

装着型パワーアシストロボット等の活用の 有効性に関する検証

杉本 仁美^{*}，持田 春人^{*}，玄海 嗣生^{*}

概 要

消防活動や救急活動等に従事する活動隊員は、困難な活動環境下において重量のある資器材や傷病者の搬送を行うこともあり、大きな身体的負担がかかっている。現在、介護や農業の現場では、身体に装着し、作業時の身体的負担を軽減させるロボットやウェア（以下「装着型パワーアシストロボット等」という。）が実用化されている。そこで本検証では、消防活動等に従事する活動隊員の身体的負担軽減に資することを目的とし、消防活動や救急活動を想定した運動実験を通して、装着型パワーアシストロボット等装着時と未装着時における生理的及び主観的指標を比較検証した。

検証の結果、持上げ動作時は装着している時のほうが、筋活動量が小さかったことから、装着型パワーアシストロボット等は、持上げ動作を伴う作業時に活動隊員の身体負担の軽減に寄与する可能性が示唆された。

1 はじめに

消防活動や救急活動等に従事する活動隊員は、資器材や傷病者の搬送、また現場によっては階段を用いて搬送するなど、困難な活動環境下において活動を遂行しなければならず、大きな身体的負担がかかっている。また、2020年に開催される東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会等会場においても大柄な外国人傷病者を担架に収容し、搬送する場面が想定される。

近年、少子高齢化が進み、労働人口の減少により、ロボットによる製造業の生産、医療・介護、建設作業現場などの幅広い分野において、労働力の補完、働く高齢者や女性への支援等が期待されている。介護や農業の現場では、身体に装着し、作業者の身体的負担を軽減させる装着型パワーアシストロボット等が開発されており、いくつかの装着型パワーアシストロボット等は、既に実用化され、作業時に活用されている。

そこで本検証では、消防活動や救急活動等に従事する活動隊員の身体的負担軽減に資することを目的とし、現場での動作を想定した運動実験を通して、装着型パワーアシストロボット等の装着時と未装着時における生理的及び主観的指標を比較検証した。

2 方法

本検証は、被験者の人権及び個人情報の保護並びに安全性の確保について、東京消防庁で定める技術改良検証倫理審査専門部会の承認を得て実施した。

(1) 実施期間

平成28年11月から平成28年12月

(2) 実施場所

東京消防庁 消防技術安全所 2階運動学実験室及び屋内階段

(3) 被験者

被験者は、消防吏員11名（男性8名、女性3名）であり、被験者の特性については、平均年齢 36.1 ± 4.2 歳、平均身長 169.2 ± 4.7 cm、平均体重 63.8 ± 9.0 kgであった。

(4) 装着型パワーアシストロボット等

本検証に用いた装着型パワーアシストロボット等は、表1のとおり。

(5) 運動条件

運動時の写真については、表2のとおり。

ア 資器材持ち上げ

つま先前方に置いた救命セットかばん及びデマンドバック（重さ10kgを2個、計20kg）を膝を曲げずに、リズム（50回/分）に合わせて持ち上げて下す動作を6回実施した。ただし、ロボット3は資器材を被験者自らが手で持つのではなく、ロボット本体の枠に資器材を掛ける仕様であることから、ロボット3は膝を曲げる動作とした。

イ ダミー搬送

ダミー人形（約30kg）を載せた布担架の足側を保持した状態で、トレッドミル上を時速2kmで60秒間歩行した。なお、ロボット3は、布担架をロボット本体の枠にロープで結びつけた状態で行った。

^{*}活動安全課

表 1 今回検証に用いた装着型パワーアシストロボット等

	ロボット型			ウェア型	
	ロボット 1	ロボット 2	ロボット 3	ウェア 1	ウェア 2
外観					
主に使用されている現場	物流、建設現場等	介護、建設現場、物流等	原子力施設	介護、農業等	介護、農業等
動力源	充電式電池	圧縮空気	充電式電池	弾性体（ゴム）	弾性体（ゴム）
重量	約 6.5kg	約 4.0kg	約 39 kg	約 0.5kg	約 0.5kg
想定アシスト力	15kgf	25kgf	40 kg 程度	身体負担を 25% 減	身体負担を 25% 減
備考	中腰姿勢モード、歩行モード（アシスト一時停止状態）あり	付属の空気入れを用いて、空気充填し、使用する	付属の靴の中敷に設置されている圧力センサーで使用者の体重移動を感じし、腰部及び下半身の動作をアシストする	衣服の上に装着する	衣服の下に装着する

ウ 階段昇り

救命セットかばん及びデマンドバック（重さ 10 kg を 2 個、計 20 kg）を持った状態で、リズム（80 回/分）に合わせて階段昇りを実施した。なお、昇る段数は 12 段とした。

表 2 運動時写真

資器材持上げ (20 kg)	
ダミー搬送 (足側を保持)	
階段昇り	

(6) 運動時測定項目

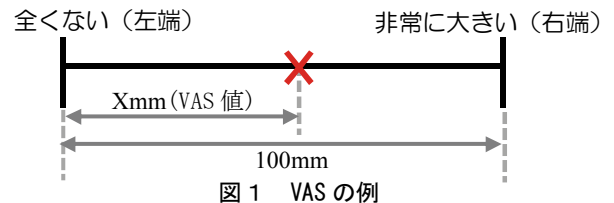
ア 表面筋電図（筋活動量）

多チャンネルテレメータシステム WEB7000（日本光電

工業社製）を使用し、腹直筋、脊柱起立筋（左右）、大腿直筋及び大腿二頭筋について、筋活動量を測定した。なお、測定部位については、腰痛や腰部負担をテーマとした先行研究を参考に決定した。

イ VAS（Visual Analogue Scale）

VAS とは、Visual Analogue Scale の略で、主観的な評価を測る指標である。図 1 のとおり、質問項目に対して 100mm の水平線上で自分の感覚や気持ちに近いと感じるポイントに×印を記し、左端から×の長さを主観的な指標である VAS 値とする。本検証で用いた指標については、表 3 に示す。なお、「作業への支障感」は、未着装の状態を 0 とした場合、どの程度作業に支障があるかについて質問した。また、「着心地のよさ」、「着装困難性」、「歩行のしやすさ」について評価してもらった。



ウ 着装時間

各装着型パワーアシストロボット等の着装時間を計測した。なお、ロボット 3 については 1 人での着装は難しい仕様であることから、計測は実施しなかった。

エ アンケート内容

アンケート内容については、表 3 のとおり。

表3 アンケート内容

内 容
装着型パワーアシストロボット等を消防活動や救急活動等に使用してみたいと思いますか（「はい」、「いいえ」、「どちらでもない」から1つ選択）。 また、それを選択した理由を述べてください（自由記述）。

(7) 検証手順

被験者に対して、最初にすべての装着型パワーアシストロボット等の装着及び操作方法を説明するとともに、装着及び操作の練習をさせた。被験者自身が装着及び操作方法を修得したと判断した後、検証に移行した。

なお、ロボット3については重量があることから、被験者が転倒等した際の危険性を考慮し、ダミー搬送（足側）及び階段昇りは未実施とした。

3 統計処理

筋活動量を除くデータはすべて平均値±標準偏差で表した。統計処理には SPSS Ver.21 for windows を用いた。対応のある一元配置分散分析を用いて、未装着時と装着型パワーアシストロボット等装着時を5種類の計6パターンで、各測定項目の群間比較を行った。

各部位の筋活動量は、表面筋電図から得られた波形の面積（Area）とし、各運動負荷において未装着時の筋活動量を基準（100%）として正規化し、各装着型パワーアシストロボット等の装着時との比較を実施した。なお、未装着の平均値は正規化処理しているため、すべて100%である。有意性は危険率5%未満を有意差あり、危険率10%未満を有意傾向ありとした。

4 結果

(7) 表面筋電図（筋活動量）

ア 資器材持上げ 20 kg

資器材持上げ 20 kg の表面筋電図の結果は、表4のとおり。

大腿直筋では、ロボット3の値が未装着及び他のロボット及びウェアと比較して有意に大きいことが認められた。腹直筋では有意差は認められなかった。脊柱起立筋（左）では、ロボット3の値が他のロボット及びウェアと比較して有意に小さいことが認められた。それ以外では、ロボット2及びウェア2の値が未装着と比較して有意に小さい傾向がみられた。脊柱起立筋（右）では、ロボット3の値が他のロボット及びウェアと比較して有意に小さいことが認められ、未装着と比較してロボット1の値が有意に小さかった。大腿二頭筋では、未装着と比較してロボット3及びウェア2の値が有意に小さいことが認められた。

イ ダミー搬送（足側）

ダミー搬送の表面筋電図の結果は、表5のとおり。

ダミー搬送では、すべての筋肉部位において、各装着型パワーアシストロボット等との間に有意差はみられなかった。

ウ 階段昇り

階段昇りの表面筋電図の結果は、表6のとおり。

階段昇りでは、脊柱起立筋（右）において、未装着、ロボット2、ウェア1と比較してロボット2の筋活動量が有意に大きかった。それ以外の筋肉部位では、有意差がみられなかった。

(2) VAS

ア 腰への負担感

腰への負担感については、表7のとおり。

持上げ動作では、ロボット3の値が他の群と比べて有意に小さい傾向がみられた。また、ウェア1に比べてロボット1の値が有意に低い傾向がみられた。ダミー搬送では、未装着、ロボット1及びウェア2に比べてロボット3の値が有意に低い傾向にあった。なお、階段昇りでは、有意差はみられなかった。

イ 作業への支障感

支障感については、表8のとおり。

持上げ動作では、ロボット3がウェア1及び2よりも有意に値が大きく、ロボット2と比較してもロボット3の値が大きい傾向がみられた。全体的な傾向としては、ウェア型よりもロボット型の値が大きかった。

ウ 着心地のよさ、装着困難性及び歩行のしやすさ

着心地のよさ、装着困難性及び歩行のしやすさについては、表9のとおり。

着心地のよさ及び歩行のしやすさでは、ロボット3が最も小さい値であり、また、全体的にはロボット型よりもウェア型の値が高い傾向にあった。

装着困難性にあつては、他の装着型パワーアシストロボットに比べ、ロボット3の値が大きい値であった。

(3) 装着時間

装着時間については、ウェア2が64.5秒と最も時間がかかり、ロボット2は最も速かった。ロボット1及び2とも、ウェア型との間で有意差がみられ、ロボット型は、ウェア型よりも装着時間が速い傾向がみられた。

(4) アンケート及び自由記述

アンケート及び自由記述については、表10のとおり。

(5) 性別での比較

性別で比較した腰への負担感（VAS 値）の結果は、表11のとおり。

表4 資器材持上げ 20kg 表面筋電図

	大腿直筋	脊柱起立筋(左)	脊柱起立筋(右)	大腿二頭筋
未着装	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
ロボット1	98.0±40.4	80.4±12.6	83.2±10.2	90.0±8.9
ロボット2	87.3±29.6	85.4±16.9	82.9±31.0	88.7±9.2
ロボット3	278.3±124.6	44.1±14.4	39.4±10.7	50.1±37.6
ウェア1	84.2±35.4	92.7±16.5	86.0±19.2	83.6±15.3
ウェア2	79.5±21.4	86.2±8.5	94.4±32.8	83.1±9.5

*: $p < 0.05$

表5 ダミー搬送(足側) 表面筋電図

	大腿直筋	脊柱起立筋(左)	脊柱起立筋(右)	大腿二頭筋
未着装	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
ロボット1	87.6±32.2	106.2±42.4	127.2±19.1	96.6±25.1
ロボット2	102.4±40.1	93.6±44.5	110.2±18.3	88.6±18.8
ロボット3	83.0±35.0	69.9±32.8	97.4±13.6	54.8±31.4
ウェア1	73.2±24.9	97.1±20.9	124.7±26.3	78.0±14.2
ウェア2	79.8±31.6	96.8±41.2	123.1±24.8	79.7±27.4

表6 階段昇り 表面筋電図

	大腿直筋	脊柱起立筋(左)	脊柱起立筋(右)	大腿二頭筋
未着装	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0
ロボット1	89.4±30.1	132.5±36.5	141.3±27.0	115.1±62.0
ロボット2	114.3±58.0	93.5±20.3	93.7±10.6	119.1±77.3
ウェア1	97.3±31.3	101.2±25.6	116.4±47.0	88.9±32.9
ウェア2	102.8±37.1	97.7±21.3	129.0±64.5	92.1±29.6

*: $p < 0.05$

表7 腰への負担感 (VAS 値/値が高いほど負担感が大きい)

	持上げ 20kg	ダミー搬送(足)	階段昇り
未着装	39.1±23.0	44.9±19.8	33.3±13.6
ロボット1	27.4±15.3	40.0±18.9	28.5±19.4
ロボット2	28.7±16.0	36.4±19.4	26.1±19.8
ロボット3	12.9±16.3	16.3±23.9	(未実施)
ウェア1	39.1±25.1	37.9±20.9	28.4±14.3
ウェア2	37.5±19.7	37.7±14.7	25.8±17.3

*: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$

表8 支障感 (VAS 値/値が高いほど支障感が大きい)

	持上げ 20kg	ダミー搬送(足)	階段昇り
ロボット1	50.8±22.5	62.2±23.6	52.8±26.5
ロボット2	50.0±21.2	70.5±9.4	58.3±20.5
ロボット3	73.2±15.8	72.5±16.3	(未実施)
ウェア1	19.6±13.8	20.6±14.5	21.8±10.8
ウェア2	20.7±14.4	17.7±14.7	28.3±19.0

**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$

表9 着心地のよさ、着装困難性、歩行のしやすさ (VAS 値) 及び着装時間

	着心地のよさ (値が高いほど着心地がよい)	着装困難性 (値が高いほど着装が難しい)	歩行しやすさ (値が高いほど歩行しやすい)	着装時間(秒)
ロボット1	23.1±17.6	41.9±26.6	33.6±21.3	38.6±2.6
ロボット2	37.0±19.0	44.0±9.0	23.0±9.9	27.4±2.7
ロボット3	5.1±3.5	85.1±19.2	3.8±2.7	(未実施)
ウェア1	53.3±20.3	39.6±20.3	75.5±14.8	49.2±2.8
ウェア2	55.1±24.1	39.0±27.5	75.0±15.1	64.5±9.4

**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, †: $p < 0.1$

表10 各装着型パワーアシストロボット等の評価 (自由記述)

[質問内容] 装着型パワーアシストロボット等を消防活動や救急活動等に使用してみたいと思いますか。(「はい」、「いいえ」、「どちらでもない」から1つ選択) また、それを選択した理由を述べてください。(自由記述)			
	はい	いいえ	どちらでもない
ロボット1	0人	8人	3人
	—	- 救急活動で装着していたら、傷病者が驚くのではないかと - 持上げ動作では負担軽減できるが、それ以外の動作に支障がある - アシストされるタイミングがわかりづらいことがある	- 消防活動では作動音は気にならないかもしれないが、救急現場では傷病者等が不安に思うかもしれない - 活用方法次第では、腰への負担軽減が期待できそう
ロボット2	1人	8人	2人
	電源が不要なので、どこでも使える	- 動作内容によっては、アシストが実感できない - 着装に時間がかかる - 本体がかさばり狭い所には向かない - しゃがみづらいので、現場で使うことは難しいと思う	- 動きやすさはある - 負担軽減に期待できそう - 手動で空気を入れるのは面倒だが、空気入れはコンパクトでよい
ロボット3	0人	10人	1人
	—	- 現在の状態では、消防車両に積載することは難しいと感じる - 歩行が安定せず、細かい動作に不向き - 着装するだけで一苦労 - 素早い動きが出来ない	現段階での使用は困難だとは思いますが、パワーは最もあるので、改良の余地があると思う
ウェア1	5人	6人	0人
	- アシスト力は物足りないが、サポーターのような安心感はある - 軽くてかさばらないので、持ち運びが容易 - ハーネスと同じ感覚で着装でき、動きやすい	- 締めるベルトが多く装着が難しい - サポート力をそれほど感じなかった - 動いていない時の姿勢が疲れる	—
ウェア2	4人	6人	1人
	- アシスト力は物足りないが、サポーターのような安心感はある - 衣類下に着れば目立たないため、試しやすい	- 動作内容によっては、動きの妨げになる - サポートされている実感が少ない - アシスト力が弱い - 動いていない時も締め付け感がある	外から目立たないのはいいのだが、締め付け感があり、長時間装着することに多少不安がある

表 11 性別における腰への負担感 (VAS 値/持上げ 20 kg)

	男性	女性
未着装	26.8±9.7	71.8±19.5
ロボット 1	21.6±12.3	36.6±22.5
ロボット 2	25.2±14.4	38.0±22.5
ロボット 3	13.2±19.6	12.8±9.3
ウエア 1	32.9±14.7	49.5±32.9
ウエア 2	35.6±21.4	48.3±32.0

5 考察

(1) 表面筋電図 (筋活動量)

ア 持上げ動作

持上げ動作においてロボット 3 は、他の群と比較して大腿二頭筋を除いた全ての筋肉部位で有意差がみられ、大腿直筋では筋活動量が未着装よりも大きく、脊柱起立筋 (左、右) 及び大腿二頭筋では最も小さいという顕著な結果がみられた。

ロボット 3 以外の装着型パワーアシストロボットがリュックサックを背負うように、上半身や腰部周りに着装する物であるのに対して、ロボット 3 は全身に装着するタイプであることから、他種と比較して特異なタイプである。さらに、検証方法で示したようにロボット 3 は手で資器材を持たず、本体フレームに資器材を掛ける仕様となっている。これらのことが、持上げ時の筋活動量に影響したものと考えられる。

持上げ動作では脊柱起立筋において、未着装に比べてロボット 1、ロボット 2 及びウエア 2 のほうが筋活動量が小さいことから、持上げ動作のアシストに効果があることが示唆された。また、統計的有意差はみられなかったものの、脊柱起立筋 (左、右) 及び大腿二頭筋においては、全ての装着型パワーアシストロボット等が未着装よりも筋活動量が少ないことから、装着型パワーアシストロボット等が資器材の持上げ動作時に身体負荷の軽減に寄与していることが示唆された。

イ ダミー搬送

ダミー搬送では、どの筋肉部位においても未着装と各装着型パワーアシストロボット等の間に有意差はみられず、傷病者搬送においては活動隊員の身体負荷の軽減に繋がらない可能性が示唆された。本検証に用いた装着型パワーアシストロボット等は、持上げ動作や中腰姿勢の継続的な保持を目的として開発されたものである。そのため、歩行動作ではアシストの効果はほとんどなく、未着装状態との間に差が見られなかった可能性が考えられる。

ウ 階段昇り

階段昇りでは、脊柱起立筋 (右) において、未着装、ロボット 2 及びウエア 1 に比べてロボット 1 の筋活動量が大きいという結果であったが、このことはロボット 1 の作動メカニズムが影響していることが考えられる。ロボット 1 は、腰部付近にあるギアボックスが、使用者の腰の動きを追従して、ギアが回転し、太ももを押す力と上体を引き上げる力が働く仕様となっており、このことがロボット 1 の値に影響したことが考えられる。ただし、先に述べたように本検証に用いた装着型パワーアシストロボット等は歩行を補助する機能は無い。また、ロボット 1 に関しては「歩行モード」が搭載されているが、これは電源を一時的にオフにする機能であり、ロボット 1 の歩行時はアシストを切ることが想定されている。そのため、アシストが入る状態で階段を昇ることは、ロボット 1 の本来の使用方法ではないことを考慮しなければならない。

(2) VAS

ア 腰への負担感

腰への負担感について、VAS で評価してもらった。持上げ動作では、ロボット 3 の負担感が最も少ない傾向にあった。表面筋電図の考察においても前述したようにロボット 3 は、機械制御によって機体本体の重量が支えられる構造であり、資器材の重量においても機械制御で支えられていることから、負担感の軽減に繋がったと考えられる。

また、持上げ動作ではロボット 1 はウエア 1 と比べて負担感が少ない傾向にあった。ロボット 1 もロボット 3 と同様に電動モーターによって動作をアシストする仕様である。そのため、アシスト力のパワーが大きく、被験者はアシスト力の強さを感じられやすいことが理由として推察される。

ダミー搬送については、ロボット 3 の負担感が少ない傾向にあった。この理由として、ロボット 3 は布担架を手で保持する必要がなかったことが挙げられる。未着装及び他の装着型パワーアシストロボット等は、ダミー人形を載せた布担架は腕力を使って持上げ、保持した状態で搬送を行った。一方、ロボット 3 は検証方法に示したようにロープを用いて、布担架をロボット本体に掛けた状態で搬送を実施したため、被験者本人にはロボット 3 及びダミー人形の重量負担がほとんど無かったことが、被験者の負担感の軽減に寄与したことが考えられる。また、ロボット 3 以外の装着型パワーアシストロボット等の間では、負担感の差はみられなかった。

また、階段昇りについても、未着装と装着型パワーアシストロボット等の間に負担感の差は見られなかった。このことについても、表面筋電図で述べたように、今回検証で用いた装着型パワーアシストロボット等は、持上げ動作を前提として開発されているため、階段を昇る動作は今回検証に用いた装着型パワーアシストロボット等の本来の目的と合わないことを考慮しなくてはならない。

イ 作業への支障感

作業への支障感について、未着装時の値を0としてVASで評価してもらった。

持上げ動作、ダミー搬送及び階段昇りでは、各装着型パワーアシストロボット等の間でいくつもの有意差や有意傾向がみられたが、全体の傾向としては、ロボット型と比較してウェア1及びウェア2の動作の支障が少ないと感じていた。ロボットの場合は背面に電源やモーター等が設置されており、リュックサックを背負っているような状態であることから、狭隘な場所では通過しづらいが、ウェア型は軽量かつ身体に密着した仕様であることから、未着装状態とほとんど変わらない状態で動けることが結果に影響したと考えられる。

(3) 装着性

装着性については、装着困難性をVASで評価してもらった。また、ロボット3を除く装着型パワーアシスト等の着装時間を測定した。

VASでは、他種に比べるとロボット3が最も着装が難しいという結果であった。ロボット3は、ロボット本体にセンサー付きの靴が一体化した仕様となっているため、着装するには自分の靴を脱いで履き替える必要があることや、胸部バンドの金具が硬く締め付けづらいということが結果に影響したと考えられる。ロボット3を除いた装着型パワーアシストロボット等の間には差は見られなかった。

一方で着装時間は、ロボット1及び2のロボット型のほうが、ウェア型よりも着装時間が短く、早く着装できる可能性が示唆された。ウェア型については、両方とも着装するためのバンドが胸部、腰部には2箇所、太腿にあり、できるだけ身体に密着させて着装するため、バンドは一回で締め付けのではなく、何度かに分けての締め付け動作が必要となる。また、本体の色が全て黒色で似た形状をしていることから、どの部位のバンドなのかを迅速に判別することができず、着装時に時間をロスしてしまう場面が見られた。しかし、これは着装練習が不足していた可能性もあり、習熟すれば着装時間の短縮は見込めると考えられる。

(4) 性別での比較

消防活動や救急活動においては、男性隊員だけでなく女性隊員も数多く活躍している。一般的傾向として体力に性別差が生じると考えられることから、装着型パワーアシストロボット等への主観的評価を性別によって比較した。なお、女性の被験者数が少数のため、この項目では有意性検定は実施しなかった。

これまでの結果から、装着型パワーアシストロボット等が最も活用できると考えられる持上げ動作での腰への負担感(VAS値)を用いて比較したところ、未着装時は男性の平均値が26.8点、女性が71.8点であり、40点以上の差がみられた。このことから、同じ20kgという負荷でも女性のほうが、負担感を強く感じていることが推察される。

一方、装着型パワーアシストロボット等使用時には、最も得点差があるウェア1でも16.6点の差であり、未着装時よりも装着型パワーアシストロボット等を使用したほうが、女性消防職員の負担感を軽減することを示唆する結果であった。しかし、被験者数が少ないことから単純に比較することはできない。そのため、女性消防職員に対する装着型パワーアシストロボット等の有効性については、検討の余地があると考えられる。

6 まとめ

本検証は、消防活動や救急活動等に従事する活動隊員の身体的負担軽減に寄与することを目的とし、装着型パワーアシストロボット等の着装状態で消防活動や救急活動等を想定した運動を行い、指標の測定及び比較を行った。

- (1) 持上げ動作において、ロボット3を除いた装着型パワーアシストロボット等着装時、未着装時よりも筋活動量が小さかった。
- (2) ダミー搬送(足側)では、未着装時と着装時の筋活動量に差はみられなかった。
- (3) 階段昇りでは、脊柱起立筋(右)でロボット1が他種よりも筋活動量が大きかったが、他の筋肉部位では差はみられなかった。
- (4) 主観的評価(VAS)では、持上げ動作及びダミー搬送で、ロボット3が未着装及び他種よりも腰への負担感が少ない傾向にあった。
- (5) 着心地のよさ、歩行のしやすさでは、ウェア型のほうが優れており、歩行もしやすい傾向にあったが、着装にかかる時間はロボット型のほうが短かった。

7 総合考察

(1) 装着型パワーアシストロボット等使用時の身体負担の軽減について

ロボット3以外の装着型パワーアシストロボット等では、持上げ動作において未着装よりも筋活動量が少ないことから、資器材搬送や傷病者搬送等の持上げ動作時において、活動隊員の身体的負担の軽減を図ることが期待できると考えられる。

しかし、未着装時と比べて支障感があり着装に時間がかかること、ロボット型は「機体がかさばり、狭隘部には向かない」、ウェア型に関しても「着装が難しい」といった意見がみられ、こまめな着脱が必要ではない現場で、ある程度の活動空間を確保できる環境下で用いることが望ましいと推察される。

(2) 東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会等での活用について

上記(1)から、装着型パワーアシストロボット等を現場で用いる際には、こまめな着脱が必要ではなく、活動空間を確保できる環境下で用いることが望ましいことが考えられるが、東京2020オリンピック・パラリンピック競

技大会等の大規模大会を開催する会場の通路幅等は、基準が示されていることから活動スペースは確保されており、消防特別警戒時であれば装着型パワーアシストロボット等を装着した状態で待機することも可能であると推察される。

そのため、東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会等の警戒時に傷病者を担架に乗せる際や搬送時において、装着型パワーアシストロボット等が役立つ可能性があると考えられる。

(3) その他の活用場面について

その他の活用場面については、持上げ動作時に有効であること、着装の手間を考慮すると「持上げ作業が長時間続く場面」が、効率的に使える場面であると考えられ、具体的には、水防での土のう作りや積み上げ、大量の資器材の積み込み、震災時等での瓦礫撤去等における活用が考えられる。

(4) 歩行を伴う動作時での使用について

高層建物等での階段を用いた資器材搬送、傷病者搬送時については、概ね未着装時と差がない結果であったが、歩行や階段昇り動作は装着型パワーアシストロボット等の本来目的とは異なる使用方法であることを考慮する必要がある。しかし、ロボット型に比べると、ウェア型は支障感が少なく、また、「身軽で動きやすい」という意見がみられた。

今回用いたウェア型は、使用者の筋力補助をする「アシスト効果」、体幹を安定させる「コルセット効果」という 2 つの効果があるとされている。消防職員は腰痛発症リスクが高い職業であると指摘されており¹⁾、腰痛を訴え、コルセットを日常的に使用している消防職員も実際に散見されることから、ウェア型は通常のコルセットよりも多機能型のコルセットという役割を期待できると考えられる。さらにウェア型は軽量であることから、扱いやすかつ手軽に用いることができると推察される。

(5) 現状及びこれからの展望

今回検証に用いた装着型パワーアシストロボット等は、持上げ動作を目的として開発されているものであるが、消防活動等は「走る」、「しゃがむ」などの動作や「屈んだまま前へ進む」といった複合的な動作も多く、ロボット型に関しては 1 つの機材で複合的な動作に対応することは難しいと考えられる。ウェア型については、複合的な動きに対応可能である一方、アシスト力が比較的弱く、着装に時間がかかるという短所もあるなど、長所・短所を有している。けれども、腰痛有訴者の減少を目的として、また、女性消防職員の活躍の一助として、装着型パワーアシストロボット等が消防活動等において活用できる可能性は十分に考えられる。

8 おわりに

装着型パワーアシストロボット等での作業は、使用者の慣れが影響すると言われており²⁾、今回検証のような

短時間では、各装着型パワーアシストロボット等のポテンシャルを評価しきれなかった可能性も否定できない。そのため、長期的な期間で評価していく必要もあると考えられる。

本検証で用いた装着型パワーアシストロボット等は、介護、建設、農業での使用を目的としているものである。消防活動や救急活動では、短時間での着装が求められること、消防活動・救急活動特有の動作など、消防活動等の特徴が存在する。そのため、消防組織と企業が共同で開発するなどして、消防活動等に特化した専用の装着型パワーアシストロボット等が造られるようになれば、将来的に消防活動等での運用も期待できると考えられる。

[参考文献]

1) 紺野慎一：腰痛の社会的背景と精神医学的問題、日本腰痛学会誌、10(1)、pp. 19-22、2004

2) 経済産業省ほか：ロボット導入実証事業 事例紹介ハンドブック 2016(概要版)、経済産業省製造産業局産業機械課ロボット政策室、2016

Study on the Effectiveness of the Use of a Wearable Power Assist Robot

Hitomi SUGIMOTO*, Haruto MOCHIDA*, Tsuguo GENKAI*

Abstract

Tokyo Fire Department personnel involved in firefighting and EMS efforts carry heavy equipment and materials in difficult working environments. They are also frequently called on to carry ill or injured people. These burdens regularly subject them to great physical stress. Robots and gear (such as wearable robots that provide supplementary power) that can be mounted on a person's body to ease physical strain while performing work are now being used in the fields of caregiving and agriculture.

With all that in mind, this study carried out the tests of physical and subjective indices based on hypothetical firefighting and EMS efforts, comparing when wearable robots that provide supplementary power were worn or not in motion experiments. The goal was to alleviate the physical burdens on our personnel engaged in firefighting and other emergency services.

The study revealed that wearing such equipment reduces the muscle activity of personnel while they are lifting burdens. This suggests that wearable robots that provide supplementary power might alleviate the physical burdens on our personnel who are engaging in lifting while working.

*Operational Safety Section