

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荷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

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中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装着時間を測定した。

VASでは、他種に比べるとロボット3が最も装着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、装着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。

一方で装着時間は、ロボット1及び2のロボット型のほうが、ウェア型よりも装着時間が短く、早く装着できる可能性が示唆された。ウェア型については、両方とも装着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装着するため、バンドは一回で締め付けるのではなく、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、装着時に時間をロスしてしまう場面が見られた。しかし、これは装着練習が不足していた可能性もあり、習熟すれば装着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では、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装着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装着時、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、未着装時と装着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、装着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装着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「装着が難しい」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、装着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、概ね未装着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、装着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