

機関番号：34305

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500607

研究課題名 (和文) 高温環境における健康生活のための指針づくり

研究課題名 (英文) A guide for preventive measures against heat disorders in hot environment

研究代表者

中井誠一 (Nakai Seiichi)

京都女子大学・家政学部・教授

研究者番号：90090092

研究成果の概要 (和文)：

わが国の運動時熱中症予防指針は発表以来 18 年を経るに至り、様々な研究成果が積み上げられ、熱中症予防に関する新たな知見が得られたと考えられる。熱中症発生実態では子どもと高齢者に多いこと、暑熱順化や着衣条件が関係することが発生要因として指摘された。そこで、WBGT28℃以上を嚴重注意(激しい運動は中止)とし、暑熱順化不足、子どもと高齢者および全身を覆う着衣の場合については従来の基準 1 段階下げる WBGT25℃以上(気温では 28℃以上)を嚴重注意とすることを提案した。

研究成果の概要 (英文)：

The guidelines for the prevention of heat disorders during sports activities were established 18 years ago in Japan. Since then, various studies on preventive measures against heat disorders have been performed, yielding new knowledge about its prevention. It has been reported that the incidence of heat disorders is high in children and the elderly, and heat acclimatization and clothing are the factors involved in this disorder. We proposed to lower the WBGT limit for warning (discontinuation of hard exercise) from 28℃ and over to 25℃ and over (corresponding to an ambient temperature of 28℃) for non-acclimatized persons, children, the elderly, and persons wearing clothes covering the entire body.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，応用健康科学

キーワード：安全指針・安全教育

1. 研究開始当初の背景

我が国における熱中症予防の取り組みは、スポーツ活動時に関する内容が先駆的で、日本体育協会から「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」が1994年に発表され、指導者講習会等で活用されている。

2. 研究の目的

本研究は暑熱障害に対して熱中症を用いる根拠を文献で考察するとともに、近年の熱中症の発生実態を分析し、「スポーツ活動時熱中症予防指針」に追加・修正する項目を検討し、新たに日常生活を含めた指針について提案することを試みた。

3. 研究の方法

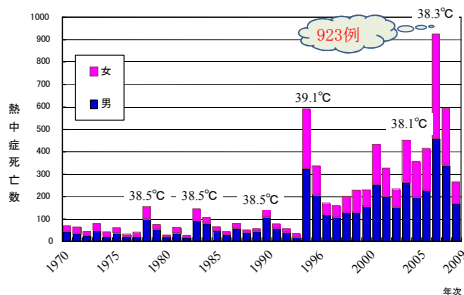
本研究は、1) 疫学的検討、2) 文献研究、3) 実験的検証から最終的に予防指針の見直しと保健教育資料を作成した。

4. 研究成果

1) 熱中症の発生実態と発生要因

(1) 熱中症死亡の年次推移

熱中症による死亡数（人口動態統計）の年次推移を図1に示したが、1970～2009年までの40年間の発生数は7,502件（男4,492件、女3,005件）であり、年平均では188件である。1970～1993年までで多い年は153件であったが、1994年は589件、2004年は449件、2007年



は923件であり、1995年以降増加傾向にある。

図1 熱中症死亡数の年次推移

(2) 熱中症死亡の性別年齢階級別特徴

40年間（1970～2009年）の男女別年齢階級別熱中症死亡数は、男が多いが、男は0～4歳、15～19歳、50～54歳および80歳を中心とする年齢層に、女は0～4歳および80～84

歳の年齢層に多く見られる。

各年齢層での発生要因を、新聞記事による発生時の状況を解析した報告では、0歳は自動車に閉じ込められた事故などが多く、男の15～19歳はスポーツ場面、30～59歳は労働現場、65歳以上は日常生活での発生が多いと考えられる。女は年齢が進むごとに増加し80～84歳が頂点である。

また、65歳以上の発生数が熱中症死亡総数に占める割合は、1995年は54%であったが、2004年は69%、2006年は68%、2007年は74%に達し、2008年は、72.1%、2009年は68.6%であり、近年では増加傾向にある。

(3) 熱中症死亡数と真夏日および熱帯夜日数

真夏日の日数と熱中症死亡数には有意な相関関係が見られ、高温の年、とりわけ38℃以上の高温が出現すると熱中症死亡数がさらに多くなる。また、日最高気温も高値を示した年には高齢者の熱中症死亡数が多いことが示された。

(4) 発生地域と発生場所

地域別にみた熱中症の死亡数は東京都や大阪府、埼玉県等で多く、徳島県や島根県、鳥取県で少ない。しかし、死亡率と年齢調整死亡率を算出すると、新潟県、青森県は死亡率、年齢調整死亡率共に高値を示した。太平洋側に位置する宮城県や神奈川県は低値であった。このように、熱中症の死亡率や年齢調整死亡率は日本海側で高く、太平洋側で低い傾向が認められた。

(5) 運動時の熱中症発生と温度

1970～2009年までに新聞報道された運動時熱中症発生343件について乾球温度と相対湿度を調査すると、死亡例と非死亡例に関係なくおおむね乾球温度25℃以上、相対湿度40%以上であり、25℃以下の死亡例は、いずれも湿度が高いことが特徴である。

運動時熱中症発生時の温度は、乾球温度（気温）25℃以上、湿球温度20℃以上であり、発生時のWBGT(wet-bulb globe temperature, 湿球黒球温度；暑さ指数とも言われる)で熱中症発生数の分布を示すと図2のようになる。

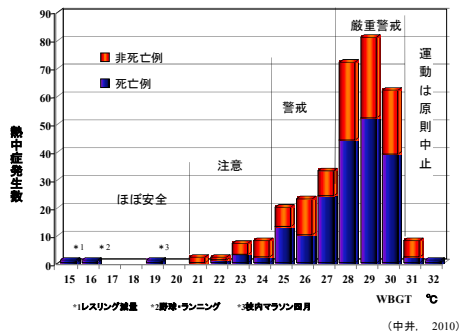


図2 運動時熱中症発生時のWBGTによる分布

WBGT 21°C以上で発生がみられ、25°C以上では発生が増加し、28°C以上になると発生数が特に多くなる。この分布が、日本体育協会の運動指針の温度区分の基本となっている。図2では2009年までの分布を示しているが、1994年に日本体育協会のガイドブック作成時と分布の特徴に変化は見られない。したがって、注意事項と温度区分について変更する必要性は見当たらない。

発生時の気温(乾球温度)と相対湿度の関係を月別で示すと、6月は7月よりも低温、低湿に分布し、同じ温度では相対湿度が約15%低値、同じ相対湿度では約3°C低値で発生している。

近年のスポーツ活動時の熱中症発生事例で特筆することは、運動終了後に熱中症によって死亡した事例(野球練習後、帰宅し駐車場で死亡例など)がみられることである。労働時においても帰宅途中で発症した報告もある。

(6) 乳幼児における熱中症死亡事故の発生実態

1968年から2009年までの42年間の乳幼児における熱中症死亡数は276件であった。年齢別にみると、0歳児の死亡数が150件と最も多く、年齢を増すごとに減少した。0歳児は気象条件との関係が認められないことから、高温環境で子どもを放置するような保護者の不注意により熱中症が発生している可能性が考えられた。

2) 熱中症予防の歴史

(1) 熱中症発生時の環境温度の歴史

熱中症発生と関係する温度に関する記述では小池、森(1914)が示した、「衛生新編、第5版」が最初と思われる。ここには、気温の直接作用に起因する疾病は・・・との表現があり気

温34°C以上では行軍を中止、としている。1926年に鉱夫労務扶助規則では、35°C以上で女子の坑内労働を禁止している。また、坑内における温度として1937年代に34°Cがみられ、気温だけでなく、湿球温度31.5°Cが坑内作業の許容限度としている。あかまり(熱けいれん)が33.0°Cで発生したとの記述もある(鈴木、1969)。

一方、1940年ころの製鉄業(圧延工場)の温熱条件は、最高気温(乾球温、39.0°C、湿球温、29.0°C)、黒球温(最高57.0°C、最低26.5°C)であり、平均実効輻射温10.0°C程度)であったとしている(斎藤、三浦1963)。実効輻射温(=黒球温-乾球温)は輻射熱の指標とされている。

(2) 発生時の対応と予防措置の歴史

徳川時代(1789年)に多紀元直が、「廣惠濟急法」の中暑(暑に中りて昏倒するなり)で、病状を示したのち、救方は、「炎天を侵して往来し又は農夫等日中に労役して天熱に中り気を閉塞たるを救方を・・・」の中で、急に冷氣や冷水を与えるのは良くない。「急日陰の内へ臥しめ途中道傍の熱土塊を掘り取くだき病人のむか又は臍の上に積みき真下に窩を作りて中へ他人をして小便をさせて熱気を透さしむ可し」としている。1811年になっても冷たい水は良くない(平野元良)としているが、「軍陣救急摘法」で、日陰に移し、風通しの良いところ、ショウガの絞り汁がよいとしている(三浦、1963)。1937年(大西の「作業環境の衛生」)には0.2-0.3%の食塩水が良いとし、経験的に塩分補給は常識的とされていた。1940年に勝木(1981)も0.3%の食塩濃度がよいとしている。

(3) スポーツ活動時の熱中症予防指針の変遷

熱中症予防の指針は、1957年にYaglou & Minard, Minard & Beldingが、WBGT(wet-bulb globe temperature 湿球黒球温度)を提案し、「軍隊の訓練をWBGT 26.5°C以上では短縮する」としたのが最初である。1975年にはACSMが「WBGT28°C以上は10マイル以上の長距離走を禁止すべき」としたものがある。その他、乾球温度と相対湿度の組み合わせによる対策も示されている。

3) 実験的検証

(1) 陸上競技長距離選手の熱中症既往者における暑熱環境下運動時の体温調節反応

大学陸上競技長距離選手を対象として、いままでに練習や大会等で熱中症を発症し

たことのある既往者と一度も発症したことがない非既往者において、体温調節反応の特徴を検討した。

ランニング時の平均心拍数、単位時間当たりの水分補給量および体重減少量は、既往者と非既往者に差は認められなかったが、ランニング時の単位時間当たりの舌下温上昇量は、非既往者に比較して既往者で有意に高値を示し、熱中症既往者は、暑熱環境下運動時で発汗による熱放散能力が減弱している可能性が推察された。

(2) 子ども(0~12歳)の夏季水分出納～活動量および年齢との関係～

0~12歳の子どもの睡眠時の水分損失量について検討した。

年齢と睡眠時水分損失率との間に有意な相関が認められ、また児童の睡眠時水分損失率は成人(体力科学 58(6), 2009)とほぼ同様の結果であり、0~12歳の子どものについては年齢の増加とともに水分出納は減少し成人に近づくことが示された。

4) 熱中症予防指針の見直し

(1) 熱中症の発症の特徴

熱中症発症の特徴をまとめると①高温多湿環境、②暑熱順化、③着衣が関係、④脱水・水分補給と休憩、⑤体調不良、⑥無理な行為の6項目となる。

(2) 予防対策(気をつける5つのポイント)

具体的な予防対策として、啓発活動や教育場面で利用するための、熱中症にかからないために気をつけるポイントを5つにまとめた。

- ①高温多湿では無理な行動(運動や作業および外出)は控える
- ②十分な水分・塩分補給(スポーツ飲料が最適)と適度な休憩が必要
- ③涼しい衣服に心がけ、帽子は効果的
- ④体調不良(睡眠不足、下痢、二日酔い、風邪気味など)は危険
- ⑤暑さに慣れる(暑熱順化)

5) 新しい予防指針の提案

日本体育協会発行のスポーツ活動中の熱中症予防ガイドブックではWBGTによる運動指針を示しているが、これを参考に、運動だけでなく日常生活行動を視野に入れた、熱中症予防指針の案を表1に示した。

表1 運動時および日常生活における熱中症予防指針

WBGT (°C)	湿度 (°C)	乾球温 (°C)	熱中症予防のための運動指針	
31	27	35	運動は原則中止	特別の場合以外は中止する。
			厳重警戒 激運動中止	激運動・持久走は避ける。積極的に休憩をとり、水分補給。体力のない者、暑さに慣れていない者は運動中止。
28	24	31	警戒 積極的休息	積極的に休憩をとり、水分補給。激しい運動では、30分おきぐらゐに休息。
			注意 積極的水分補給	死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意。運動の合間に積極的に飲む。
25	21	28	ほぼ安全 適宜水分補給	通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分補給を行う。市民マラソンなどではこの条件でも要注意。

(日本体育協会、1994より改訂)

6) 保健教育資料の作成

暑熱障害予防は指針を作成するだけでなく、指針内容を理解し実践する必要がある。そのためには啓発資料を作成し広く理解を求める活動が必要である。そのための資料を以下に作成した。

- ①「熱中症にかからないための5つのポイント」として、A4版、表裏のリーフレット
- ②最新・熱中症予防対策、全国安全会議編。
- ③DVD,

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計8件)

1. 樫村修生, 柏木朋也, 南和広, 中井誠一: 陸上競技長距離選手の熱中症既往者における暑熱環境下運動時の体温調節反応, 日生氣誌, 45(2), 2008. (査読有り)
2. 中井誠一: 高齢者における熱中症の発生実態, 老年医学, 46(6), 2008. (査読無し)
3. 中井誠一: 熱中症発生の実態と予防対策, 調剤と情報, 15(7):728-732, 2009. (査読無し)
4. 寄本明, 南和広, 新矢博美, 中井誠一, 芳田哲也: 中高年のウォーキング時における熱中症予防のための水分摂取基準, ウォーキング研究, No. 13, 167-171, 2009. (査読有り)
5. 佐竹敏之, 芳田哲也, 新矢博美, 中井誠一: 水泳練習時の発汗量, 飲水量, 脱水量と環境温度との関係, 京都体育学研究, 第25巻, 11-17, 2009. (査読有り)
6. 中井誠一, 芳田哲也: 脱水・熱中症対策(水分補給を中心に), 臨床スポーツ医学,

- 臨時増刊号, 211-217, 2009. (査読無し)
7. 中井誠一: 運動時熱中症と予防のポイント, 安全と健康, 61 (5), 2010. (査読無し)
 8. 星 秋夫, 中井誠一, 金田英子, 山本 亨, 稲葉 裕: わが国における熱中症死亡の地域差, 日本生気象学雑誌, 47 (4), 175-178, 2010. (査読有り)
- [学会発表] (計 26 件)
1. 新矢博美, 藤松典子, 寄本 明, 芳田哲也, 中井誠一: スポーツ活動時の水分摂取基準算定に関する調査的研究, 第 22 回運動と体温の研究会, 2008 年 9 月, 大分.
 2. 中井誠一, 新矢博美, 寄本 明, 芳田哲也, 森本武利: 熱中症予防リーフレットの作成, 第 22 回運動と体温の研究会, 2008 年 9 月, 大分.
 3. 野々村真美, 吉居尚美, 柏木朋也, 樫村修生, 中井誠一: 陸上長距離選手のたんぱく質推奨量の検討, 第 64 回日本体力医学会大会, 2009 年 9 月, 新潟.
 4. 吉居尚美, 柏木朋也, 樫村修生, 中井誠一: 陸上競技長距離選手の基礎代謝量と身体組成の関係, 第 63 回日本体力医学会大会, 2008 年 9 月, 大分.
 5. Taketoshi Morimoto, Seiichi Nakai: Trends in heat stroke fatalities in Japan and its prevention, 18th International congress of Biometeorology, Sept. 2008, Tokyo.
 6. 吉居尚美, 中井誠一, 芳田哲也, 寄本 明, 森本武利: 環境条件の変化に伴う運動時の尿中・汗中塩分量, 第 47 回日本生気象学会大会, 2008 年 11 月, 奈良.
 7. 寄本 明, 新矢博美, 中井誠一, 芳田哲也: 体重計測から求めた中高年の水分出納の影響, 第 47 回日本生気象学会大会, 2008 年 11 月, 奈良.
 8. 金田英子, 中井誠一: 高齢者の熱中症死亡の動向, 第 47 回日本生気象学会大会, 2008 年 11 月, 奈良.
 9. 中井誠一: 日本における 2007 年の熱波と熱中症死亡数, バイオクリマ研究会第 12 回研究成果発表会, 2009 年 3 月, 東京.
 10. 星秋夫, 中井誠一: 熱中症死亡の発生場所による検討, 第 23 回運動と体温の研究会, 2009 年 9 月, 新潟.
 11. 野々村真美, 中井誠一: 最近の熱中症予防対策商品の紹介, 第 23 回運動と体温の研究会, 2009 年 9 月, 新潟.
 12. 星 秋夫, 中井誠一: 都道府県別並びに発生場所からみた熱中症死亡, 第 58 回日本体力医学会 (新潟) 2009 年 9 月.
 13. 星 秋夫, 中井誠一, 金田英子, 山本 亨, 稲葉 裕: 地域別にみた熱中症死亡について-人口動態統計死亡票による検討-, 日本生気象学会 (茨城) 2009 年 10 月.
 14. 樫村修生, 中井誠一: 夏季ウルトラマラソン時の体温上昇および体重減少-一例報告-, 第 48 回日本生気象学会大会, 2008 年 10 月, つくば.
 15. 澤井 睦美, 星 秋夫, 中井誠一, 山口隆子, 稲葉 裕: 近年の 5 年間ににおける東京都の熱中症の発生と死亡について, 第 48 回日本生気象学会大会, 2008 年 10 月, つくば.
 16. 寄本 明, 南和広, 新矢博美, 中井誠一, 芳田哲也: 年齢階層別にウォーキング時における熱中症予防のための水分摂取基準, 第 48 回日本生気象学会大会, 2008 年 10 月, つくば.
 17. 米浪直子, 川崎由美, 野村明代, 吉野世美子, 中井誠一: 運動時におけるスポーツ飲料の摂取が唾液分泌型 IgA 及び疲労度に及ぼす影響, 第 48 回日本・栄養食糧学会近畿支部大会, 2009. 京都.
 18. 藤松典子, 寄本 明, 中井誠一: ストックウォーキングの運動強度と環境温度の関係, 第 14 回ウォーキング学会, 2010 年 6 月.
 19. 野々村真美, 新矢博美, 芳田哲也, 寄本 明, 中井誠一: 基礎代謝量の年間変動と生活曝露温度との関係, 第 24 回運動と体温の研究会, 2010 年 9 月.
 20. 藤松典子, 寄本 明, 中井誠一: ウォーキングとストックウォーキングにおける WBGT と発汗量の関係, 第 65 回日本体力医学会大会, 2010 年 9 月.
 21. 野々村真美, 新矢博美, 芳田哲也, 寄本 明, 中井誠一: 基礎代謝量の年間変動と脂質摂取量の年次推移との関係, 第 49 回日本生気象学会大会, 2010 年 11 月.
 22. 良川諒介, 出町耕一, 芳田哲也, 寄本 明, 野々村真美, 新矢博美, 中井誠一: 暑熱順化前に実施した温熱負荷テスト時における体温調節反応の男女比較, 第 49 回日本生気象学会大会, 2010 年 11 月.

23. 中山美里, 廣田広恵, 新矢博美, 芳田哲也, 寄本 明, 中井誠一: 子ども (0-12歳) の夏季水分出納, 活動量および年齢との関係, 第49回日本生気象学会大会, 2010年11月.
24. 新矢博美, 野々村真美, 中井誠一, 芳田哲也, 寄本 明, : 乳幼児における熱中症死亡事故の発生実態, 第49回日本生気象学会大会 2010年11月.
25. 廣田広恵, 芳田哲也, 寄本 明, 中井誠一, 新矢 博美: 乳幼児における熱中症死亡事故の発生実態, 第49回日本生気象学会大会, 2010年11月.
26. 久米 雅, 芳田哲也, 中井誠一: 携帯型と定点型の WBGT 計における測定精度の検討, 2010年. 11月.

[図書] (計6件)

1. 熱中症環境保健指導マニュアル 2008, 環境省, 2008.
2. 怖い高齢者の熱中症・脱水症状, その予防と診療のコツ (座談会), 老年医学, 46 (6), 2008.
3. 防ごう熱中症, 日常生活での暑さ対策のススメ, 日本生気象学会発行, 日本生気象学会・熱中症予防研究会編著, 2009.
4. 運動と暑熱障害, 彼末監修, 永島他編集, からだと温度の事典, pp509-511 朝倉書店, 2010.
5. 運動と水分摂取, 井上, 近藤編集, 体温II, NAPLimited, 2010.
6. 健康生活のための運動・スポーツ, 中井誠一, 間瀬知紀, 下村雅昭, 新矢博美, 南千恵, 森 博文: 東山書房, 2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中井 誠一 (Nakai Seiichi)
 京都女子大学・家政学部・教授
 研究者番号: 90090092

(2) 研究分担者

星 秋夫 (Hoshi Akio)
 桐蔭横浜大学・スポーツ健康政策学部・教授
 研究者番号: 20139265
 寄本 明 (Yrimoto Akira)
 滋賀県立大学・国際教育センター・教授
 研究者番号: 30132278
 新矢 博美 (Shinnya Hiromi)

京都女子大学・発達教育学部・教授
 研究者番号: 70201564
 芳田 哲也 (Yoshida Tetsuya)
 京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教授
 研究者番号: 00191601