

消防活動能力向上のための訓練手法に関する検証

－消防活動時における表面筋電図学的検証－

吉田 圭佑*, 坂口 智久**, 下畑 行盛*

概要

表面筋電図測定器を使って、消防活動等の筋活動量を測定し、消防活動時において筋活動量の多い身体部位を明らかにした。また筋活動の高い身体部位から 8 つの筋肉を選択し、徒手による最大筋力の筋活動量と消防活動時の筋活動量の比率から、より詳細な活動毎の特徴を明らかにした。

1 はじめに

これまでに消防隊員を対象に、消防活動時における心拍や血圧、発汗量などの生理的変化を測定し、隊員の身体的負担について検討した報告^{1,2,3,4}がいくつかなされ、隊員の安全管理のために活用されている。また、消防活動を円滑・迅速に遂行することができるように、体カトレーニング法についても様々な形で検証^{5,6,7,8}がおこなわれてきた。しかし、これらの検証では、活動の主となる筋肉について注目し、消防活動時における筋活動という筋の生理的変化については検証されていないため、検討する必要があると考えた。

そこで本検証では、検証1で一般的な消防活動における筋活動においてどの部位の筋活動量が多いのかを明らかにし、検証2では、検証1によって示された筋肉の部位を参考に、8つの筋肉を対象として、より詳細な筋活動の特徴を明らかにした。

2 方法

検証1、検証2共に下記の要領で測定した。

(1) 使用資器材

ア 筋活動量の測定と解析

(ア) 表面筋電図測定器

表面筋電図測定器は、酒井医療株式会社 ノラクソン社製 テレマイオ 2400EM-401 を使用した。

(イ) 電極

電極はフクダ電子株式会社ブルーセンサーエコローデⅢを使用した。

(ウ) 表面筋電計受信用パソコン

表面筋電計受信用パソコンは、デル株式会社 Dell™Inspiron™6000 を使用した。

(エ) ビデオカメラ

ビデオカメラはシャープ株式会社、液晶デジタルビデオカメラ VL-PD7 を使用した。

イ 消防活動

(ア) ホースカー

総重量約 250kg のものを使用した。

(イ) 三連はしご

チタン製、総重量約 28kg のものを使用した。

(ウ) 連結送水管セット

総重量約 8kg のものを使用した。

(エ) 投光器・発動発電機

投光器本体(コード、外袋含む)約 11kg、発動発電機(300-II型)約 11kg のものを使用した。

(オ) 訓練用ダミー

総重量約 35kg のものを使用した。

(2) 活動内容

ア 徒手筋活動量

検証1、検証2の測定で実施した徒手筋活動量の測定は、新・徒手筋力検査法⁹を参考に各筋肉を5秒間最大随意収縮させた。

イ 消防活動の筋活動量

検証1、検証2の測定で実施した一般的な消防活動は表1のとおりである。なお資器材の配置要領は図1のとおりである。

活動の速度は、メトロノームで1分間に132のリズムに設定し、測定毎の活動強度の誤差をなくすため先導者が先導した。132のリズムは、成人の歩幅を60cmとすると分速約80mで速足程度のスピードとなり体力差を考慮し全てのものが活動を全てこなすことができることを考慮し算出した。

各活動の解析は、右足接地を基準として5重複歩とし、検索

(ウ) 梯子操作

活動時の筋活動量から、今回の活動の起梯、伏梯の梯子操作では、下腿部、頸部の順で80%を超えており高い値であった。なかでも、下腿部は121%と高い値であり、約28kgの三連梯子を起伏時、踏み張る動作によって負担が増加し、筋活動量が増加したことによるものと考えられる。

また、頸部も106%と高い値であり、頭部と保安帽の重量が常に頸部に負担をかけていること、さらに梯子操作等、消防活動時は上を向き確認する動作を多用することから負担が増加し、筋活動量が増加したことによるものと考えられる。

(エ) 梯子昇降

活動時の筋活動量から、今回の活動の登梯、降梯の梯子昇降では、下腿部が165%と高い値であった。これは、約20kgの重量の個人装備を装着した隊員の体重が、梯子の横さんという面積のない場所一点にかかることから負担が増加し、筋活動量が増加したことによるものと考えられる。

(オ) ロープを引く動作

活動時の筋活動量から、今回の活動の伸梯、ホース吊り上げのロープを引く動作では前腕部、体幹部背面、頸部、上胸部、体幹部前面の順で80%を超えており高い値であった。なかでも、前腕部、体幹部背面は共に99%と高い値であり消防活動特有のロープを引く動作に欠かせない部位であると考えられる。

(カ) 検索救助

活動時の筋活動量から、今回の活動の検索救助は、大腿部、上腕部、体幹部背面の順で80%を超えており高い値であった。なかでも大腿部は156%と高い値であり、四つん這いになって前進する検索と訓練用ダミーを保持した状態で後ろ向きに移動させなければならない救助という消防活動特有な姿勢に欠かせない部位であると考えられる。

(キ) 活動全体の平均

活動時の筋活動量から、今回の活動全体の平均は、下腿部が150%と高い値であり、活動全体においても高い負担がかかることが明らかになり、消防活動に非常に重要な役割をする部位であると考えられる。

(ク) その他

今回の測定では、各活動における筋活動の特徴を確実に把握するために、消防活動を行う速度を速足程度として行ったため、動きが制限され筋活動量が大きくならなかった筋内があったと考えられる。実火災の活動であった場合、今回の結果よりもかなり大きな筋活動量を示す筋内があるものと考えられる。

(2) 検証2

本検証では、検証1によって示された消防活動時に筋活動量の多い部位を参考に、下腿部、大腿部、体幹部背面、前腕部から8つの筋内を対象として、より詳細な筋活動の特徴を明らかにした。

ア 被験者

被験者は東京消防庁消防技術安全所に勤務する男性消防職員15名であった。被験者の属性については表8のとおりである。

年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI	活動年数(年)
31.2 ± 3.8	173.5 ± 5.8	66.2 ± 11.5	22.2 ± 1.8	11.3 ± 7.1

表8

実施時期は、平成18年12月18日から平成19年1月30日までで、実施場所は東京消防庁消防技術安全所運動学実験室及び東京消防庁消防技術安全所の敷地内南側道路であった。

また、本検証で測定した8部位の筋内は、図4、表9のとおりである。

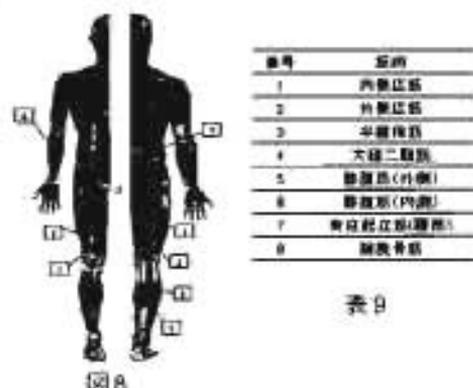


表9

イ 測定項目

(ア) 徒手筋活動量

新・徒手筋力検査法[※]を参考に、8部位における徒手による負荷の筋活動量を測定した。写真1～5は、測定時の様子である。



写真1 大腿前部測定状況



写真2 大腿部背面測定状況



写真3 下腿部測定状況



写真4 体幹部背面測定状況



写真5 前腕部測定状況

(二) 消防活動時における筋活動量の比率

各試験者の徒手の筋活動量を基準とし、消防活動時における筋活動量の比率を算出して、それらの平均を求めた。

a 内側広筋

図10は、内側広筋を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。内側広筋では、全体を通じて基準となる100%には届かなかったが、各種搬送活動においては、他の活動と比較すると高い値となった。

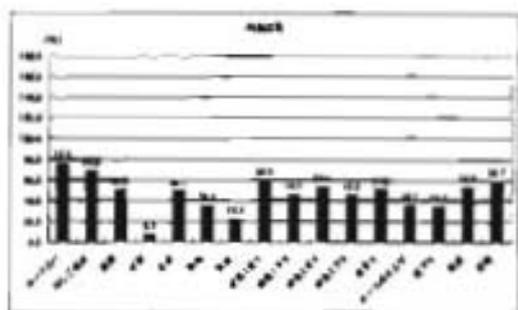


図10

b 外側広筋

図11は、外側広筋を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。外側広筋では、全体を通じて基準となる100%には届かなかったが、各種搬送活動においては、他の活動と比較すると高い値となった。

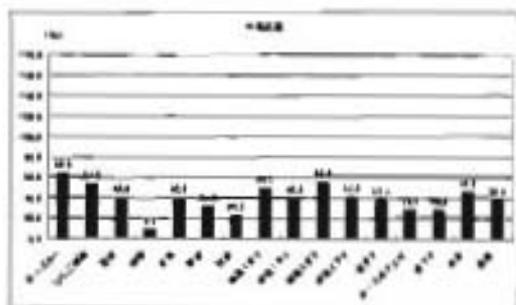


図11

c 半腱様筋

図12は、半腱様筋を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。半腱様筋では、全体を通じて低い値となった。

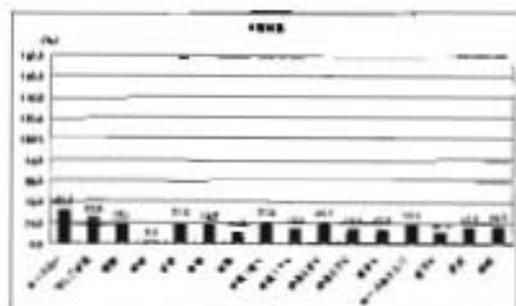


図12

d 大腿二頭筋

図13は、大腿二頭筋を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。大腿二頭筋では、ホースカー搬送、はしご搬送の活動において他の活動よりも大きな値となった。

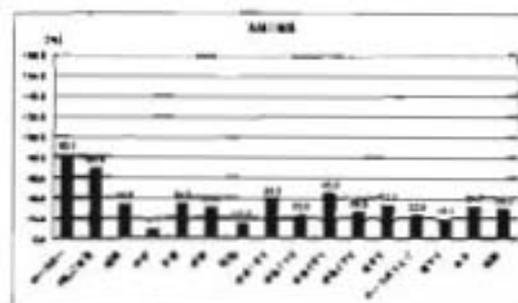


図13

e 腓腹筋(外側)

図14は、腓腹筋(外側)を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。腓腹筋(外側)では、各種搬送活動において基準値を上回る値となった。

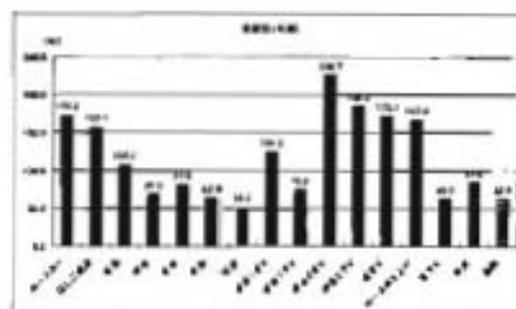


図14

f 腓腹筋(内側)

図15は、腓腹筋(内側)を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。腓腹筋(内側)では、各種搬送活動において基準値を上回る値となった。

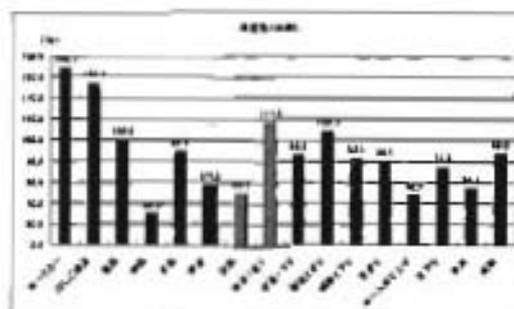


図15

g 脊柱起立筋（腰部）

図16は、脊柱起立筋（腰部）を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。脊柱起立筋（腰部）では、基準値に近い値となった。

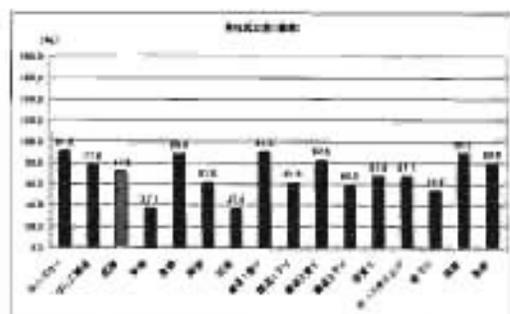


図16

h 腕橈骨筋

図17は、腕橈骨筋を対象に、各活動における筋活動量の比率の平均を示したものである。腕橈骨筋では、ホース吊り上げの時に最も高い値となった。

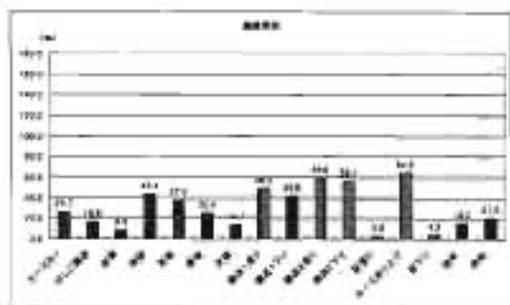


図17

エ 考察

(ア) 内側広筋、外側広筋

徒手の筋活動量を基準とした内側広筋・外側広筋の筋活動量の比率は、各種搬送活動において比較的高い値となっていた。これは、資器材の重量や活動内容の影響を受けたものと考えられる。約20kgの個人装備品を身につけ、重量のある資器材を搬送することによって、下肢への負担が増加し筋活動量が増加したことによるものと考えられる。

(イ) 半腱様筋

徒手の筋活動量を基準とした半腱様筋の筋活動量の比率は、全体を通じて低い値となっていた。これは、消防活動における筋活動量が内側広筋・外側広筋とそれほど変わらない値であっても、徒手による筋活動量の測定で非常に大きな値となったため、比率に換算した際に低い値となったものである。

今回、一連の消防活動を被験者が行う速度は速足程度のものであり、防火衣を着装し動きづらい状態であったことから、実

際の動きは小股で速足の活動となった。岡本¹⁹⁾は日常歩行では踵押し上げ時の腓腹筋によって前方への推力を得ているが、大股速足歩行では腓腹筋と膝関節伸展に働く内側広筋に大きな筋活動量がみられたとし、さらに、成人女性を対象とした実験結果では、大股速足歩行のほうが小股速足歩行より負荷が大きくなっていたと報告している。このことから、今回の測定でおこなわれた小股で速足の活動では、半腱様筋において筋活動量が大きく測定されなかったのではないかと考えられる。

(ウ) 大腿二頭筋

徒手の筋活動量を基準とした大腿二頭筋の筋活動量の比率は、ホースカーせいこう、はしご搬送において比較的高い値となっていたが、全体を通じて内側広筋・外側広筋とそれほど変わらないものであった。筋活動量も内側広筋・外側広筋とそれほど変わらないものであり、今回の測定における大腿の筋活動量が示されたものと考えられる。

(エ) 腓腹筋（外側・内側）

徒手の筋活動量を基準とした腓腹筋（外側・内側）の筋活動量の比率は、各種搬送活動において高い値となっており、筋活動量は内側広筋を除いた大腿の筋群に比べて大きい値であった。これは、今回の活動において腓腹筋に大きな負荷がかかっていたものと考えられる。

(オ) 脊柱起立筋（腰部）

徒手の筋活動量を基準とした脊柱起立筋（腰部）の筋活動量の比率は、基準値に近い値をとる活動が多く見られた。これは、今回の活動において脊柱起立筋（腰部）に、常に負荷がかかっていたものと考えられる。

(カ) 腕橈骨筋

徒手の筋活動量を基準とした腕橈骨筋の筋活動量の比率は、全体を通じて低い値であったが、ホース吊り上げ時や、資器材をぶら下げて持つという活動で高い値がみられた。これは、その活動において腕橈骨筋が、働いていたものと考えられる。

5 まとめ

表面筋電図測定器を用いた消防活動時の筋活動量の測定について述べてきたが、主な項目について挙げると以下のとおりである。

- (1) 今回の消防活動での平地による資器材搬送では下腿部、大腿部、上腕部の筋活動量が高い。
- (2) 今回の消防活動での階段による資器材搬送では下腿部、前腕部、大腿部、上腕部の筋活動量が高い。
- (3) 今回の消防活動での梯子操作では下腿部、頸部の筋活動量が高い。
- (4) 今回の消防活動での梯子昇降では下腿部の筋活動量が高い。
- (5) 今回の消防活動でのロープを引く動作では前腕部、体幹部背面、頸部、上腕部、体幹部全面の筋活動量が高い。
- (6) 今回の消防活動での検索救助では、大腿部、上腕部、体幹

部背面の筋活動量が高い。

- (7) 今回の消防活動全体では、下腿部の筋活動量が高い。
- (8) 今回の消防活動での内側広筋・外側広筋の筋活動量は、全体を通じて基準値には届かなかったが、各種搬送活動においては、他の活動と比較すると高い。
- (9) 今回の消防活動での大腿二頭筋の筋活動量は、ホースカー搬送、はしご搬送の活動において他の活動よりも高い。
- (10) 今回の消防活動での半腱様筋の筋活動量は、活動全体を通じて低い。
- (11) 今回の消防活動での腓腹筋（内側・外側）の筋活動量は、各種搬送活動において基準値を上回る。
- (12) 今回の消防活動での腕橈骨筋の筋活動量は、ホース吊り上げの時に最も高い。

6 おわりに

表面筋電図を用いて消防活動時の筋活動量と徒手による筋活動量を測定したことにより、検証 1 から、一般の消防活動時に筋活動の高い部位が明らかになり、検証 2 より、検証 1 によって明らかになった筋肉の詳細な活動の特徴が明らかになった。今後の課題として、今回の検証で明らかになった消防活動時に頻出、活動量が高いと筋肉を取り上げ、消防活動の負担に対応するための練成方法やウォーミングアップの方法を検討し、消防活動訓練や過酷な災害現場での生理的事故を防がなければならないと考えている。

(参考文献)

- 1) 北岡開造、正木 豊、丸山勝幸：濃煙・熱気内で活動する消防隊員の労働負担について、消防科学研究所報、Vol.26、110-118、1989.
- 2) 北岡開造、桜井高清、正木 豊、石川高満：高温・高湿度環境下で活動する消防隊員の水分補給に関する研究結果について、消防科学研究所報、Vol.28、118-126、1991.
- 3) 手柴英喜、瀬川 俊、桜井高清、正木 豊、谷口真二：防火外とうの冷却装備に関する研究、消防科学研究所報、Vol.30、135-141、1993.
- 4) 町田広重、伊藤昌夫、正木 豊、山田羊一、小原朗敬：消防活動における熱中症予防対策の研究、消防科学研究所報、Vol.37、110-120、2000.
- 5) 伊藤昌夫、正木 豊、小原朗敬：消防隊員の体力管理に関する研究（消防活動に適した体力のあり方）、消防科学研究所報、Vol.36、98-107、1999.
- 6) 山田羊一、小原朗敬、山口勝也、飯田 稔：消防活動に適した体力トレーニングの検証的研究、消防科学研究所報、Vol.38、134-143、2001.
- 7) 深作友明、三野正浩、落合博志、下畑行盛、飯田 稔：消防活動モデルを用いた効率的な体力トレーニングに関する検証的研究、消防科学研究所報、Vol.41、103-111、2004.
- 8) 吉田圭佑、坂口智久、落合博志、下畑行盛：消防活動基礎体力測定の評価基準の作成、消防技術安全所報、Vol.43、61-68、2006.
- 9) Helen J.Hislop、Jacqueline Montgomery、津山直一（訳）：新・徒手筋力検査法 原著第7版、共同医書出版社、2003.
- 10) 岡本 勉：エクササイズウォーキングの動作・筋電図的研究、1991.

Experiment on Training Methods for Improving Firefighting Capacity

Surface Electromyographic Validation during Firefighting

Keisuke YOSHIDA*, Tomohisa SAKAGUCHI**, Yukimori SHIMOHATA*

Abstract

Using a surface electromyographic measuring machine, we measured muscle activity during firefighting to identify the body sites that have greater muscle activity during firefighting. From the body sites obtained, eight muscles were then chosen for which the activities of maximum muscle strength were measured by a manual muscle test, and muscle activities during firefighting were compared to reveal specific characteristics for each muscle activity.