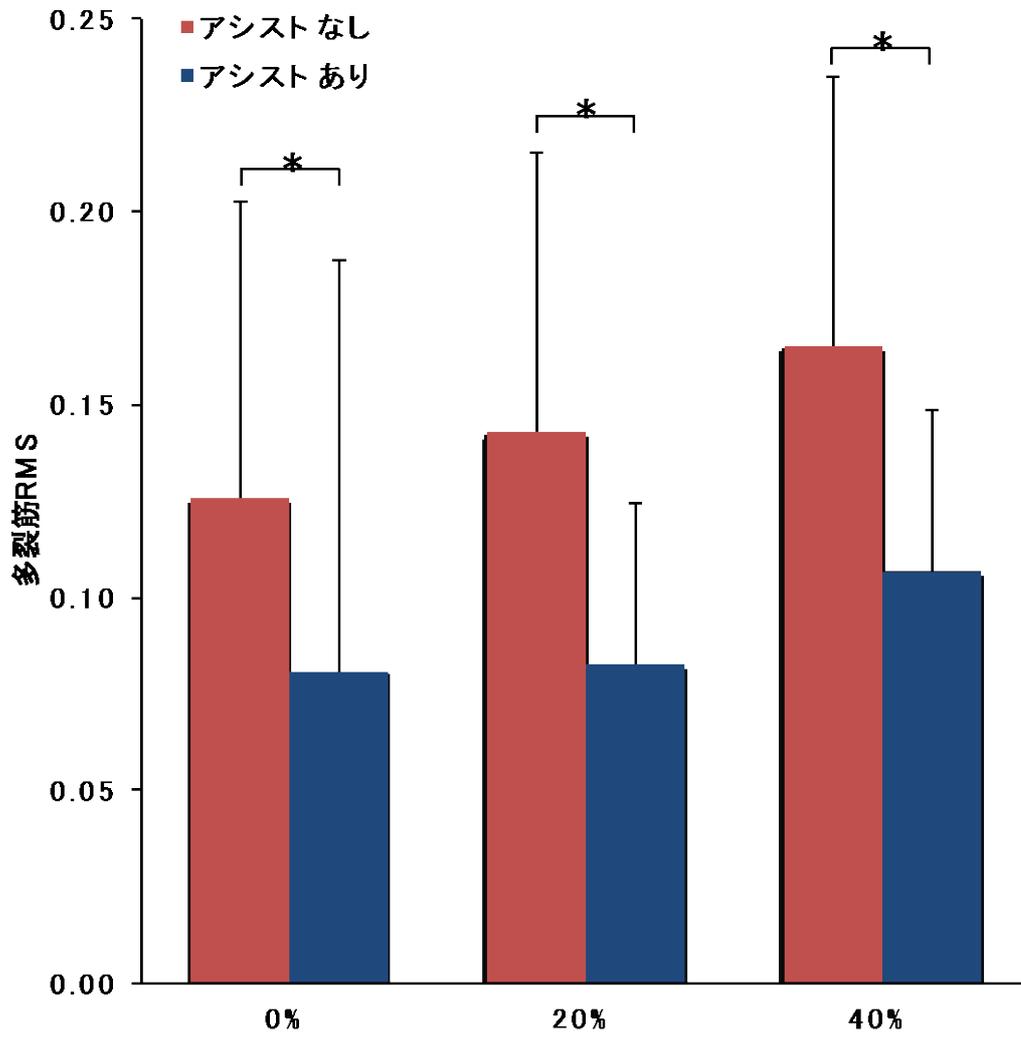


図6 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における多裂筋 EMG の RMS

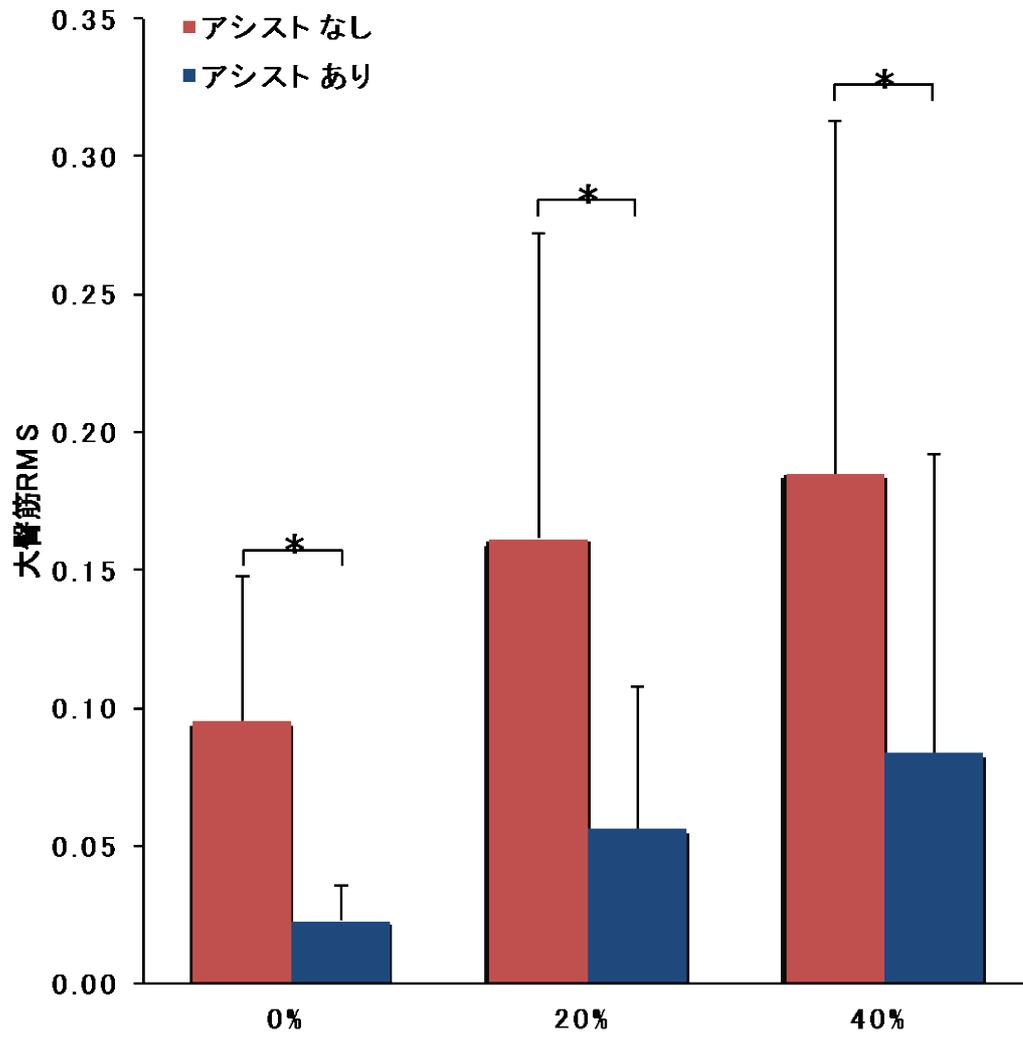


図7 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における大臀筋 EMG の RMS

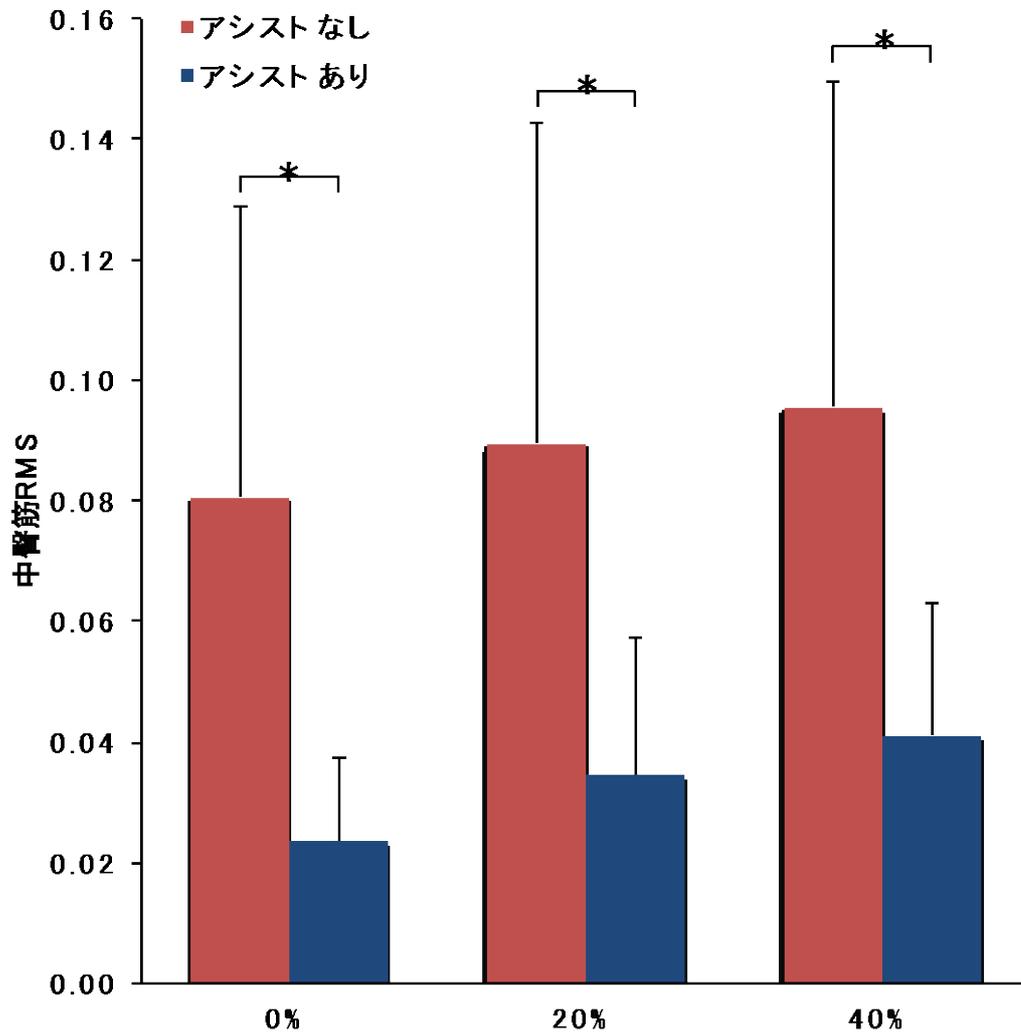


図8 装着型ロボットによるアシストの有無および各重量物条件下の重量物挙上動作時における中臀筋 EMG の RMS

## 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	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	プログラムム・抄録集	19	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.	23 <sup>rd</sup> annual congress of the European College of Sport Science.	プログラムム・抄録集		2018年7月