

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：82674

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560362

研究課題名(和文) 体動計24時間装着に基づく身体活動・不活動・睡眠が健康長寿に果たす相互作用の解明

研究課題名(英文) Interactions between physical activity or inactivity, sleep and healthy aging, based on pedometer/accelerometer data

研究代表者

青柳 幸利 (AOYAGI, Yukitoshi)

地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター(東京都健康長寿医療センター研究所)・東京都健康長寿医療センター研究所・専門副部長

研究者番号：50202495

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：高齢者における日常身体活動(運動を含むすべて)や不活動、睡眠などから成る24時間の生活パターンの実態を加速度センサー付体動計を用いて、それらの季節変動に合わせて客観的かつ正確に把握し、身体活動の量・質・タイミングの組合せと様々な高齢者の心身の健康との相互関連を明らかにした。日常身体活動の実態を調査するために、従来のアンケートではなく加速度センサー付体動計を用い、1年間以上、一日24時間連続してデータを測定した。その結果、病気がない人はある人に比べて、統計上有意に身体活動量(歩数と中強度[安静時代謝量の3倍以上]活動時間)が多く、体温(起床時・就寝時)が高く、睡眠効率が良いことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We examined interactions between physical activity (including exercise) or inactivity, sleep and physical/mental health in the elderly. Physical activity was assessed continuously 24 h per day for >1 year using a specially adapted uniaxial pedometer/accelerometer with a filter specifically set to identify paces (modified Kenz Lifecorder, Suzuken, Nagoya, Aichi, Japan). Healthy adults without any disease showed greater physical activity (step count and duration at >3 metabolic equivalents [METs]), higher body temperature and better sleep efficiency than unhealthy persons with major lifestyle-related diseases such as hypertension and diabetes mellitus.

研究分野：応用健康科学

キーワード：加齢・老化 日常身体活動 健康寿命

1. 研究開始当初の背景

加齢に伴う高齢者の身体活動量の低下は、肥満の増加と不活動的な生活習慣の原因となり、心血管疾患と2型糖尿病の発生とも関連が深く、生活習慣病の発症に大きな影響を及ぼす因子の一つである。これまでに研究班では、高齢期における身体活動の量および質と様々な心身の健康との関係を横断的・縦断的に検討している。

まず、身体活動パターンについては、24時間1年以上にわたる測定を行い、1日あたりの歩数と中強度(安静時代謝量の3-6倍:>3 METs)の活動時間を調査した。結果、歩数と中強度活動時間は男女とも相互に有意な相関を示し($r^2 = 0.93$)、1日あたり2,000歩までは中強度以上の活動がほとんどみられないが、2,000歩を超えた場合の中強度活動時間は、1,000歩増すごとに、6,000歩までは約2.5分ずつ、6,000歩から12,000歩までは約5分ずつ、12,000歩から18,000歩までは約7.5分ずつ、そして18,000歩以上は約10分ずつ増えていた。また、1日に4,000歩未満しか歩かなかった人は中強度活動時間も5分未満と少なく、一方、10,000歩以上歩いた人は中強度活動時間が30分以上になった。

さらに、高齢者の健康に関する項目の多くは、身体活動の量・質の両方と関係があることが示された。高齢者において、QOLの低下やうつ予防など、こころの健康を保つには、日常身体活動の最低基準(男女とも、歩数>4,000-5,000歩/日、かつ/または、中強度活動時間>5-7.5分/日)を満たすことが求められる。この根拠として、例えば、うつと診断された人のうち男性1人を除く全員が1日に4,000歩未満しか歩いていなかった。この男性に関しては、8,057歩/日と高い活動量を示したが、歩く速度が遅く、中強度の活動時間は6.6分/日に過ぎなかった。

また、高齢者41人を対象に450日間の身

体活動について分析をしたところ、身体活動は降水量の増加とともに約4,000歩/日まで次第に低下することが分かった。歩数が1日あたり4,000歩に満たないということは、高齢者が屋内にとどまっている可能性があり、記録された歩数のほとんどが低強度の動作によるものと推察される。屋外での活動は、中強度での歩みを増加させ、精神状態に良い影響を及ぼすことが考えられ、歩数と運動強度および外出頻度の関係について、より正確なデータが求められる。

さらに、先行研究では、心身の別を問わず健康増進や疾病予防の観点から、強過ぎる(安静代謝の6倍以上の)運動を控え、規則正しい(日間、月間、季節間変動係数が40%未満の)生活を送ったほうがよいことが示唆された。過度な運動は怪我をしやすくするだけでなく、NK細胞活性などの免疫機能を低下させ、がんをはじめ様々な病気にかかる可能性を高めることが示されている。特に、生活機能や自立能力については、身体活動の量と質のバランスがよい人ほど高く、中強度以上の活動が相対的に少ない人ほど低い傾向にあった。ただし、以上の研究成果はすべて横断的分析に基づいていることから、因果関係が明確でない。

また、ヒトの体温と睡眠は身体の状態を手軽に知る手がかりの一つである。日本人の平均体温は、36.5前後で、子どもはやや高く、お年寄りはやや低いことが知られている。さらに、体温は年齢だけでなく、健康状態や生活習慣にも影響を受けやすく、特に、日常生活での身体活動(運動)との関連が深いと考えられる。一方、人間の睡眠は加齢に伴い変化し、高齢期では入眠障害、中途覚醒、早期覚醒などの不眠症状が現れる人が多くなる。高齢者の約3人に1人が、体力的な要因、健康的な要因、心理的な要因などの影響により、睡眠に対して何らかの問題を抱えていることが明らかになっている。また、

高齢者における不良な睡眠は高い死亡リスク、転倒リスク、身体的脆弱性、虚弱な認知機能、うつ症などと深く関連があり、心身の健康を害する危険性を高める恐れがある。したがって、高齢者が活発な日常生活を送るためには、睡眠問題への対策が必要であるといえる。

2. 研究の目的

本研究では、高齢者の健康長寿を目的として、日常身体活動（運動や睡眠など全てを含めた24時間の生活パターン）の実態について加速度センサー付体動計を用いて客観的かつ精確に測定し、身体活動の量・質（活動量・活動強度）の組合せと体温・睡眠（不眠症含む）の関連性について検討した。また、心身の健康や生活習慣病（高血圧、脂質異常症、糖尿病、心臓疾患、癌など）と体温・睡眠との関連性を調べた。これらの結果に基づき、どのような日常身体活動の量、質が睡眠改善や健康増進（免疫力向上）に効果があるか検証し、高齢者の健康長寿に寄与する要因について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

対象者：群馬県吾妻郡中之条町（含む近隣地域）に在住する日常生活に支障のない身体機能を有する男女1,645名を対象とした。5つの年齢群（生後8ヶ月から6歳、7歳から18歳、19歳から39歳、40歳から64歳、65歳以上）について、男女各200名を抽出した。小中高生については、中之条町と教育委員会が連携し、学校単位での協力を得た。なお、研究参加への同意が得られない方、腋下体温の測定に困難な肩関節や上腕の障害を有する方、自力での腋窩温測定が困難な20歳以上の方、夜間深夜勤務などの不規則な生活を過ごしがちな方、妊娠中の女性は、研究対象から除外した。

体温測定：対象者の体温測定は、電子体温計（テルモ株式会社 C231）を用いて腋下温を測定した。体温測定は、起床時と就寝時に7日間連続して安静状態で測定を行った。検査

開始に先立ち、新品未使用の電子式体温計と体温記録用紙を配布し、体温計は、予測式電子式体温計（平均検温時間20秒）であり、医用電気機器の安全規格（IEC60601-1-2:2001）に適合している。なお、小学生以下の対象者については、保護者（後見人）の管理下にて検温した。測定された体温は、測定時刻、起床・就寝時刻、食事内容、体調などの項目とあわせて記録用紙に記入した。

日常身体活動の測定：体温測定と同期間に、特注の1軸加速度センサー内蔵の身体活動計（スズケン社製ライフコーダ修正版：以下、「体動計」）を用いて、日常身体活動の量と質（歩数と中強度活動時間）を測定した。この体動計は他の歩数計や加速度計に比べて信頼性と妥当性に関して優れており、統制と自由生活の両状況下で歩数（型内信頼性0.998；絶対精度 $\pm < 3\%$ ）と歩行活動の強度の両方を一貫して精確に見積もることが可能である。対象者は、事前に体格や年齢などが設定された体動計を受け取った後、1日24時間の7日間、入浴時などを除き、腰部に連続して装着した。この間、対象者は可能な限り普段通りの生活を送るようにした。

生活習慣や健康状態のアンケート調査：調査票を体温計や体動計と同時に配付し、上記測定期間中に自記式のアンケート調査を行った。小学生以下の対象者については、保護者（後見人）に回答を依頼した。調査項目は、体格、睡眠状況、食生活、運動習慣、QOL、通院・投薬状況、主観的健康観、病歴などであった。

睡眠の評価：睡眠の評価には1日24時間7日間測定された体動計データを用いて、客観的なデータ解析ができる専用の睡眠分析ソフト（KISSEI COMTEC社製）を利用して、睡眠時間、睡眠潜時間、途中覚醒時間、途中覚醒回数、睡眠効率などを測定した。

統計解析には各変数のデータは平均値 \pm 標準偏差で示した。生活習慣病の疾患を持っている人とない人の分析には年齢、性別を調

整した共分散分析を用いた。すべての分析は、Statistical Package for Social Science 22.0(SPSS Inc, Chicago, IL)を用いて実施し、5%未満を有意水準として採用した。

本研究は、疫学研究に関する倫理指針(文部科学省・厚生労働省)を遵守するとともに、東京都健康長寿医療センター研究所の倫理委員会および対象地域である群馬県中之条町の審査を受け、承認を得た。対象者には申し出があればいつでも研究への参加を辞退できる旨を事前に伝え、文章と口頭による説明を十分に行った上で、同意書に署名を得た。

4. 研究成果 年齢と体温

体温は起床時と就寝時どちらも、加齢に伴い低下した(図1)。その変化は、就寝時のほうが起床時よりも2倍ほど大きかった。平均体温が1度下がると免疫力は30~40%低下するといわれており、加齢とともに体温(起床時、就寝時)が低下し、免疫力も低下することにより、病気に罹りやすくなる。逆に、平均体温が1度上がると免疫力は約60%アップする。歳をとっても活動的な毎日を送れば筋肉量の減少を抑えることができ、その結果、基礎代謝(安静時のエネルギー消費量)および体温を高いレベルに維持することができる。

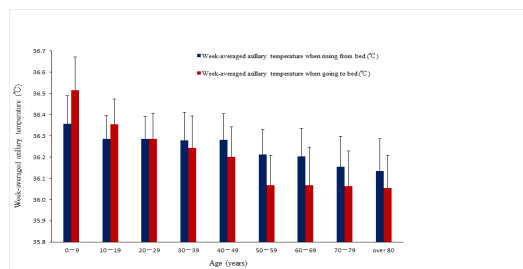


図1. 加齢に伴う体温(起床時・就寝時)の変化

年齢と日常身体活動

加齢とともに日常身体活動の量(歩数)も質(中強度活動時間)も低下するが、その割合(傾斜度)は歩数よりも中強度活動時間のほうが大きかった。つまり、歩く量ではなく、歩き方が遅くなるほうが大きいということ

が考えられる。体温の整然とした加齢変化に比べると、身体活動の場合は年齢が若いほどばらつきが大きく、20歳代、30歳代の人(特に女性)の運動不足が顕著である。この原因として、現代が車社会になっていること、特に若い女性は就業や育児に追われて運動する暇もないことなどが挙げられる。

年齢と睡眠

睡眠に関する代表的な評価項目である睡眠効率も、加齢とともに低下する傾向が認められた。歳とともに寝つきが悪く眠りが浅くなるが、これは体温の低下と密接に関連していると考えられる。年齢や性別を問わず、夕方に運動や入浴するなどして就寝時の体温を上げることで、良質な睡眠の確保が期待できる。

体温と身体活動と睡眠との相互関係

身体活動(歩数・中強度活動時間)と体温(起床時・就寝時)と睡眠(時間・効率)の間の相関関係は、全体として、日頃からよく身体を動かす人は体温が高く、その結果よく眠れるということが示唆された。特に、中強度の活動時間が多いほど就寝時の体温が高く、寝つきがよく眠りが深いことが示された。

病気の有無と体温・身体活動・睡眠の状態

身体活動と体温と睡眠の状態について、高血圧症・糖尿病・脂質異常症などの生活習慣病の人とそうでない人を比較した(表1)

	Non Patient (N=409)	Patient (N=218)
Week-averaged step count (steps/day)	6140 ± 2152	5738 ± 2213*
Week-averaged duration of physical activity at >3 METs (min/day)	15.1 ± 8.8	12.9 ± 8.4*
Week-averaged axillary temperature when rising from bed (°C)	36.26 ± 0.23	36.18 ± 0.25*
Week-averaged axillary temperature when going to bed (°C)	36.13 ± 0.29	36.07 ± 0.33
Week-averaged hours of sleep (h)	5.35 ± 1.11	5.41 ± 1.21
Week-averaged efficiency of sleep (%)	79.5 ± 11.8	75.2 ± 12.9*

Values are means ± SD.
*p<0.05, **p<0.01

因果関係は明確ではないが、病気のある人にはない人に比べて、身体活動の量(歩数)および質(中強度活動時間)が少なく、体温が低く、そして睡眠時間(床の中にいる時間)は長いにも関わらずよく眠れていない(睡眠効率が低い)という結果が示された。

本研究では、日常身体活動の実態を調査す

るために、従来のアンケートに基づく主観的かつ曖昧な方法ではなく加速度センサー付体動計を用いた。一日 24 時間連続で体動計を装着して測定された連続データを用いて、客観的かつ精度高く 24 時間の行動パターンを包括的に評価することが学術的な特色である。また、健康長寿のために従来の身体活動/運動に特化した運動指針を發展させ、24 時間の生活パターン全体を鑑みた健康長寿の実現に資する生活習慣の提案を目指した。これらの研究成果に基づいて、研究班では現在、オーグーメイドの予防医学システムを開発している。その結果、我が国の高齢者をはじめとして国民全体の健康増進や疾病予防、介護予防に、ひいては膨大化する医療費の削減に寄与するものと確信している。

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計 7 件)

1. Ayabe M., Park S., Shephard R.J., Aoyagi Y. Associations of Activity Monitor Output and an Estimate of Aerobic Fitness with Pulse Wave Velocities: The Nakanojo Study. *J Aging Phys Act.* 12(1):139-144, 2015. 査読有.
2. Shephard R.J. and Aoyagi Y. Physical activity and the risk of cardio-metabolic disease in the elderly: dose recommendations as seen in the Nakanojo Study. *Current Cardiovascular Risk Reports* 8(7):387-394, 2014. 査読有.
3. 青柳幸利. サルコペニアとフレイル～臨床と研究の最前線(荒井秀典編集): サルコペニア, フレイルにおける性差を考える(中之条研究). *Geriatric Medicine* 52(4):343-347, 2014.
4. Shephard R.J., Park H., Park S., Aoyagi Y. Objectively measured physical activity and progressive loss of lean tissue in older Japanese adults: longitudinal data from the Nakanojo Study. *J Am Geriatr Soc.* 61(11):1887-1893, 2013. 査読有.

5. Aoyagi Y., Shephard R.J. Sex differences in relationships between habitual physical activity and health in the elderly: Practical implications for epidemiologists based on pedometer/ accelerometer data from the Nakanojo Study. *Arch Gerontol Geriatr.* 56(2):327-338, 2013. 査読有.
6. Shephard R.J., Aoyagi Y. Sex differences in habitual physical activity of the elderly: Issues of measurement, activity patterns, barriers and health response. *Health Fitness J Can.*6:3-71.2013. 査読有.
7. Yamada Y., Nishida T., Ichihara S., Kato K., Fujimaki T., Oguri M., Horibe H., Yoshida T., Watanabe S., Satoh K., Aoyagi Y., 他 2 名. Identification of chromosome 3q28 and ALPK1 as susceptibility loci for chronic kidney disease in Japanese individuals by a genome-wide association study. *J Med Genet.* 50(6):410-418. 2013. 査読有.

〔学会発表〕(計 12 件)

1. 青柳幸利、日本セルフメディケーション学会市民公開講座：奇跡の研究～中之条研究により解明された“病気になる生活法”、サンシャインシティ文化会館、東京都豊島区、2014年11月2日
2. Kawakami H, Park H, Park S, Kuwata H, Aoyagi Y. Effects of enteric-coated lactoferrin supplementation on immune status in the elderly: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. The 7th International Conference and Exhibition on Nutraceuticals and Functional Foods, October 14-17, 2014, Istanbul, Turkey.
3. 青柳幸利、モバイルヘルスシンポジウム 2014 (ITヘルスケア学会): 超高齢社会におけるモバイルを活用した予防医学～地域健康管理の現状と成功の鍵、TFTビル、東京都江東区、2014年7月17日
4. 青柳幸利、日本老年医学会シンポジウム

- ム：フレイル研究の最前線 診断から介入への展望 フレイルにおける性差を考える（中之条研究） 福岡国際会議場、福岡県福岡市、2014年6月12日
5. 青柳幸利、日本リハビリテーション医学会シンポジウム：最新の活動計測 活動を測る 活発を測る：活動計を用いた日常生活の身体活動計測（中之条研究）名古屋国際会議場、愛知県名古屋市、2014年6月5日
 6. 川上浩、朴眩泰、朴晟鎮、青柳幸利、高齢者における乳製品摂取と身体活動に関する研究、68回日本栄養・食糧学会大会、北海道大学、札幌市、2014年5月31日
 7. 青柳幸利、健康長寿の実現に最適な日常身体活動の量と質：中之条研究「10年の成果」、運動疫学研究会、国立健康・栄養研究所、2013年9月20日
 8. Aoyagi Y., Ayabe M., Park S., Kawakami H., Kuwata H., Shephard R.J. Habitual Physical Activity and Immunological Function in Older Individuals: Preliminary Findings from The Nakanojo Study. 3rd International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement 2013, June 17-19, 2013, Massachusetts, USA.
 9. Ayabe M., Park S., Shephard R.J., Aoyagi Y. Associations of Pedometer/accelerometer Data and Maximal Walking Speeds with Pulse Wave Velocities: The Nakanojo Study. 3rd International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement 2013, June 17-19, 2013, Massachusetts, USA.
 10. Park H., Shephard R.J., Park S., Aoyagi Y. Objectively Measured Physical Activity and Calcaneal Bone Health in Older Japanese Adults: The Nakanojo Study. 3rd International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement 2013, June 17-19, 2013, Massachusetts, USA.
 11. Shephard R.J., Park H., Park S., Aoyagi Y. Objectively Measured Physical Activity and Appendicular Lean Tissue in Older Japanese Adults: The Nakanojo Study. 3rd International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement 2013, June 17-19, 2013, Massachusetts, USA.
 12. Kawakami H., Park H., Park S., Kuwata H., Aoyagi Y. Effect of enteric-coated lactoferrin supplementation on immune markers in serum of healthy elderly individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. The 11th International Conference on Lactoferrin: Structure, Function, and Application, 2013, Roma, Italia.
- 〔図書〕(計 4 件)
1. Aoyagi Y. and Shephard R.J. Health-related quality of life and habitual physical activity among older Japanese. In: Michalos AC (Ed.). Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. Springer, Dordrecht, Netherlands: Springer, pp 2767-2773.2014.
 2. 宮下充正、青柳幸利、「歩き方」を変えるとやせる！病気が治る！痛みが消える！（病気別・薬より効く歩き方がわかった！）東京、マキノ出版、2014.
 3. 青柳幸利、なぜ、健康な人は「運動」をしないのか？～病気の9割は「運動」が原因～、東京、あさ出版、2014.
 4. 青柳幸利、「あらゆる病気を防ぐ」一日8000歩・速歩き20分」健康法、東京、草思社、2013.
6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 青柳 幸利 (AOYAGI Yukitoshi)
 地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター(東京都健康長寿医療センター研究所)・東京都健康長寿医療センター研究所・専門副部長
 研究者番号：50202495