



| | |
|------------------|---|
| Title | 消防隊員の局所寒冷血管反応 (CIVD) で評価した寒冷耐性と身体組成の関連 |
| Author(s) | 橋本, 好弘; Hashimoto, Yoshihiro; 森谷, 絜 他 |
| Description | JOI JST.JSTAGE/seikisho/44.81 |
| Citation | 日本生気象学会雑誌, 44(4), 81-87 |
| Issue Date | 2008 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/43924 |
| Rights | ©日本生気象学会 |
| Type | journal article |
| File Information | 44_81rev.pdf |



消防隊員の局所寒冷血管反応(CIVD)で評価した 寒冷耐性と身体組成の関連

The relationships between cold tolerance evaluated by cold -induced vasodilatation (CIVD) and body composition in firefighters

橋本好弘^{1,2}, 森谷梨³, 大塚吉則⁴

Yoshihiro Hashimoto^{1,2}, Kiyoshi Moriya³, Yoshinori Ohtsuka⁴

¹北海道大学教育学部, ²札幌市消防局, ³天使大学大学院, ⁴北海道大学大学院教育学研究院
¹*School of Education, Hokkaido University*, ²*Sapporo Fire Bureau*, ³*Graduate School of Nursing and Nutrition, Tenshi College*, ⁴*Graduate School of Education, Hokkaido University*

(受付 2007 年 3 月 24 日 / 受理 2007 年 11 月 10 日)

本研究の目的は、寒冷地で勤務する消防隊員の寒冷耐性を評価すること、また消防隊員の寒冷耐性と身体組成との関連を分析することである。北海道 S 市の男性消防隊員 62 名を対象に局所寒冷血管反応(CIVD)を測定し、S 市よりもさらに寒冷的な A 市に居住する 2 群(1 群: 警察官, 2 群: アイヌ民族)の mean skin temperature (MST)・ temperature at first rise (TFR)・ time of temperature rise (TTR)・ highest temperature (HT)報告値と比較した。身体組成は、8 電極式多周波インピーダンス式身体組成計で測定した。その結果、消防隊員の CIVD は、1 群に比べて MST・ TFR・ HT, 2 群に比べて MST・ TTR・ HT が有意に高かった。消防隊員の CIVD は、除脂肪量・筋肉量・骨格筋量・体脂肪率とそれぞれ有意な正相関を示したが、体脂肪率の相関係数(r)は筋肉量等に比べて低値であった。寒冷環境下の消防活動時に生じる隊員の負傷や活動能力の低下を防ぐためには、消防隊員の寒冷耐性を上げることが重要であり、それには筋肉量を増加させる必要があると考えられる。

キーワード: 消防隊員, 局所寒冷血管反応, 身体組成, 筋肉量, 体脂肪率

This study aimed to analyze cold tolerance of firefighters working in a cold district and the relationships between their cold tolerance and body composition. Cold-induced vasodilatation (CIVD) mean skin temperature (MST), temperature at first rise (TFR), time of temperature rise (TTR) and highest temperature (HT) were measured in 62 male firefighters of city S in Hokkaido and compared with two other groups (the first, policemen; the second, Ainu people) who resided in city A which is colder than city S. Body composition was measured with the 8 electrodes and a multi-cycle impedance type body composition analyzer. Firefighters showed significantly higher values of MST, TFR and HT than in the first group, and of MST, TTR and HT than the second group. CIVD indices of firefighters showed a positive correlation with amount of LBM, muscle mass, SMM or %BF, respectively. The correlation coefficient(r) of %BF and CIVD indices was low as compared with muscle mass and others. These results suggest that increasing muscle mass in firefighters may be required to prevent injuries and decreasing activity during firefighting in a cold environments.

Key words: firefighter, CIVD, body composition, muscle mass, percent body fat

1. 緒言

消防隊員は防火服と呼ばれている耐熱性に優れた重厚な被服を着装するとともに、火災時に発生する一酸化炭素・シアン化水素・ダイオキシン(Ruokojärvi *et al.*, 2000)などの有毒な煙から人体を保護するための空気呼吸器を背負っており、総重量は20 kgを超える(Simith *et al.*, 2001; 伊藤ら, 1998)。また、災害の状況は刻々と変化することから、災害活動時の消防隊員は、交感神経の亢進が著しく、その際の心拍数は、171~199 拍/分と報告され(Sothmann *et al.*, 1992, Holmér *et al.*, 2006, 島津ら, 1996)、最大心拍数に近い値である。このように、消防隊員の災害活動は、装備品や最大心拍数から見て他の運動と異なり特殊であり、死傷事故の絶えない一因とも考えられている(総務省消防庁, 2004)が先行研究に乏しい。

災害は気象条件に関係なく発生することから、消防隊員の災害活動環境は、暑熱・寒冷や暴雨雪など多種多様である。2000年の米国消防隊員の勤務に起因した負傷者は、23,754人である。そのうち0.7%が熱中症(International Association of Firefighters, 2001)によるものであり、多くの国で防火服の改良や連続活動時間に関する研究(Smith *et al.*, 1998; McLellan *et al.*, 2006)が行われている。また、消火活動では、燃え上がっている火を消した後の残火確認に要する時間が長い。残火処理活動は、活動初期の激しい運動による汗と消火水により衣類が水濡れした状態の長時間活動であることから、凍傷や低体温症等の寒さに起因する負傷者も多い。米国消防隊員の寒冷起因の負傷者は、全負傷者の0.1%であった(International Association of Firefighters, 2001)。日本での類似した負傷データは見られないが、暑熱・寒冷環境下の負担は、同様と考えられ、日本でも防火服の改良研究が進められている。

北海道のS市は、2001年から2005年に最低気温が0°C以下の平均日数が135日/年(気象庁電子閲覧室のデータより)にも及ぶ寒冷地域である。寒冷曝露時には酸素消費量が増加する(伊藤・森谷, 1991)ことや、激しい運動による疲労のため血管拡張反応が低下する(Young *et al.*, 2001)こと

が報告されている。また、発汗や消火水による水濡れは、著しく平均皮膚温を低下させる(前田ら, 2006)。このことから、S市のような寒冷地の消防隊員には、暑熱環境下の活動に対応した能力も必要であるが、寒冷環境下の負傷防止や活動能力の低下を防ぐために、寒冷耐性の強いことも要求される。

局所寒冷血管反応(Cold-induced vaso-dilatation: CIVD)は、Lewis(1930)によってその存在が発見されて以来、局所耐寒性の指標として用いられている(正路, 1942; 高橋, 1943; 飯田, 1949; Yoshimura *et al.*, 1950; 中村ら, 1972)。運動トレーニングは、全身耐寒性を増強し(Araki *et al.*, 1978)、末梢耐寒性は全身耐寒能と対応する(Mathew *et al.*, 1981; Jansky *et al.*, 2003)。また、運動トレーニングによって行動体力が改善する時には、防衛体力であるCIVDも向上し(菅原ら, 1993)、運動能力が高い人はCIVDも高値(森谷, 1982; 菅原ら, 1982)で、運動能力の中でも特に最大酸素摂取量がCIVDに影響(Moriya *et al.*, 1990; 森谷ら, 1993)していることも判明している。

そこで、本研究では北海道における消防隊員のCIVDを測定し、既報の結果と比較することで消防隊員の寒冷耐性を評価し、寒冷耐性と身体組成の関連について分析した。

2. 方法

被験者として、北海道S市1署を無作為に選り、指定日に勤務していた職員のうち、実験の主旨に賛同した災害活動が主要業務である消防隊員・救助隊員・指揮隊員・特殊車両隊員(以下、全ての隊員を消防隊員とする)の65名とした。

本研究は、ヒトを対象とする医学研究の倫理原則であるヘルシンキ宣言ののっとり行われた。

2-1. CIVDの測定

実験は、2005年6月13日から16日の午前10時から午後2時の間に被験者4-5名毎行った。体温調節反応は着衣の影響を受けることから、上衣をTシャツ、下衣を長ズボンの貸与品で統一した。

実験時の室温は、平均 22.4 (±1.0, S.D.) °C、氷水温が 0.6 (±0.3) °C であった。

CIVD の測定及び局所耐寒性指標は Yoshimura *et al.* (1950) の方法に準じて行い、次のとおりとした。

座位安静 15 分間経過後、中指の末節を氷水に 30 分間浸した時の同指爪床の皮膚温 (指皮膚温) から評価したもので、その前後 15 分間の変化を併せて測定した。指皮膚温の測定は、サーミスタ温度計 (テクノセブン社、D-925) によった。

局所耐寒性指標は、浸漬前指皮膚温 (temperature before water immersion: TBI), 浸漬開始後 5~30 分間の平均指皮膚温 (mean skin temperature: MST), 浸漬開始とともに急激に低下した指皮膚温が上昇し始める時点「反応発現時間」(time of temperature rise: TTR), その時点の指皮膚温「反応発現温度」(temperature at first rise: TFR), 浸漬開始後 5~30 分間の最高指皮膚温 (highest temperature: HT), さらに「MST」・「TFR」・「TTR」をそれぞれ 3 点化しその合計点である抗凍傷指数 (resistance index: RI) の 6 指標、加えて、血管拡張開始後の指皮膚温積分値 (CIVD_{index}) (Takano *et al.*, 1989) も使用した。

また、本測定法と同様に Yoshimura *et al.* (1950) に準じて測定された S 市よりも寒冷地の A 市居住者 (警察官・アイヌ民族) データ (Itoh *et al.*, 1970) と本研究のデータを比較した。

2-2. 身体組成の測定

身体組成は、二重 X 線吸収法による測定と同等な精度 (仲ら, 2005) にある 8 電極式多周波インピーダンス式体組成計 (BIOSPACE 社, Indody3.2) で測定し、除脂肪量・筋肉量・骨格筋量と体脂肪率の 4 項目から評価した。

実験は、2005 年 9 月 26 日から 29 日の午前 10 時から午前 12 時までの時間とし、中塘ら (1996) の推奨している方法に準じて測定した。

2-3. 統計解析

Pearson の相関分析と分散分析 (SPSS 12.0 for Windows, SPSS Inc.) によった。また、既報の集計済みデータとの比較には、Student's t-test (Statcel, 柳井久江) を行った。有意水準は何れも 5% とした。データは、平均値 (±S.D., smallest-largest) で表した。

3. 結果

3-1. 被験者の属性

65 名の被験者は、1 名女性が含まれ、2 名にデータの欠落があったことから、男性 62 名の被験者について解析を行った。

被験者は、平均年齢が 45.2 (±10.7, 20-60) 歳、身長が 170.5 (±5.2, 160-183) cm、体重が 69.4 (±9.8, 51-103) kg、BMI が 23.8 (±2.6, 18.9-30.8) kg/m² であった。北海道以外の居住経験者が 4 名いたが、現在まで 30 年以上の継続した北海道居住経験を有していることから、居住地による区分は行わなかった。

3-2. 指皮膚温の変化

座位安静時の指皮膚温 15 分間から、中指の末節を氷水に 30 分間浸した時の指皮膚温、その後の安静時 15 分間の毎分の平均値及び標準偏差を Fig. 1 に示した。

実験前の指皮膚温は、33.6 (±1.6, 24.8-35.4) °C であったが、浸漬 1 分後に 60.0%、2 分後では 84.6% の対象者が 10 °C 以下まで著しく低だし、6.9 分後には平均最低指皮膚温を記録した。その後、指皮膚温が不規則に上昇・下降したが、この変動幅は、浸漬前に比べて 2 倍以上に大きくなっていった。

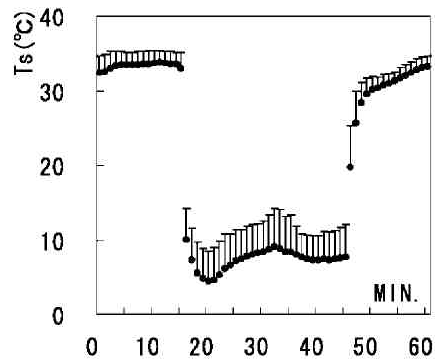


Fig.1. Changes in finger skin temperature before, during and after immersion in ice-water
Values are means + S.D. of 62 fire fighters.
Ts, skin temperature.

3-3. CIVD 諸値と他群との比較

Fig. 2 は、S 市消防隊員と先行研究 (Ito *et al.*, 1970) の A 市 2 群 (警察官, アイヌ民族) の MST・TFR・TTR・HT の 4 指標を比較した結果

である。A 市警察官と S 市消防隊員の CIVD 指標を比較した結果, MST・TFR・HT は有意 ($P<0.001$) に消防隊員が高値であり, 警察官よりも消防隊員の耐寒性は高かった。また, A 市アイヌ民族との比較では, 4 指標中 3 指標で有意 (HT, $P<0.001$; MST, $P<0.01$; TTR, $P<0.05$) に高値であり, アイヌ民族と比較して消防隊員の耐寒性は高かった。

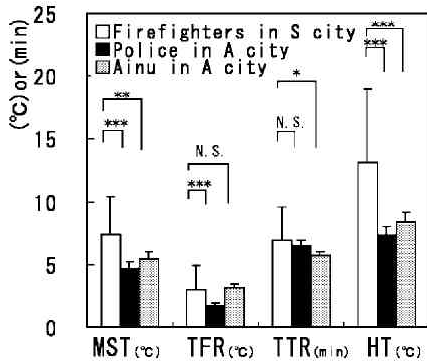


Fig.2. Comparison of finger temperature responses
 Values are means +S.D. of 62 firefighters
 MST, mean skin temperature; TFR, temperature at first rise; TTR, time of temperature rise; HT, highest temperature. °C of the Y-axis, MST・TFR・HT; min of the Y-axis, TTR.
 *, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ***, $P<0.001$; N.S., not significant.
 Contrast data arc based on Ito *et al.* (1970).

3-4. CIVD 諸値と身体組成の関連

S 市消防隊員の CIVD 諸値と除脂肪量 (Lean

Body Mass: LBM) ・筋肉量 (Soft Lean Mass: SLM) ・骨格筋量 (Skeletal Muscle Mass: SMM) ・体脂肪率 (Percent Body Fat: %BF) の関連を相関分析し, 相関係数と検定結果を Table 1 に示した。

除脂肪量 (LBM) ・筋肉量 (SLM) は, MST・TFR・HT・RI・CIVD_{index} と, 骨格筋量 (SMM) は MST・HT・RI・CIVD_{index} と正の有意な相関を示した。身長が高くなるとこれらの重量は増加する傾向があることから, 身長あたりに換算して比較するとさらに何れの TBI も有意な正の相関となり, 筋肉量又は身長あたりの筋肉量が多いほど耐寒能の高くなる傾向があった。体脂肪率は, TBI ($r=0.246$) ・ MST (0.280) ・ TFR (0.308) ・ HT (0.229) ・ RI (0.214) の 5 指標と正の有意な相関があった。また, 除脂肪量 (0.373) ・ 筋肉量 (0.373) ・ 骨格筋量 (0.250) と体脂肪率間も正の有意な相関が認められた。

3-5. CIVD 指標と身体組成の加齢変化

被験者を年代別に「20-29」, 「30-39」, 「40-49」, 「50-59」に区分して, CIVD 指標の加齢変化を分析した結果, 全ての指標で年代間の有意差は認められなかった。

同様に, 身体組成の結果を年代別に比較したものを Table 2 に示した。消防隊員の %BF は, 年代間に有意差 ($P<0.05$) が認められたが, 除脂肪量 ・ 筋肉量 ・ 骨格筋量及びこれらの身長当たりの重量の年代間には有意差が見られなかった。

Table 1. Correlation coefficients(r) among indices of CIVD and body composition

| | TBI (°C) | MST (°C) | TFR (°C) | TTR (min) | HIT (°C) | RI | CIVD _{index} |
|----------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|-----------------------|
| LBM Weight (kg) | 0.202 | 0.398*** | 0.225* | -0.116 | 0.436*** | 0.361** | 0.363** |
| Weight/Body height (kg/cm) | 0.239* | 0.342** | 0.242* | -0.084 | 0.394*** | 0.315** | 0.288* |
| SLM Weight (kg) | 0.203 | 0.398*** | 0.225* | -0.116 | 0.436*** | 0.360** | 0.362** |
| Weight/Body height (kg/cm) | 0.240* | 0.342** | 0.242* | -0.084 | 0.394*** | 0.315** | 0.288* |
| SMM Weight (kg) | 0.209 | 0.383** | 0.183 | -0.133 | 0.396*** | 0.359** | 0.363** |
| Weight/Body height (kg/cm) | 0.248* | 0.333** | 0.193 | -0.110 | 0.356** | 0.322** | 0.299** |
| %BF % | 0.246* | 0.280* | 0.308** | 0.090 | 0.229* | 0.214* | 0.176 |

*, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ***, $P<0.001$; LBM, Lean Body Mass; SLM, Soft Lean Mass; SMM, Skeletal Muscle Mass; %BF, Percent Body Fat; TBI, temperature before water immersion; MST, mean skin temperature; TFR, temperature at first rise; TTR, time of temperature rise; HT, highest temperature; RI, resistance index.

Table 2. Comparison of body composition between different ages in firefighters

| Age numbers | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | ANOVA (generations) |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| | 8 | 7 | 18 | 28 | |
| LBM Weight (kg) | 56.0 (2.8) | 60.4 (8.8) | 58.1 (6.7) | 57.3 (6.4) | N.S. |
| Weight/Body height (kg/cm) | 0.328 (0.01) | 0.345 (0.04) | 0.340 (0.03) | 0.337 (0.03) | N.S. |
| SLM Weight (kg) | 53.0 (2.7) | 57.2 (8.4) | 55.0 (6.4) | 54.2 (6.1) | N.S. |
| Weight/Body height (kg/cm) | 0.310 (0.01) | 0.326 (0.04) | 0.322 (0.03) | 0.319 (0.03) | N.S. |
| SMM Weight (kg) | 31.0 (2.0) | 33.5 (4.4) | 32.4 (4.0) | 31.5 (3.9) | N.S. |
| Weight/Body height (kg/cm) | 0.182 (0.01) | 0.191 (0.02) | 0.189 (0.02) | 0.185 (0.02) | N.S. |
| %BF % | 17.6 (2.9) | 14.0 (5.3) | 17.4 (4.2) | 19.6 (4.7) | P<0.05 |

Values are means (\pm S.D.) of numbers of firefighters of same generation.

N.S., not significant; other abbreviations are same as in Table1.

4. 考察

CIVD は、居住地・季節・年齢(伊藤, 1971; yoshimura *et al.*, 1952; 菅原, 1988)など様々な影響を受ける。1976年から2005年の平均気温は、S市が8.7°C, A市が6.7°C, 実験年の平均気温は、S市が8.9°C, A市が6.3°C(気象庁電子閲覧室のデータより)であることから、S市よりさらに寒冷なA市に居住し、かつ実験方法が本法と同一のYoshimura *et al.* (1950)に準拠している他2群(警察官・アイヌ民族)の報告値(Itoh *et al.*, 1970)と比較した(fig.2)。その結果、消防隊員の平均年齢は45.2歳であり、他群に比べて年齢が高く(警察官: 22-35歳, アイヌ民族: 18-47歳)、さらに消防隊員の測定時の室温は22.4°Cで、他群はそれぞれ24°Cから28°Cであり、何れの条件も、寒冷耐性が他群に比較して低くなりやすい条件であった。しかし、本研究の消防隊員はCIVD4指標中3指標で他2群より顕著に高く、耐寒性の向上が示された。これは、普段の災害に対処するための訓練がトレーニング効果をもたらして、骨格筋・呼吸・循環系・体温調節系・内分泌・代謝系・免疫・神経ペプチドなど全身に適応性変化をもたらした(伊藤・森谷, 1991)ことにより、耐寒性が強化されているものと考えられる。

CIVDを測定して、CIVD諸値と身体組成の相関を検討した結果、筋肉量・除脂肪量・骨格筋量は、それぞれCIVDに強く関連した。本研究は、従来関与が推察された報告(吉村ら, 1962; 高島ら, 1983; 菅原ら, 2002; Rafamantanantsoa *et al.*, 2003; Maeda *et al.*, 2005)を明確に支持したものであった。除脂肪量は筋肉量の指標(安部

ら, 1998)であり、筋肉は骨格筋・平滑筋・心筋に大きく分けられ、骨格筋は日本人男性の場合、体重の40%を占める(湯浅景元, 1998)ことから、除脂肪量及び骨格筋量は、筋肉量の指標と考えられる。

吉村ら(1962)は、筋肉の発達程度(体格)や皮下脂肪発達程度(栄養)が耐寒性に重要な要因であると報告している。消防隊員の耐寒能は、筋肉量や体脂肪率が増加すると高まる傾向がみられた。Yoshida *et al.* (1998)やDressendorfer *et al.* (1977)は、非鍛錬者は、体脂肪による断熱で深部体温の低下を防ぐが、運動鍛錬者は体脂肪率が低いいため、高い代謝量と皮膚血管収縮が亢進することで寒冷に対処すると報告している。消防隊員で、体脂肪率の増加に伴い耐寒能が高い傾向は、筋肉量と体脂肪率が正の相関があった(3-4. CIVD諸値と身体組成の関連)ことなどの要因によるものと推察された。

基礎代謝に占める筋肉・皮膚などの割合は32%であるが、最大代謝では筋が75%、次いで肝臓が20%(伊藤, 1987)とされており、筋肉は代謝すなわち寒冷耐性を決定する重要な要素と考えられる。

運動トレーニングによって骨格筋が増大し、筋肉によるふるえの産熱は増加すると考えられるが、この産熱は、体の動きによる外気との断熱の変化や末梢領域への循環が増加して断熱を損ずることから、寒冷適応者は非ふるえ産熱が発達している(伊藤, 1987)。また、Mathew *et al.* (1981)は、人が寒さに適応すると、ふるえ産熱に替わって非ふるえ産熱が主体となり、生理的に適応した体内で非ふるえ産熱のメカニズム

が発達することを認めた。それ故、消防隊員の CIVD 諸値と筋肉量が正相関したのは、筋肉の非ふるえ産熱能の影響が大きいと考えられる。

消防隊員の加齢による CIVD 諸値変化で、何れの CIVD 指標にも年代間に有意差は見られなかった (Table 2)。このことは、消防隊員の CIVD 指標は筋肉量と相関し (Table 1)、年齢による筋肉量の差が見られない (Table 2) 影響と考えられる。

5. まとめ

CIVD で評価した消防隊員の寒冷耐性は、生育地の風土による寒冷適応の影響をうけている他 2 群に比較して高かった。

消防隊員の寒冷耐性は、除脂肪量・筋肉量・骨格筋量やこれらの身長あたりの重量と正に相関していた。寒冷環境下の消防活動時に生じる隊員の負傷や活動能力の低下を防ぐためには、消防隊員の寒冷耐性を上げることが重要であり、それには筋肉量を増加させる必要があることが示唆された。

謝辞

本研究に協力していただいた消防隊員の方々へ感謝する。また、本研究は平成 15 年から平成 17 年度の消防防災科学技術研究推進制度に採択委託された。

引用文献

安部孝, 福永哲夫(1998): 日本人の体脂肪と筋肉分布. 杏林書院, pp78-80.

Araki, T., Toda, Y., Inoue, Y. and Tsujino, A. (1978): The effect of physical training on cold tolerance. *J. Physical Fitness Japan*, 27: 149-156.

Dressendorfer, R.H., Smith, R.M., Baker, D.G. and Hong, S.K. (1977): Cold Tolerance of Long -Distance Runners and Swimmers in Hawaii. *Int. J. Biometeorol.*, 21: 51-63.

Holmér, I. and Gavhed, D. (2006): Classification of metabolic and respiratory demands in fire fighting activity with

extreme workloads. *Appl. Ergonomics*, 38: 45-52.

飯田敏行(1949): 寒冷血管反応に関する研究. *日本生理誌*, 11: 79-85.

International Association of Firefighters (2001): 2000 Death and Injury Survey. Washington DC.

伊藤昌夫, 正木豊, 小原郎敬(1998): 消防活動の身体負荷に関する研究. *東京消防庁消防科学研究所報*, 東京, 35: 110-116.

Itoh, S., Kuroshima, A., Hiroshige, T. and Doi, K. (1970): FINGER TEMPERATURE RESPONSES TO LOCAL COOLING IN SEVERAL GROUPS OF SUBJECTS IN HOKKAIDO. *Jap. J. Physiol.*, 20: 370-380.

伊藤真次(1971): 寒さへの適応(9)局所寒冷反応. *北海道医学雑誌*, 46: 483-490.

伊藤真次(1987): 適応のしくみ. *北海道大学図書刊行会*, pp.121-144.

伊藤真次, 森谷繁(1991): 新ストレス学. 朝倉書店(東京), pp.78-102.

Jansky, L., Vavra, V., Jansky, P., Knizkova, I. and Jandova, D. (2003): Skin temperature changes in humans induced by local peripheral cooling. *J. Thermal Biology.*, 28: 429-437.

気象庁: 気象観測(電子閲覧室)地点ごとのデータ. <http://www.data.kishou.go.jp>

Lewis, T. (1930): Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15: 177-208.

前田亜紀子, 山崎和彦, 野尻佳代子, 榎原裕(2006): 濡れた衣服の体温調節反応への影響. *日生気誌*, 43: 103-112.

McLellan, T.M. and Selkirk, G.A. (2006): The management of heat stress for the firefighter: a review of work conducted on behalf of the Toronto Fire Service. *Ind. Health*, 44: 414-26.

Maeda, T., Sugawara, A., Fukushima, T., Higuchi, S. and Ishibashi, K. (2005): Effects of Lifestyle, Body Composition, and Physical Fitness on Cold Tolerance in Humans. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human*, 24: 439-443.

正路倫之助(1942): 日本人の耐寒に関する生理学的研究. *生理学評論*, 2: 59-68.

Mathew, L., Purkayastha, S.S., Jayashankar, A. and Nayar, H.S. (1981): Physiological Characteristics of Cold Acclimatization in Man. *Int. J. Biometeorol.*, 25: 191-198.

森谷繁, 須田力, 服部正明, 横山真太郎(1993): 寒冷気曝露された青年男子の体温調節反応と最大酸素摂取量

- の関係. 日生氣誌, 30: 77-84.
- 森谷繁(1982): 寒冷血管反応と寒冷昇圧反応からみた運動鍛錬者の耐寒性. 日生氣誌, 19: 10-15.
- Moriya, K. and Nakagawa, K. (1990): Cold-induced vasodilatation of finger and maximal oxygen consumption of young female athletes born in Hokkaido. *Int. J. Biometeorol.*, 34: 15-19.
- 仲立貴, 韓一榮, 慶伊孝亮, 笠原靖弘, 西澤美幸, 三好努, 佐藤等, 大野誠(2005): 部位別生体電気インピーダンス法による身体組成分析(健康人に対する検討). 慈恵医大誌, 120: 35-44.
- 中塘二三生, 渡辺完児, 田中喜代次(1996): Bioelectrical Impedance 法による身体組成評価(測定条件の差異がBIに及ぼす影響). 肥満研究, 2: 9-15.
- 中村正, 渡辺孟, 菅原和夫, 榎本六良, 桑野紘一, 山口洋一, 深堀英彦(1972): 寒冷血管反応による局所耐寒性の評価法の新しい試み. 長崎医学誌, 47: 180-189.
- Rafamantanantsoa, H.H., Ebine, N., Yoshioka, M., Yoshitake, Y., Tanaka, H., Saitou, S. and Jones, P.J.H. (2003): The Role of Exercise Physical Activity in Varying the Total Energy Expenditure in Healthy Japanese Men 30 to 69 Years of Age. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 49: 120-124.
- Ruokojärvi, P., Aatamila, M. and Ruuskanen, J. (2000): Toxic chlorinated and polyaromatic hydrocarbons in simulated house fires. *Chemosphere*, 41: 825-828.
- 島津幸廣, 正木豊, 川部浩文(1996): 消防活動の身体負荷に関する研究. 東京消防庁消防科学研究所報, 33: 147-152.
- Smith, D. L. and Petruzzello, S. J. (1998): Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear. *Ergonomics*, 41: 1141-54.
- Smith, D. L., Petruzzello, S. J., Chludzinski, M. A., Reed, J. J. and Woods, J. A. (2001): Effect of strenuous live-fire fire fighting drills on hematological, blood chemistry and psychological measures. *J. Thermal Biology.*, 26: 375-379.
- Sothmann, M. S., Saupe, K., Jasenof, D. and Blaney, J. (1992): Heart rate response of firefighters to actual emergencies. Implications for Cardiorespiratory fitness. *J. Occup. Med.*, 34: 797-800.
- 総務省消防庁(2004): 消防白書. 平成 16 年版, ぎょうせい, 東京, pp.172-185.
- 菅原正志, 平田文夫(1993): 定期的運動が寒冷血管反応に及ぼす影響. 体力科学, 42: 495-501.
- 菅原正志(1988): 寒冷曝露による寒冷血管反応の吟味. 体力科学, 37: 273-281.
- 菅原正志, 中村正, 平田文夫, 野口正憲(1982): 身体運動が寒冷血管反応成績に及ぼす影響. 体力科学, 31: 163-171.
- 菅原正志(2002): 運動トレーニングによる寒冷順化の修飾作用. 体温, 平田耕造, 井上芳光, 近藤徳彦, ナツブ, 東京, pp.156-167.
- 高橋史郎(1943): 指趾皮膚血管に於ける寒冷反応の習慣による増進. 日本生理誌, 8: 461-482.
- Takano, N. and kotani, M. (1989): Influence of Food Intake on Cold-Induced Vasodilatation of Finger. *Jap. J. physiol.*, 39: 755-765.
- 高島慎助, 佐藤尚武, 沢井敏子(1983): 短時間の全身寒冷曝露による循環および体温の変化(運動群と非運動群の比較). 体力科学, 32: 87-96.
- 吉村寿人, 宇佐美駿一, 巻幡勝之, 塩見昭三(1962): 耐寒性の本態とその個人差について. 日本生理誌, 24: 81-94.
- Yoshimura, H. and Iida, T. (1950): STUDIES ON THE REACTIVITY of SKIN VESSELS TO EXTREME COLD. *Jap. J. physiol.*, 1: 147-159.
- Yoshimura, H. and Iida, T. (1952): STUDIES ON THE REACTIVITY OF SKIN VESSELS TO EXTREME COLD(PART II). *Jap. J. physiol.*, 2: 177-185.
- Yoshida, T., Nagashima, K., Nakai, S., Yorimoto, A., Kawabata, T. and Morimoto, T. (1998): Nonshivering Thermoregulatory Responses in Trained Athletes. Effects of Physical Fitness and Body Fat. *Jap. J. Physiol.*, 48: 143-148.
- Young, A. J. and Castellani, J. W. (2001): Exertion -induced fatigue and thermoregulation in the cold. *Compar. Biochem. Physiol.*, 128: 769-776.
- 湯浅景元(1998): 筋肉. 山海堂, pp10-38.

*Corresponding Author Address: yoshihiro HASHIMOTO

Sapporo Fire Bureau, shinkawa 4-16,kita-ku,sapporo, 001-0926, Japan

E-mail: yoshihiro.hashimoto@city.sapporo.jp

別刷請求先: 〒001-0926 札幌市北区新川 6 条 14 丁目 6-1 橋本好弘