

学位論文題名

消防隊員の勤務環境と心身負荷に関する研究

学位論文内容の要旨

本論文は、外気温や災害形態の違いによる消防隊員の心身に与える影響を数量化し、評価することで、隊員の暑熱順応や寒冷耐性に関連する要因を明らかにして、公務災害防止や作業効率の向上に資することを目的とした。

第1章序論では、文頭で災害活動の特殊性を例示して、消防隊員に関する研究の必要性を明確にした。次に、日本、米国、英国、スウェーデン及びニュージーランドにおける消防隊員の公務災害発生状況を比較・検討し、日本及び米国は公務災害が多いと考えられた。日米両国の公務災害は、半数以上が災害活動中に発生していること、そして死因の半数を「Overexertion or Stress (過活動、ストレス)」が占めていたことが判明した。この対策として米国では、暑熱・寒冷環境下活動の生理的負担を把握し、Emergency Incident Rehabilitation (災害現場での機能回復)を実施することが重要であるとされているが、体力に自信のある消防隊員には浸透していないと指摘されており、疲労状態で災害活動を行なっていると考えられた。日本でも同様の傾向であった。先行研究には、実際の災害活動の負担を明らかにして、機能回復を実施する判断基準を示したものは殆どなく、消防隊員が災害現場での機能回復を実施する判断材料が乏しいことが判明した。また、災害対応能力を強化するために、暑熱順応や寒冷耐性の強化が必要であるが、隊員の暑熱順応や寒冷耐性に関する研究は皆無であり、本研究の意義を明確にした。

第2章は、前章で示した課題解消のために実施した実証研究3件の結果を記載した。研究1では、16名の消防隊員(平均年齢: 21.8 ± 2.3 (SD) 歳)において体組成を測定し、気温 25°C 、 30°C 、 35°C 、相対湿度70%の条件下で、災害活動装備品を身に付け、自転車エルゴメータによる運動負荷を行い、Holter心電計による計測、耳内温と発汗量の測定を行い、自覚的運動強度と温熱感覚を聞き取った。その結果、許容体温(耳内温: 39.0°C)に上昇するまでの時間は、 30°C で26.6分、 35°C では20.0分であり、その時の発汗量はそれぞれ 2.0 kg/h 、 2.5 kg/h であった。 25°C では、実験継続上限時間の40分まで行うことができ、耳内温は 38.5°C 、発汗量は 1.7 kg/h であった。また、自覚的運動強度と温熱感覚は各気温条件間に有意の差があり、耳内温と有意の正相関を示した。さらに、運動継続可能時間は安静時耳内温、最大酸素摂取量、細胞外液量、身長及びBMIの影響を受けることが示された。これらの結果から、暑熱環境下活動では水分補給と同時に休養の重要性が示された。また、消火活動のような急激に体温が上昇する活動においても、先行研究で報告されている最大酸素摂取量や細胞外液量が体温調節機能と関連していると示唆された。

研究2は、冬期間に行った災害活動の負担を時系列的に分析し、同時に災害の形態や状況の違い毎に分析した研究である。71名の消防隊員（平均年齢: 32.7±10.5 (SD) 歳）に Holter 心電計を1勤務の24時間装着させて検討した。負担の評価には、適切な仕事の休憩スケジュールをデザインするための maximum acceptable work duration (MAWD) と percentage of heart rate reserve (%HRR) の関係を用いた。その結果、出動動作や活動初期時には交感神経の過度の亢進が惹起され、急激な心負荷をもたらしていることを明らかにした。交通事故の救助出動やガス漏洩の出動で MAWD を超えたが、活動は 31.3 分と 39.0 分であり短時間であった。しかし、人命救助を伴わない小規模火災2件は MAWD を大きく超え、これらの活動開始5分間の負担は平均で 92.6 並びに 93.7% HRR、活動初期1時間の平均でも 69.9 と 70.7% HRR と高く、活動時間も長時間に及んでいた。これらのことから、小規模火災においても、隊員に機能回復の時間を与える必要があることが明らかになった。さらに、災害活動は急激な激しい活動であり、心血管系や脳血管系への負担が大きいことから、消防隊員は健康管理やトレーニングの強化が必要であることが示唆された。

研究3は、消防隊員の寒冷耐性をより寒冷地域に居住する群を対象とした既報と比較し、さらに寒冷耐性との関連要因を体組成や生活習慣から評価した研究である。寒冷地の男性消防隊員62人（平均年齢: 45.2±10.7 (SD) 歳）を対象に寒冷耐性は局所寒冷血管反応 (Cold-induced vasodilatation: CIVD) で評価した。関連要因は、8電極式多周波インピーダンス式体組成計で測定した体組成と BMI、体表面積及び健康状態等の生活習慣の合計14項目とした。この結果から、消防隊員の CIVD は、より生育地の風土による寒冷適応の影響をうけている既報他2群と比較して高いことから局所耐寒性が高いことが判明した。局所耐寒性は最大酸素摂取量と関連することから、消防隊員の集団は運動による鍛錬効果で局所耐寒性が高いと示唆された。また、消防隊員の CIVD は体脂肪量や筋肉量が増加すると高まることが判明した。この結果は、CIVD で評価した寒冷耐性に筋肉量が影響するという新しい知見が得られたと同時に、運動鍛錬者の消防隊員は、脂肪層により筋肉の断熱効果を増加させ、寒冷耐性を高めているのではないかと示唆された。また、朝食の摂取状況、自覚的健康状態とも CIVD は関連していることを示し、健康管理の重要性を指摘した。

終章の総合考察では、米国、英国及び日本における消防隊員の安全管理について考察を行い、日本における消防隊員の安全管理は、米国や英国に比べて動作中心の狭義なものと示唆された。次に、疲労状態での災害活動は、安全管理上大きな問題があるばかりか、作業効率にも多大な影響を及ぼすことを示し、災害現場での機能回復の重要性を指摘した。本学位論文研究で得られた研究成果は、災害現場での機能回復を実施する基準を消防隊員に示したと同時に、普段のトレーニングと健康管理の重要性を証明した。しかし、米国や英国の安全管理でも示しているように、災害活動の安全性及び効率性を解決する課題は数多く、本研究から得られた火災の輻射熱の身体への影響、災害活動の神経性調節及び寒冷環境下の着衣の水濡れ状態が生理反応に及ぼす影響などに関する研究の必要性についても明記した。

学位論文審査の要旨

主査 教授 大塚 吉 則
副査 教授 河 口 明 人
副査 助教 榎 原 浩 平 (大学院工学研究科)
副査 教授 森 谷 梨 (天使大学)

学位論文題名

消防隊員の勤務環境と心身負荷に関する研究

本論文は、消防隊員の特殊な労働形態を念頭に、外気温や災害形態の違いが心身に与える影響を数量化し、評価することで、隊員の暑熱順応や寒冷耐性に関連する要因を明らかにし、公務災害防止や作業効率の向上に資することを目的としている。

第1章序論では、消防隊員の災害活動の特殊性から研究の必要性を述べ、日本および諸外国における公務災害発生状況を比較・検討し、公務災害は半数以上が災害活動中に発生していること、日本では相対的に公務災害が多いことを示している。そして、米国や日本における死亡事故の半数は「Overexertion or Stress (過活動、ストレス)」が原因であり、「Emergency Incident Rehabilitation (災害現場での機能回復)」の重要性が指摘されているものの、隊員の体力への過信によりその実施が不十分であることを指摘している。これまでの先行研究においては、実際の災害活動の負担を計量化し、機能回復を実施する判断基準を示したものは殆どなく、さらに隊員の暑熱順応や寒冷耐性に関する研究は皆無であることを述べて、本研究の意義を明確にしている。

第2章は、前章で示した課題解決のために実施した3件の研究について記載している。研究1では、暑熱環境の活動が消防隊員の身体機能に及ぼす影響を、人工気候室内で気温を変化させて検討している。16名の消防隊員(平均年齢21.8歳)において体組成を測定し、気温25℃、30℃、35℃、相対湿度70%の条件下で、災害活動装備品を身に付け、自転車エルゴメータによる運動負荷を行い、Holter心電計による計測、耳内温と発汗量の測定を行い、自覚的運動強度と温熱感覚を聞き取り、適切な仕事の休憩スケジュールをデザインするための最大許容労働時間(Wuら、maximum acceptable work duration, MAWD)と比較相対化した。その結果、許容体温(耳内温:39.0℃)に上昇するまでの時間は、30℃で26.6分、35℃では20.0分であり、発汗量はそれぞれ2.0 kg/h、2.5 kg/hであった。25℃では、実験継続上限時間の40分まで行うことができ、耳内温は38.5℃、発汗量は1.7 kg/hで

あった。また、各気温条件間で自覚的運動強度と温熱感覚には有意な差異が認められ、耳内温とは有意の正相関を示した。さらに、重回帰分析により MAWD は耳内温、最大酸素摂取量、細胞外液量、身長、BMI などの影響を受けることが示されている。

研究 2 は、冬期間に行われた実際の災害活動時の心負荷を 71 名の消防隊員 (平均 32.7 歳) に Holter 心電計を 1 勤務の 24 時間装着させて時系列的に分析し、同時に災害の形態や状況の違い毎に分析した研究である。負担の評価には、MAWD と percentage of heart rate reserve (%HRR) の関係を用いている。その結果、出動動作や活動初期時の過度の交感神経の亢進が観測され、急激な心負荷の実態を明らかにしている。短時間の災害・救助活動においても、交通事故の救助出動やガス漏洩の出動で MAWD を超えた。さらに、人命救助を伴わない小規模火災 2 件は MAWD を大きく超え、これらの活動開始 5 分間の負担は平均で 92.6 並びに 93.7% HRR、活動初期 1 時間の平均でも 69.9 と 70.7% HRR と高く、活動時間も長時間に及んでいた。これらのことから、小規模火災においても、隊員に機能回復の時間を与える必要性が明らかにされた。さらに、災害活動に伴う死亡事故は心血管系や脳血管系への過度な負担に起因することから、消防隊員の普段からの健康管理とトレーニングの強化の必要性を述べている。

研究 3 は、消防隊員の寒冷耐性をより寒冷地域に居住する群を対象とした既報と比較し、さらに寒冷耐性との関連要因を体組成や生活習慣から検討した研究である。消防隊員 62 名 (平均 45.2 歳) を対象に、寒冷耐性を局所寒冷血管反応 (Cold-induced vasodilatation: CIVD) で評価した。その結果、消防隊員の CIVD は既報の 2 群に比較して高いことから、被験隊員の局所耐寒性が相対的に高いことが示された。また CIVD は体脂肪量や筋肉量の増加と連動することが明らかとなった。これらの結果から、CIVD で評価した寒冷耐性に筋肉量が影響するという新知見が得られたと同時に、脂肪層により筋肉の断熱効果を増加させ、寒冷耐性を高めているのではないかと考察している。また、朝食の摂取状況、自覚的健康状態と CIVD の関連を示し、健康管理の重要性を指摘した。

終章の総合考察では、米国、英国及び日本における消防隊員の安全管理対策についての考察を行い、疲労状態での災害活動は安全管理上大きな問題があるばかりか、作業効率にも多大な影響を及ぼすことを示し、災害現場での機能回復の重要性を指摘した。

本研究は、消防隊員の普段のトレーニングと健康管理の重要性はもとより、災害現場での機能回復実施基準策定のための主要な科学的根拠を示した。

よって著者は、北海道大学博士 (教育学) の学位を授与される資格があるものと認める。