

平成 21 年 4 月 28 日

**研究種目：基盤研究 (B)**  
**研究期間：2006～2008**  
**課題番号：18390196**  
**研究課題名 (和文) 深部体温、体動、心拍連続モニターによる食事・運動・睡眠の基本的  
生活習慣の包括評価**  
**研究課題名 (英文) The comprehensive evaluation on daily activities including diet,  
exercise and sleep by continuously monitoring deep body  
temperature, movement and heart beats .**  
**研究代表者**  
**鏡森 定信 (KAGAMIMORI SADANOBU)**  
**富山大学・大学院医学薬学研究部・教授**  
**研究者番号：20019615**

## 研究成果の概要：

- ① 深部体温と心拍数から喫食時間を識別でき、朝食は、深部体温の上昇を介して体温概日リズム形成に重要であった。夕食では、深部体温下降期以前の喫食が、その概日リズムの保持に有益だった。夜食は深部体温や心拍数の概日リズムの周期性の保持に反した。
- ② 最大酸素摂取量の 60%程度までは運動強度の増加に伴い深部体温と心拍数は比例して上昇した。また、両者への影響は、運動時間帯よりは、気温や湿度の方が大きかった。
- ③ 体動、心拍数、深部体温を組み合わせると休養・睡眠の時間帯の識別と睡眠効率を識別できた。なお、就寝直前の飲酒は通常の適量でも睡眠潜時の短縮と無呼吸の増加を伴い睡眠効率を低下させた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2007 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2008 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

## 研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：(社会医学)・(公衆衛生学・健康科学)

キーワード：食事、運動、入浴、睡眠、連続モニタリング、体動、心拍、深部体温

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 研究開始の動機

本研究を立ち上げたグループは、申請者を中心に基本的生活習慣である食事、運動、睡眠がその後の疾病発生を含めた健康状態に影響することを、幼少期、青壮年期、高齢期の各人生のライフステージで主に疫学的方法により調査・研究にもとづき明らかにしてきた。これらの調査対象集団では、健康教育や健康づくり実践指導も進み、食事、運動、睡眠の基本的生活習慣における行動変容も

行われてきている。そして現在、これらの集団からは、これらの基本的生活習慣の行動変容の健康面に対する直接的な作用を具体的にそして各対象者個別的に把握できる調査・研究方法が要請されてきた。研究グループとしては、深部体温、体動(加速度)、心拍変動(周波数解析)の生体指標を用いて、食事、運動、睡眠の各行動がそれらにどのように反映されるか、個々の指標について検討し、学術誌にも発表しその意義を明らかにしてきているので、上記の社会的要請にこたえて本研究を開始することとした。

## (2) 研究実施の準備状況

本研究を実施するにあたり、必要となる対象集団はすでに確保されており、研究に要する生体的指標の連続モニタリングに使用する器材については、先行研究により、非侵襲的、小型軽量で被検者に受け入れられる検査法で可能である。すなわち深部体温については、従来の直腸温測定方式にかわって、米国で開発間もない体内飲用カプセルによる無線方式（学内倫理委員会承認済み、倫理委員会承認 No215）、体動と心拍記録については、胸部前壁に加速度計と心拍計を組み込んだ小型軽量発信器の装置による記録方式を採用して実施すべく準備を完了している。また、フィールドにおける研究に加えて実験室における研究も必要となるが、申請者の研究室では人工気象室およびその室内に温浴、日光浴、運動などを行えるスペースを確保している。

## (3) 先行研究の実績

### ① 研究名称[厚生科学研究費補助金・健康科学総合事業]

期 間；平成 11～13 年度

研究題名；小児の栄養・運動・休養から見た健康度指標と QOL に関する研究（主任研究者村田光範の分担研究者として鏡森定信が参加）

研究経費；19,500 千円

研究計画と経緯

分担研究者（鏡森定信）、研究協力者として関根道和が参加し、生活習慣のうち休養・睡眠の分野と包括的 QOL の評価を担当した。幼児期から学童期の小児の成長ステージに応じた栄養・運動・休養の生活習慣を評価できるアンケート調査およびその生活習慣が反映される検査指標にもとづいて、生活習慣がみた QOL を包括的に把握する方法を提示することを目的に、疫学的ならび実験的研究が 3 年間にわたって実施された。

研究成果

- ・小児の QOL の国際版（CHQ-PF28）が日本の小児に対しても妥当性・信頼性があることを確認した。

- ・小児の生活習慣から QOL を評価するため、因子分析で抽出された 9 因子の要因からなる自記式 QOL 評価表を開発した。

- ・心身面からみて小児期の大きな健康問題である肥満の発生と管理には睡眠の量・質の両方が重要であることを明らかにした。また、小児期の睡眠の評価のためのアンケート調査と携帯用加速度測定器が睡眠の開始と覚醒の時刻、および睡眠深度は評価できないものの睡眠の時間の判定に有用であることを明らかにした。今回の応募研究では心拍の連続モニタリングが可能となるので睡眠深度の情報も入手可能となる。

### ② 研究名称[厚生科学研究費補助金・健康科学総合事業]

期 間；平成 11～13 年度

研究題名

気候・地勢および温冷刺激の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究（主任研究者 鏡森定信、分担研究者 関根道和、中川秀昭、本橋豊、協力研究者に今回の応募研究の松原勇、新村哲夫を含む）

研究経費；24,0000 千円

研究計画と経緯

健康づくりのために保養地に訪れ、栄養、運動、休養・睡眠の面から健康増進を図ろうとする人達のために、それに適した気候ならびに地勢要因を検討し、健康で安全な保養をデザインすることを目的に研究を行った。保養地における食事、運動、保養・睡眠などの行動記録を作成し、24 時間の心拍連動記録を使って行った心拍変動の周波数解析結果（交感および副交感神経活動のゆらぎ）との関連とそれに影響する気候ならびに地勢要因を分析した。また、これら臨地研究で得られた成績の一部について、人工気象室における実験研究を行った。

研究成果

- ・寒冷期の午前中の運動は、心拍・血圧の増加（早朝循環負荷）をもたらす。それは屋内では暖房により緩和できた（フィールド実験研究と人工気象室における実験研究）。

- ・夏季の食事、運動、休養・睡眠の基本的生活習慣に気温と湿度で規定される不快指数の上昇が気温の上昇よりも影響が大きかった（生態学的研究と人工気象室における実験研究）。

- ・海洋療法は自律神経系活動のゆらぎにおいて、交感神経活動（HLR）には抑制的に作用し、副交感神経活動（HF）に促進的に作用した。また海洋療法を就寝前に取り入れることは睡眠の質を向上させた（フィールド研究と人工気象室における実験研究）。

## 2. 研究の目的

① 食事、運動、睡眠は生活習慣を構成する基本的要素としてきわめて重要である。先行研究によれば、これら生活習慣の基本的要素の欠落や不十分さのみならず、その一日における時間帯、さらには週、月、年の単位でみた行動態様が健康にさまざまな影響、特に昨今問題となっている生活習慣病や気分障害・うつ病の発生につながることが明らかとなっている。しかしながら、それらのエビデンスとしてはこのような生活習慣の基本的要素に関するアンケート調査とその後の疾病発生との関連を示したものがほとんどである。また、生活習慣の各基本的要素をそれぞれ個々に単独に評価しており、その関連についても、それぞれの時点のあいだの一定の

期間、すなわち調査開始時と終了時の調査から結論を出しており、生活習慣の基本的要素である食事、運動、睡眠の行動態様それと反映する生体指標を用いて包括的に把握し、それが生体機能の根幹にどのように影響を及ぼしながら、疾病発生につながるかについて明らかにしたものはきわめて少ない。本研究では、これらの生活習慣の基本的要素を包括的に反映する深部体温と心拍、そしてこの両者に影響を与える体動の24時間ならびに週間連続モニタリングをツールとし採用する。深部体温は、食事、運動、睡眠により影響を受け、その概日リズムを形成しており、心拍に関してもほぼ同様のことがいえる。また、体動センサーを使用することにより、心理・精神的ストレスによる非運動時の心拍増加を判別したり、あるいは体動・心拍と深部体温の変動記録とを組み合わせて、入眠や目覚めの時点を判別することが可能となる。研究プロセスとしては、まず、深部体温、心拍そして体動センサーを使用した、生体の根幹機能の24時間ならびに週間連続モニタリングのデータ収集と収集したデータの包括的指標化（時間軸と振幅軸による2次元リズム解析による指標化）について検討を行う。ついで、このような生体の機能の指標と生活習慣の基本的要素の関連について分析し、これらのモニタリングの有用性を明らかにする。さらに、生活習慣の基本的要素の行動変容が今回取り上げた生体指標のモニタリング成績にどのように影響を及ぼすかを分析するためのアクションリサーチを行う。以上により、生活習慣の基本的要素である食事、運動、睡眠の生活リズムの客観的かつ包括的な評価指標を創生し、生活習慣の行動変容の生体の根幹機能に対する影響の経緯を分析し、生活習慣の行動変容による健康づくり機序を明らかにする。

② 従来、アンケート調査で把握していた食事、運動、睡眠の基本的生活習慣のそれを反映する生体指標の連続モニタリングにより客観的に、また、これら各々の3つの生活習慣を包括的に把握することにより、生活習慣の行動変容を介した健康増進の分野において、そのエビデンスを一層堅固にし、その後のこの分野における応用研究の途を拓くことができる。生体指標として取りあげた深部体温と心拍変動に加えて体動を連続モニタリングすることにより、さらには、各々の生態指標の時間軸に沿った振幅の変動の組み合わせから、食事、運動、睡眠の量ならびに質的評価に関する情報にも迫ることができる。また、これらのツールは非侵襲的で小型軽量のため、健康増進を指向する人達にも受容されやすく普及の可能性も高い。したがって、この非侵襲的で小型・軽量の器

材からなるこれらの生体指標モニタリングを装着して、各個人の生活習慣、特にその要である食事、運動、休養、睡眠といった健康に影響する基本的な生活習慣について、その量ならびに質的な評価を包括的に行うことができることにより、これらの生活習慣を介した疾病の発生の機序ならびにその行動変容である予防行動の量・質的評価を通じて、いわゆる生活習慣病の予防の医学的アプローチに大きく貢献できる。

③ 一般集団を対象に本研究で取りあげた生体指標としての深部体温と心拍から食事、運動、睡眠の基本的な生活習慣を量・質的な方面から包括的に評価を行った体系的な研究はいまだみられない。但し、患者を対象にしたものとしては、これらの基本的な生活習慣の極端に悪いAnorexia Nervosaで体温低下（深部体温ではない）や心拍減少などの生体指標の変化とその意義については明らかにされている（Effects of anorexia nervosa on clinical, hematologic, biochemical, and bone density parameters in community-dwelling adolescent girls. Misra Met al: Pediatrics, 114, 1574-1583, 2004）。申請者らは鼓膜温の頻回測定により、生活習慣による変動やその改善が熟睡につながることを明らかにしてきた（鏡森定信他：海洋深層水温浴の睡眠および心理・生理学的指標からみた検討。日本温泉気候物理医学会誌, 65, 73-82, 2002）。しかし、連続測定ツール（経皮的熱源供給による熱放射量から深部体温を推定する方法等）の開発の不十分さから、深部体温の連続モニタリングができず、十分なエビデンスを得ることができなかった。すなわち、深部体温については、非拘束下でその関連モニタリングが難しかったが、今回オレゴン州のMini Mitter Company, Inc. が開発したカプセル（体温測定用）を飲むことにより、それが可能となった。この方法により、深部体温の変化による睡眠・覚醒リズムへの影響の実験的知見（The dependence of onset and duration of sleep on the circadian rhythms of rectal temperature. Zülley J et al: Pflügers Arch 391, 314-318, 1981）を、生活習慣の行動変容との関連で分析することが可能となった。深部体温の変化には今回の生活習慣の基本である食事や運動が深くかかわっており、これらを反映した包括的指標としてその連続モニタリングデータを分析し検討するところに本研究の特色がある。また、食事や運動の他に直接的に深部体温の変化をもたらすものとして、日本の温浴習慣があり、環境睡眠学の分野の調査で確認されている就寝前の温浴による睡眠の質の

向上効果 (Passive body heating and sleep: influence of proximity to sleep. Bunnell D.E. et al: Sleep, 11, 210-219, 1988) が確認されており、本研究では日本人の生活習慣の特色である「温浴」の効果湯温や入浴時刻などの面から分析可能となり、睡眠の質の向上につながる健康増進医学の先駆的研究となる。また、運動の睡眠に対する効果としても深部体温上昇が推測されており (Exercise and sleep: body heating effects. Horne J.A., Staff.L.H.E.: Sleep, 6, 36-46, 1983)、食事によるそれとあわせて包括的に生活習慣の健康度評価の指標を提示することができる。

### 3. 研究の方法

#### (1) 対象の選出

生活習慣について追跡調査を行っている集団の構成員を運動習慣の時間帯 (午前または午後) および運動の種類 (軽、中等度運動量) 別に層別化を行い、分類した各層より対象者の無作為抽出を行った。ついでこれらの各層から10名を目標に研究参加への依頼を行い対象者を選出した。なお、本研究は学内の倫理委員会の審査を受けて、実施にあたっては参加者のインフォームドコンセントを得る。この作業は申請者が属する富山大学医学部保健医学教室で分担研究者と共同で実施した。

#### (2) 生活習慣のアンケート調査ならびに連続モニタリング日の生活行動の記録

本研究で取りあげた基本的な生活習慣に関する全般的なアンケート調査 (通年調査) および深部体温、体動・心拍の連続モニタリングを行った日の食事、運動、休養、睡眠などの生活行動記録を作成した (特定日調査)。

#### (3) 生体指標の連続モニタリング

選出した対象者について、深部体温と体動・心拍の連続測定を行った。深部体温については運動習慣にそって運動を実施した日と非実施日の区分ならびに実施時間帯の区分を組み合わせ測定日を決定し、飲用したカプセル (Vitalsense<sup>®</sup>; Mini-Mitter社) からの深部体温発信を体外で受信する方法により実施した (図1参照)。また、体動・心拍の連続記録は、前胸部に装着した11日間連続測定可能な小型軽量計 (ActiHRセンサー; Mini-Mitter社) による体動と心拍の測定によりデータを入手した。さらに、生活習慣を変化させて、運動時間帯 (午前と午後に入れかえ) や運動量 (実施時間の延長または短縮) の差異が連続記録とそれから判定できる睡眠の量・質やリズムにど

のように影響するかを分析した。

フィールド研究は申請者と各分担者のそれぞれのフィールドで行い、人工気象室での実験的研究は富山大学医学部保健医学教室で共同で行った。

#### (3) 各基本的生活習慣のアンケート調査と深部体温および体動・心拍連続モニタリング結果 (指標化) の関連の分析

基本的生活習慣として取りあげた食事、運動、睡眠についてのアンケート調査から得られた情報と各生理学的指標の測定との突合を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 初年度の結果

① 深部体温、体動、心拍の連続モニタリング  
深部体温を飲用カプセル法で体動と心拍は同時測定とし、これらを入浴時も連続測定できるようにした。これらを包括的に診ることによって食事、運動、入浴、睡眠の基本的な生活行動を把握できた。

#### ② 生活行動の記録

食事では、朝食、昼食、夕食、そして睡眠の質に影響することが予測される夜食、そして運動では、作業・労作と散歩やスポーツ等さらには睡眠の質に影響する入浴を取り入れその実施時刻と内容を記録した。睡眠では就寝時刻と起床時刻そして起床時の睡眠の質のアンケートを実施した。これらの基本的な生活行動は相互に関連し、食事、運動、睡眠の良好な状況は「高い」生活の質と関連していた。

#### ④ 生活行動と機器による連続モニタリング記録との突合

食事では、摂食時に心拍数と深部体温の上昇が見られない事例があり、食事内容との突合によるその差異の究明が必要である。

運動・入浴では、運動で体動と心拍は1日の最大値を示し、入浴で深部体温が1日の最高値を示した。また、最大心拍数の60%の運動 (軽いジョギング) で、深部体温は0.5℃程度、40℃の入浴で深部体温は1.0℃程度上昇した。運動、入浴とも午前と午後で実施時間を変えても心拍数と深部体温の上昇度に差異は無かった。

睡眠では、体動・心拍と深部体温を組み合わせると就寝、起床時刻、睡眠中覚醒度を把握することができた。

#### (2) 2年度の結果

栄養・運動・休養に係わる日常生活行動を心拍、血圧、深部体温、体動などの連続記録から検討し、定量的な指標から健康づくりの評価に資する目的で、新たなる今日的な生活の局面を加え研究を実施した。

- ① 早朝起床時血圧上昇は、環境温の差異によって影響を受けた。すなわち低温時にはより血圧に上昇が高かった。ただし、早朝起床時の血圧上昇への環境温の差異には明瞭な季節差を認めなかった。
- ② 朝食によって心拍、血圧、深部体温のいずれも上昇したが、深部体温に関しては朝食の時刻による影響が明瞭で、体温上昇時間帯の朝食摂取が深部体温の際立った上昇ピークをもたらした。
- ③ 午後の深部体温の安定期における同程度の運動強度の床上運動と水中運動（34～35℃）では、生体指標では同程度の変化を示した。
- ④ 夜食の時間帯による生体指標の影響では、遅い夜食が各生体指標のサーカディアンリズムの振幅を減少させる方向に作用していた。
- ⑤ 睡眠潜時（就床から就寝までの時間）は、アルコール飲酒で短縮し、連続体動記録などの成績や睡眠の質に関する調査からは睡眠の質を低下させることが示された。

### （3）最終年度の結果

今年度は、朝食、運動、就寝の時間帯に焦点を当てて研究を行い、以下の結果を得た。

#### ① 朝食の時間帯

朝食（6時に起床し、1102kal；炭水化物104.9g、脂肪59.4g、蛋白36.5gの食事を、6:30～7:00、7:00～7:30、7:30～8:00の時間帯に摂食）の摂取時間帯順にその時間帯の深部体温（この間30分の深部体温を15秒間隔で測定し、1分間平均値で表示）の平均値が上昇し、それぞれ36.3℃（SD=0.28）、36.5℃（SD=0.21）、36.8℃（SD=0.16）で、いずれも朝食前15分間の平均値に比べて有意に上昇した。また、朝食時間帯の最低値と最高値は、6:30～7:00の36.5℃（SD=0.06）、7:00～7:30の36.8℃（SD=0.03）で両群に有意差がみられた。

#### ② 運動の時間帯

午前運動群（9:30から20分間のランニングと10分間の休憩を1単位として4単位で2時間これを行った）の運動中の平均深部体温は37.9℃

（SD=0.42）、午後運動群（午前中と同じ内容で15:30から行った）のそれは38.2℃（SD=0.26）で両群に有意差がみられた。運動時間帯を4分割して平均値を比較すると、3分割目が最高で、午後群で38.7℃、午前群で38.3℃、2分割目が次に高く、午後群で38.7℃、午前群で38.2℃でそれぞれに両群に有意差がみられた。

#### ③ 就寝の時間帯

日常の就寝時間帯が23:00～0:30の10人を実験的に23:00と0:30の就寝群に2分して睡眠中のアクティグラフ・深部体温を比較した。なお、睡眠は室温25℃、照度50lxで

行った。アクティグラフによる睡眠効率では、23時就寝群が92.2%、0:30時就寝群が76.8%で両群に有意差がみられた。睡眠中の平均深部体温では、前者が36.5℃（SD=0.25）、後者が36.3℃（SD=0.19）で両群に有意差がみられた。

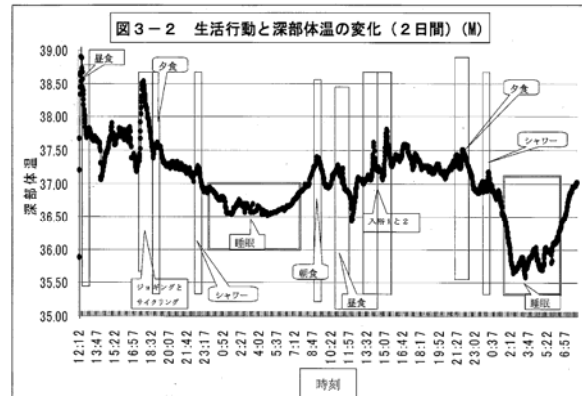


図1. 生活行動と深部体温（2日間連続記録）

### 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3件）

- 1) Wang H, Sekine M, Chen X, Yamagami T, Kagamimori S; Lifestyle at 3 years of age and quality of life (QOL) in first-year junior high school students in Japan: results of the Toyama Birth Cohort Study. Quality of Life Research (査読;有) 17, 2008, 257-265.
- 2) Gaina A, Sekine M, Hamanishi S, Chen X, Yamagami T, Kagamimori S; Epidemiological study of self-reported daytime sleepiness and associated factors in Japanese junior high school children. J Pediatrics, 151, 2007, 518-522.
- 3) 鏡森定信, Alexandru Gaina, 王紅兵, 新村哲夫, 関根道和, 立瀬剛志, 宮地正典; 飲用型カプセル深部体温計からみた日常生活行動. 日温気物医誌 (査読;有) 70, 2007, 227-237.

〔学会発表〕（計7件）

- 1) 鏡森定信, 立瀬剛志, 関根道和, 新村哲夫, 松原 勇; アクティグラフ・深部体温モニタリングによる日常生活行動の時間保健学的検討. 第18回日本疫学会学術総会, 2009年1月22-23日, 金沢.
- 2) 立瀬剛志, 関根道和, 須永恭子, 鏡森定信; 習慣的生活の変化による深部体温の

- 変化. 第 73 回日本民俗衛生学会総会, 2008 年 10 月 26-27 日, 横浜.
- 3) 鏡森定信, 新村哲夫, 関根道和, 王紅兵, 松原 勇, 立瀬剛志; 飲用カプセル体温計, ポータブル心拍・体動計による日常生活行動の評価. 第 73 回日本温泉気候物理医学会総会, 2008 年 5 月 16-17 日, 鳴子.
  - 4) 関根道和, 山上孝司, 鏡森定信; 小児肥満 7 つのチェックリストの作成. 第 18 回日本疫学会学術総会, 2008 年 1 月 25-26 日, 東京.
  - 5) 鏡森定信, 新村哲夫, 関根道和, 松原勇; 深部体温と心拍の連続測定からみた日常生活行動の評価. 第 66 回日本公衆衛生学会総会, 2007 年 10 月 24-26 日, 松山.
  - 6) 胡 莉珍, 関根道和, アレックス ガイナ, 鏡森定信; Association of sleep quality and smoking in Japanese civil servants. 第 77 回日本衛生学会総会, 2007 年 3 月 25-28 日, 大阪.
  - 7) 鏡森定信, 関根道和, 立瀬剛志, 松原 勇; 用カプセルによる深部体温による日常生活行動のモニタリング. 第 65 回日本公衆衛生学会総会, 平成 18 年 10 月 25-27 日. 富山.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鏡森 定信 (20019615)], 富山大学・事務局, 理事

### (2) 研究分担者

関根 道和 (30303225), 富山大学・大学院医薬学研究部, 准教授

新村 哲夫 (80360808), 富山県衛生研究所・環境保健部, 副主幹研究員

松原 勇 (70173862), 石川県立看護大学・看護学部, 教授

立瀬 剛志 (30397228), 富山大学・大学院医薬学研究部, 助教