

冬季の室内寒冷曝露による健康影響に関する疫学研究

Epidemiologic studies about the influence of indoor cold exposure in winter

奈良県立医科大学医学部疫学・予防医学講座
Department of Epidemiology, Nara Medical University School of Medicine

佐伯 圭吾
Keigo Saeki

キーワード：室内寒冷曝露 (Indoor cold exposure)、心血管疾患 (Cardiovascular disease)、
血圧 (Blood pressure)、ランダム化比較試験 (Randomized controlled trial)、
入眠潜時 (Sleep onset latency).

1. はじめに

地球温暖化にともなう夏の熱中症搬送の増加が多く報道されている。しかし冬に総死亡率が上昇する現象は、古くから世界中でみられる事実であり、現在も続いている。本稿では、外気温の変動と関連する死亡率と、外気温変動による健康影響を緩和するために重要な室温の健康影響に関する疫学研究について概説する。

2. 外気温と総死亡の関連

2.1 総死亡率の季節変動

古くから冬に死亡率が上昇する現象は報告されており、Curwen らは 1976-84 年の冬の死亡率上昇が南北半球、欧州、北米、アジア各国でみられており、冬に増加する死因としては、心血管疾患と呼吸器感染症が多くを占めることを報告している⁽¹⁾。わが国において冬に増加する死亡数について死因別に検討すると、がんの死亡数には季節性がみられないのに対し、心疾患や脳卒中の死亡数が冬に増加していた。さらに夏に対する冬の死亡数の比は年齢とともに増加することが報告されている⁽²⁾。

2022 年の人口動態統計による月別の総死亡数では、6 月が最も少なく (111054 人)、12 月～3 月の寒い季節に死亡率が高いことがわかる。仮に 1 年を通じて 6 月並みの総死亡数にコントロールすることができたとすれば、1 年で約 23.6 万人 (総死亡数の 15.1%) を減少できる試算となる。

2.2 外気温と総死亡の関連

近年は、総死亡率の季節変動を分析する手法として、寒さや暑さに曝露してから、疾病発症は死亡といった健康関連イベントが発生するまでの潜時を考慮した分析が開発され、より正確に外気温の健康影響を定量することができるようになった。Gasparini らは、潜時ごとに健康関連イベントの相対危険を算出し、全潜時の累積リスクを非線形回帰分析で推定する DLMN (Distributed Lag Non-Linear model) を開発し⁽³⁾、世界各国における日々の外気温と総死亡との関連を検討した。死亡率が最も低い死亡率を呈する外気温 (Minimum Mortality Temperature) を推定し、その気温を基準とした場合の、各外気温での相対危険や、MMT より外気温が高いことや低いことが、総死亡数の何%と関連するかを表す寄与危険割合を報告した⁽⁴⁾。東京 (日本) の MMT は 26℃であるのに対し、ストックホルム (スウェーデン) は 19℃、バンコク (タイ) は 30℃というように、気候によって異なることがわかる。このことには、各国で暮らす人々の生活習慣、衣類、住居、生理学的な適応などが関与している可能性が考えられる。外気温が MMT より高いことに関連する死亡 (暑熱関連死亡) と MMT より低いことと関連する死亡 (寒冷関連死亡) を比較すると、すべての国で寒冷関連死亡が上回っていた。外気温関連死亡が総死亡に占める割合をみると、わが国は中国、イタリアに次いで高く、10.1%で、寒冷関連死亡が 9.8%、暑熱関連死亡は 0.3%であった。天気予報における注意喚起を目にする頻

度は、冬より真夏の方が多くことから、一般住民の印象と実際のデータには乖離が生じている可能性があるのではないかと考える。

欧州諸国の冬の平均外気温と冬季過剰死亡の関連を検討した研究によると、外気温が比較的温暖な国において、冬季過剰死亡の割合が高い関連がみられ、その関連は経済状況、医療変数、喫煙者および肥満者の割合を調整しても、有意な関連を認めた⁽⁵⁾。

さらに欧州の各都市の住民を抽出して、外気温と室温を同時測定した結果を調査した生態学的研究は、外気温が低い北欧の都市では室温は高く、外気温が比較的高い南欧の都市では、室温が低い負の関連を認めた。外気温が低い南欧諸国では、北欧諸国より低い室温に曝露していることが、冬季の過剰死亡が多い可能性を示唆していると考えられる⁽⁶⁾。

3. 住宅内温度と健康指標との関連

3.1 室温が血圧に及ぼす影響に関するランダム化比較試験

筆者らは冬季に心血管疾患による死亡率が増加することと、生理学的研究から寒冷曝露によって血圧が上昇することが報告されていることから、室温による血圧の影響に関するランダム化比較試験を実施した。健康な対象者（平均 32 歳、男性割合 70%）146 名をランダムに 2 群に割り付け、介入群には就寝前 2 時間から起床後 2 時間までの室温を 14℃とする室温介入を行い、コントロール群には就寝前 2 時間から起床後 2 時間までの室温を 24℃に調整した。両群の対象者は、介入中も自由に衣類の量や寝具の量を調整することができる条件で実施し、対象者には事前に十分な衣類を準備して研究に参加するように説明した。一方、熱を発生する暖房器具やカイロの持ち込みは禁止した。アウトカムとして起床後 2 時間（早朝血圧）、就寝中の自由行動下血圧を 15 分間隔で測定し、夜間最低値から早朝 2 時間の血圧モーニングサージを算出した。約 10℃の寒冷曝露によって、介入群の早朝血圧はコントロール群の収縮期血圧は 5.8mmHg、拡張期血圧は 5.1mmHg 有意に高く（ $P < 0.01$ ）、血圧モーニングサージは 7.2mmHg（95%信頼区間：3.9 to 10.9mmHg）上昇していた。介入群の着衣量は、コントロール群に比べて 1747g（95%信頼区間：1349 to 2149g）有意に増加していた。この研究は、室内環境の温度が 10℃低下した際に、着衣による調整では、血圧上昇の影響を防ぐことはできないことや、室温の調整が重要であることを示している⁽⁷⁾。

医療従事者が、一般の方に冬の血圧情報を防止する方法として、「十分に居室を暖房して温かく保ってください」と助言することが挙げられる。このような暖房指示の介入が早朝血圧に及ぼす影響に関するランダム化比較試験を行った。奈良県在住の 60 歳以上の高齢者 359 名を対象に、対象者の自宅で介入および測定を行った。介入群には翌日に起床する予定時刻の 1 時間前に 24℃の設定温度で自宅の暖房機を設定してもらうように指示した。介入群では起床後 4 時間の室温は平均 2.09℃上昇し、収縮期血圧は 4.43mmHg、拡張期血圧は 2.33mmHg 低下した。この結果から、暖房指示によって早朝血圧の上昇を抑制できることが示されたが、目標室温を 24℃に対して室温の上昇は不十分であった。これは一般住宅の断熱や暖房機の性能が十分でなかったためではないかと考察された⁽⁸⁾。

3.2 観察研究からの知見

ここまで室内寒冷曝露が血圧に及ぼす影響に関するランダム化比較試験の知見を紹介した。さらに室内寒冷曝露が脳血管疾患の罹患や予後に及ぼす影響を調べる必要があるが、倫理的な観点から介入研究の実施は困難であり、観察開始時の住宅内の寒冷曝露を測定し、その後のアウトカム発生を観察する前向きコホート研究が妥当な研究デザインと考えられる。著者らは奈良県の一般住民を対象として疫学研究（平城京スタディ）を実施している。

同研究参加者において、対象者の自宅で測定した日中室温は、同時に測定した自由行動下血圧と有意な負の関連を認め、外気温とは有意な関連は認めなかった。一方就寝中の血圧は、外気温、室温とは関連せず、寝床内の温度と負の関連を認めた。この結果は、身体が直接曝露している温度が血圧と関連することを示している⁽⁹⁾。

入眠困難を主訴とする不眠症は高齢者の 10～20%にみられ⁽¹⁰⁾、入眠困難がある者では、入眠困難の症状がない者に比べて、心筋梗塞の発症リスク⁽¹¹⁾や、総死亡率⁽¹²⁾が高いことが先行疫学研究によって報告されている。実験研究では、就寝前の手足の皮膚温の温かさを体幹部と四肢の皮膚温差（皮膚温 DPG: Distal proximal gradient）を用いて評価したところ、四肢の皮膚温が相対的に温かい対象者では、入床から実際の睡眠が始まるまでの潜時（入眠潜時）が短いことが報告されている⁽¹³⁾。そこで我々は就寝前の居室の温度が低ければ四肢の温度が低下し、入眠潜時が延長するのではないかという仮説のもとに、分析を実施した。平城京スタディの参加者 861 名において、就寝前 2 時間に過ごした居室の室温と手首に装着したアクチグラフィーを用いて客観的に測定した入眠潜時には、有意な負の関連がみられた（ $P < 0.01$ ）。またその関連は年齢、性別、飲酒喫煙習慣、肥満、世帯所得、就寝時刻、日中身体活動量などの潜在性交絡因子とは独立して有意な関連であった⁽¹⁴⁾。

夜間就寝中に 2 回以上排尿のため起床する夜間頻尿の有病割合は、60 歳代で約 30%、80 歳以上では 50%以上となる⁽¹⁵⁾。夜間頻尿は睡眠障害、うつに加えて、転倒骨折、虚血性心疾患による死亡リスクの上昇と関連することが報告されている。1065 人の高齢者において、日中室温と直後の夜間排尿回数を測定し、夜間頻尿との関連を検討した。夜間頻尿ありのオッズ比は、日中室温が低い者で有意に高く、その関連は年齢、性別、肥満、飲酒喫煙習慣、推定糸球体濾過量、糖尿病の有無、服薬（カルシウム拮抗薬、利尿薬、睡眠薬）、教育歴、世帯所得、日中身体活動量などの潜在性交絡因子とは独立していた。また外気温と室温の散布図に基づく回帰直線によって区分した相対的な寒冷住宅群（505 人）では、温暖住宅群（560 人）にくらべて夜間頻尿の調整オッズ比（上記潜在性交絡因子で調整）は 1.49（95%信頼区間：1.08 to 2.05）で有意に高かった⁽¹⁶⁾。

3.3 住居の温度環境に関するガイドライン

近年徐々に、住環境の温度環境が健康に及ぼす影響に関する研究が徐々に増加しているが、室温を何℃に調整すると、健康関連アウトカムを減少させるかについては不明である。英国保健省（Public Health England）は 2014 年に、室内温度環境と健康に関する先行研究についてシステマティックレビューを行い、高齢者および疾病を有する場合、冬の室内を 18℃以上に維持することを推奨した⁽¹⁷⁾。さらに 2018 年、世界保健機構（World Health Organization）は同様に、システマティックレビューの結果、一般市民の冬の室温を 18℃以上に維持することを推奨している⁽¹⁸⁾。

一方わが国で実施された全国各地の 2190 件の住宅において冬の室温を 2 週間にわたって測定した結果によると、居間の室温の平均値は 16.8℃で、WHO ガイドラインの推奨値を下回っていることが分かった⁽¹⁹⁾。

4. まとめ

本校では、住居内の寒冷曝露が健康に及ぼす影響に関する研究の重要性を表す先行研究と、現状の主な研究の概要を紹介した。今後は、室内の温度環境が心血管疾患や予後に関する質の高いエビデンスが望まれる。また高齢化が進むわが国では、寒冷曝露や暑熱曝露による健康関連イベントの発生リスクがより高くなると予想される。住居内の温度環境の重要性を一般市民に伝える努力や、住居の断熱や冷暖房性能の整備も重要と考える。

参考文献

- 1) Curwen M. Excess winter mortality: a British phenomenon? Health Trends. 1990-1991;22(4):169-75.
- 2) 池田若菜、稲葉裕. 季節と高齢者死亡. 臨牀と研究. 2007;84:1609-12.
- 3) Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Distributed lag non-linear models. Stat Med. 2010;29(21):2224-34.
- 4) Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable

to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*. 2015;386(9991):369-75.

- 5) Healy JD. Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *J Epidemiol Community Health*. 2003;57(10):784-9.
- 6) Group. TE. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group. *Lancet*. 1997;349(9062):1341-6.
- 7) Saeki K, Obayashi K, Iwamoto J, Tanaka Y, Tanaka N, Takata S, et al. Influence of room heating on ambulatory blood pressure in winter: a randomised controlled study. *J Epidemiol Community Health*. 2013;67(6):484-90.
- 8) Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N. Short-term effects of instruction in home heating on indoor temperature and blood pressure in elderly people: a randomized controlled trial. *J Hypertens*. 2015;33(11):2338-43.
- 9) Saeki K, Obayashi K, Iwamoto J, Tone N, Okamoto N, Tomioka K, et al. Stronger association of indoor temperature than outdoor temperature with blood pressure in colder months. *J Hypertens*. 2014;32(8):1582-9.
- 10) Foley D, Monjan A, Brown S, Simonsick E, Wallace R, Blazer D. Sleep complaints among elderly persons: an epidemiologic study of three communities. *Sleep*. 1995;18:425-32.
- 11) Schwartz SW, Huntley JC, Cole SR, Hays JC, Blazer DG, Schocken DD. Are Sleep Complaints an Independent Risk Factor for Myocardial Infarction ? *Ann Epidemiol*. 1988;8:384-92.
- 12) Nilsson PM, Nilsson JA, Heblad B, Berglund G. Sleep disturbance in association with elevated pulse rate for prediction of mortality - consequences of mental strain ? *J Intern Med*. 2001;250:521-9.
- 13) Krauchi K, Cajochen C, Werth E, Wirz-Justice A. Warm feet promote the rapid onset of sleep. *Nature*. 1999;401(6748):36-7.
- 14) Saeki K, Obayashi K, Tone N, Kurumatani N. A warmer indoor environment in the evening and shorter sleep onset latency in winter: The HEIJO-KYO study. *Physiol Behav*. 2015;149:29-34.
- 15) Kupelian V, Fitzgerald MP, Kaplan SA, Norgaard JP, Chiu GR, Rosen RC. Association of nocturia and mortality: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *J Urol*. 2011;185(2):571-7.
- 16) Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N. Indoor cold exposure and nocturia: a cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *BJU Int*. 2016;117(5):829-35.
- 17) Minimum home temperature thresholds for health in winter – A systematic literature review. *Public Health England* 2014.
- 18) Housing and Health Guidelines. Geneva: World Health Organization 2018.
- 19) Umishio W, Ikaga T, Fujino Y, Ando S, Kubo T, Nakajima Y, et al. Disparities of indoor temperature in winter: A cross-sectional analysis of the Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan. *Indoor air*. 2020;30(6):1317-28.