

厚生省科学総合研究

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

平成11年度 研究報告書

平成12年3月

主任研究者 鏡 森 定 信

目次

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

総括研究報告

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 富山医科薬科大学保健医学 1

分担研究報告

保養プログラムの設定、実行、評価に関する研究

分担研究者 鏡森 定信 富山医科薬科大学保健医学 6

心拍変動のスペクトル解析による温熱環境が自律神経系に及ぼす影響の検討

分担研究者 笠島 茂 富山医科薬科大学医学部保健医学 11

入浴・アロマ浴と睡眠時自律神経活動

分担研究者 中川秀昭 金沢医科大学公衆衛生学

分担協力者 関根道和 富山医科薬科大学保健医学 15

温泉入浴の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究

分担研究者 本橋豊 秋田大学医学部公衆衛生学 17

添付資料 1 ストレス感・リフレッシュ感調査票 20

2 SF-36 健康調査票 21

3 OSA 睡眠調査票 25

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

総括研究報告

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 富山医科薬科大学保健医学 教授

研究要旨 気候—地勢および温冷刺激の保養効果を主として自律神経指標から評価することを目的に、臨地ならびに実験室において検討を行った。臨地における検討では、山岳あるいは高原の麓にある2箇所の保養・温泉地において2泊3日の保養プログラムを実施した。参加者にリラックスおよびリフレッシュ度を反映する健康調査をその実施前後で比較したところ統計的に有意に改善がみられた。

実験室における検討では、室温の変化に対して、心拍スペクトル解析から推測される心臓自律神経活動を観察すると、20 - 30℃では交感神経、副交感神経活動のいずれも安定しており、これより高温では交感神経、これより低温では副交感神経の活動がそれぞれ増大することが分かり、自律神経系に対する温冷刺激の目安を提示できた。

床温度（35 - 36℃）あるいは温浴（38 - 39℃）といった温度刺激を実験的にを行い、心臓自律神経活動や体温への影響を検討した。前者では睡眠中の床温度付加は、副交感神経活動の低下やサーカディアリズムの遅延といった変化をもたらし、場合によっては睡眠の質を減少させること、後者では温浴が睡眠中の副交感神経活動を増加させて、睡眠の質の向上に寄与する可能性が示唆された。

また、保養効果を自律神経機能から検討する際に重要となる深部体温のモニタリングに鼓膜温が有用であることを明らかにした。

A. 研究目的

日常的な休養とは異なり、保養には非日常性、すなわち居住地から離れた、例えば温泉地や気候温暖な土地で、日常生活を遮断した状況が想定される。そこでは、心身の緊張軽減（リラックス）や気分転換（リフレッシュ）が一般的に求められる。自然あるいは文化的資源に恵まれた保養地にゆっくり滞在することがこのような効果をもたらす。これには、日常的な労作あるいはストレス状況からの解放そして保養地の環境やそこで提供される各種サービスが影響する。勿論、保養の効果はこのような短期的な視点

からばかりではなく、長期的な視点からも論じられなければならない。すなわち、定期的に計画された保養をとるような健康的なライフスタイルは心身の良好な状況の維持そして傷病予防につながることになるからである。

本研究は短期的にみた保養の効果を増進するためのプログラムの心理—生理学的面からみた基本的事項に関する検討を目的に実施された。研究初年度はこのような視点からみて重要となるリラックス・リフレッシュに関する調査および自律神経系機能検査の保養効果指標について、臨地ならびに実験室における

研究を行った。

B. 研究方法

臨地での保養効果の検討は、本研究が保養要素として気候・地勢および温冷刺激を取りあげていることから、次の2箇所で行った。そのひとつは、標高 3,000メートルの連峰を有し、その 1,000 - 2,000メートルに高原ホテルや登山路・散策コースがある立山山岳地帯の麓の保養・温泉地である。他のひとつは、標高 500メートルの高原観光地の麓の B 保養・温泉地である。この2箇所で、2泊3日の保養プログラム(食費を含む全費用 22,000 - 24,000円)への参加者を公募で求めた。この参加者を対象に SF-36 健康調査 (Ware, et al, 1994) を実施し、さらに保養のリラックス・リフレッシュ効果をストレス感・充実感調査票 (Mackay et al, 1978) により検討した。

実験室での保養効果の検討は、本研究が保養要素として温冷刺激またその効果指標として自律神経系機能を取りあげていることから、温冷刺激では室内温度および床温度の変化そして温浴、保養の効果指標では、心拍スペクトル解析による交感神経/副交感神経の活動バランスを中心に検討した。

C. 研究結果

1) 臨地における保養効果について

A および B の保養・温泉地において、現地の担当者らと協議して、作成した 2泊3日の保養プログラムへの参加者は A 保養・温泉地で 6人 (全員女性、年齢

47 - 70歳)、B 保養・温泉地で 4人 (女性 3人、年齢 49 - 64歳; 男性 1人、67歳) であった。

SF-36 でみた参加者の健康度では、精神的健康度は 5人 (50%) が良、1人 (10%) がやや良、2人 (20%) が普通、1人 (10%) がやや低下、1人 (10%) が相当低下であり、身体的健康度は 8人 (80%) が普通、2人 (20%) がやや低下であった。両者の組み合わせでは、精神的健康度が良あるいは普通で、身体的健康度が普通である者が 6人 (60%) と過半数を占めていた。

ストレス感・充実感に関する調査では、保養プログラム開始直前の平均スコアが 66.8 (SD:19.9) で、終了時のそれが 79.5 (SD:11.8) で、ペア t 検定で統計的に有意 ($p < 0.05$) に上昇していた。

2) 実験室における保養効果について

(1) 室内温度の変化と自律神経活動心拍変動のスペクトルの時間変動例では室温を 15°C から 35°C に上げる過程で呼吸成分 (HF) が低下していくことが観察された。また、各室温における平均パワーをみると摂氏 20°C から 30°C にかけては自律神経活動の各成分とも有意な変化はなかった。しかし 15°C においては HF (副交感神経活動指標) が優位であり、35°C においては LF (交感神経および副交感神経活動指標)、VLF (皮膚交感神経活動指標) が優位であった。VLF、LF、HF の各心臓自律神経指標には温度要因が有意に関連していた ($p < 0.05, p < 0.01, p < 0.05$)。また VLF では時間要因も有意に関連していた ($p < 0.01$)。すなわち、時間にそって温度

をあげていく方が、温度ささげていくより温度に対する変化が大きかった。LHR (LF と HF の比; 交感神経活動指標) は温度要因、時間要因のいずれとも有意には関連していなかった。

(2) 床温度と自律神経活動

睡眠中に床暖房 (35°C - 36°C) を入れた場合に睡眠中の外耳道温は高く、ECG の RR 間隔は睡眠中に床暖房が有ると有意に低下していた。また、床暖房が有ると睡眠中に HF が有意に低下していた。睡眠中の LHR には床暖房の有無による差は認められなかった。

(3) 温浴と自律神経活動

心臓交感神経および副交感神経活動を反映する低周波領域 (LF)、心臓副交感神経活動を反映する高周波領域 (HF)、心臓交感神経活動と副交感神経活動の比 (LHR) は無入浴、淡水浴、アロマ浴の3群間で有意差を認めなかった。低周波領域の相対的パワー (LFnu)、高周波領域の相対的パワー (HFnu) は3群間で有意に異なり、LFnu は無入浴の日と比較し淡水浴の日は有意に低く、HFnu は有意に淡水浴の日が高値であった。アロマ浴の日の LFnu は無入浴より平均値は低く、HFnu は平均値は高かったが、有意ではなかった。OSA 睡眠調査では睡眠を評価するいずれの指標も3群間で有意差を認めなかった。

(4) 保養効果の指標としての鼓膜温について

鼓膜温、口腔温とも午前から午後にかけて温度の上昇を示すサーカディアンリズムを示した。最大値は午後5時であり、最低値は午前5時出会った。鼓膜温

と口腔温は有意な正の相関を示した ($r=0.728, p<0.01$)。

D. 考察

臨地における保養効果の検討に関しては、気候・地勢および温冷刺激といった条件に沿う保養地として山岳(A地)と高原(B地)の麓で温泉を有する箇所を選んだ。また自律神経指標による効果判定をめざしているところから、今回は心身の緊張の軽減(リラクセス)そして気分転換(リフレッシュ)といった交感神経系と副交感神経系のバランスに影響することが予測される主観的健康状態を調査した。

参加者には精神的健康度が「相当低下している者」や「やや低下している者」があったが、いずれも保養プログラム終了時にはストレス感・充実感で良好な状態に転じていた。100点を満点とした評価なので、開始時の平均66.5 (±21.0) の普通程度から、終了時の平均79.5 (±11.8) のやや良まで、上昇したことになる。

平成9年度の「健康保養地検討委員会報告」では1週間程度の保養を推奨しているが、今回の2泊3日は cost-effectiveness からみてより現実的な対応とも考えられる。今後、参加者をふやし、効果判定の内容も豊富にしながらさらに検討を行う必要がある。

室内温度の変化に対する心拍スペクトル解析の結果から、副交感神経の活動度は温度に対応して変化し、低温域で高く、高温域で低いが、20°Cから30°Cにかけては安定していることが示唆され

る。LFに環境温関連性がありLHRにそれがみられなかったのは、環境温変化への心臓交感神経自体の心拍数応答が小さく、その心拍数調整は圧受容体反射を介して心臓副交感神経が受動的に担っているものと考えた。LFの変化からみると心臓交感神経の活動性は心臓副交感神経とは反対に低温域で低く高温域で高い。温熱環境の変化がヒトの循環系に及ぼす影響をみると、環境温度が上昇すると身体核心部からの皮膚血流が著増し、逆に内臓、腎および筋への血流は減少する。右房圧は低下し心拍出量は増大するが、動脈圧はわずかに減少するか、ほとんど変化しない。このとき、動脈圧を維持するために心拍出量が増大するよう心臓交感神経が緊張し、かつ、心臓副交感神経活動性は減弱していると考えられる。また、皮膚交感神経活動性の水準が減弱し皮膚血流量が増す結果、相対的に皮膚血流量変動の動脈圧変動への寄与が高くなり、圧受容体反射を介する心拍変動の極低周波数領域の変動は増幅される可能性がある。このようにVLFは皮膚交感神経活動性と逆相関している可能性があり、今回の実験の結果でも環境温度が高くなるとVLFが上がる、すなわち皮膚交感神経活動性が低下することが示唆されている。なお、VLFの環境温度応答は時刻として午前から午後にかけて環境温度を上げるときには大きく、下げるときには小さくなることから、VLFに日内変動が存在していることも示唆された。

睡眠中の床温が心臓自律神経活動にどのように影響するかの検討では、床温

による体温の上昇が心拍に影響し、結果として睡眠時の副交感神経活動の上昇を抑えサーカディアンリズムを変化させる方向に作用することを示した。したがって、睡眠時の暖房では、安眠に対する逆効果も考えられるので、体温そしてその日内変動を考慮に入れた使用に留意する必要がある。

温浴の自律神経活動への影響については、温浴が、睡眠時の副交感神経活動の増加、反対に交感神経活動の低下をもたらす可能性が示唆された。睡眠深度の増大とともに副交感神経活動のそれも増加することが報告されており、脳波の連続記録という身体拘束性の大きい生体モニタリングを使用せずに、睡眠時のリラックス状況を知りえるという利便性の面からみて心拍スペクトル解析は有益な方法を思われる。しかしながら、主観的睡眠感調査では対照との間に統計的有意差がなかったことが今後の検討課題として残った。

保養における温冷刺激の効果についての自律神経機能からみた検討に際しては、深部体温のモニタリングが必須であるが、従来からこの目的で使用されている直腸温は被検者、まして保養の現場では受容され難い検査である。本研究ではそれにかわるものとして鼓膜温を利用したが、口腔温と同様に保養の現場で有用な指標として利用できるものと考えられた。

E. 結論

臨地における2泊3日の保養プログラムの検討では、自己記入式健康調査に

よりリラックス・リフレッシュ効果を示す結果が得られた。すなわち保養プログラム開始時に比較してその終了時に調査したストレス感・充実感のスコアが良好な方向に統計的に有意に変化していた。

実験室における温熱刺激による心臓自律神経系への影響に関する検討では、

- 1) 20 - 30°Cの室温範囲で自律神経活動の安定性がみられ、それより低温では副交感神経、それより高温では交感神経の活動性が高まること、
- 2) 床温は睡眠中の自律神経活動に影響し、床温が 35 - 36°Cに保たれている場合には、睡眠中の心臓副交感神経の活動がそしてサーカディアンリズムが変化する可能性あること、
- 3) 温浴により睡眠中の心臓副交感神経活動が増大されること、
- 4) リラックス・リフレッシュに強く関連する深部体温の指標として鼓膜温が利便性の面から奨められること、

以上のことなどから、保養プログラムにおいて温冷刺激が有用な要素であり、その効果が自律神経指標にも反映することを明らかにした。

F. 研究発表

(1) 論文発表

橋本 豊、樋口重和. 交代制勤務の健康影響、産業医学レビュー、Vol 12, 125-144, 1999.

(2) 学会発表

Kagamimori S., Sekine M., Izumi I., Ohmmura S., Liu Z. Matsubara I. and Sokejima S: Effects of taking Japanese style bath on sleep. 6th Annual Symposium on Complementary Health Care, 1999, 12, Exeter (UK).

Motohashi Y, et al. Circadian rhythm abnormalities of wrist activity of the institutionalized dependent elderly. International Congress on Chronobiology, Washington, September, 1999.

Higuchi S, Motohashi Y et al. Time-dependent effect of alcohol ingestion on EEG topography, event-related potential and mental performance. International Congress on Chronobiology, Washington, September, 1999.

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

分担研究報告

保養プログラムの設定、実行、評価に関する研究

分担研究者 鏡森 定信 富山医科薬科大学保健医学 教授

研究要旨 気候・地勢および温冷刺激の保養効果を自律神経指標により評価することを最終目的とした初年度の研究で、その基本となる保養プログラムを試行し検討した。山岳または高原の麓に位置する保養・温泉地で、運動、温泉浴を含む休養および会食を包括した2泊3日の保養プログラムを作成した。女性9人、男性1人、平均年齢47.0 (SD=7.2)歳の10人がこのプログラムに自主的に参加した。

保養プログラム開始時のストレス感・充実感の平均スコア(100点満点)は66.5 (SD=21.0)で終了時のそれは79.5 (SD=11.8)で、統計的に有意な保養効果を示した。

A. 研究目的

気候・地勢および温冷刺激の保養効果をフィールドで実際に評価するために、参加者に受け入れられる保養プログラムおよび評価指標を使用して試行・検討する。

B. 研究方法

山岳または高原の麓にあるAおよびBの保養・温泉地で今回の保養プログラムを、現地の社会文化的資源も活用して検討作成した。その期間は2泊3日、保養プログラムの内容としては、運動、休養さらには会食を通じて心身の緊張の軽減（リラックス）そして気分転換（リフレッシュ）を図るものとした。参加料金は現地集合で朝夕は勿論昼食も含めてA地は24,000円B地は22,000円とした。参加者を公募より集った。

参加者は基本的な身体計測（身長、体重、血圧）そして急性期の疾病やその症状のチェックとSF-36心身健康度調査（Ware, et al, 1994）およびストレス感と充実感に関する調査（Mackay et al, 1978）を受けたあ

と保養プログラムに入った。また3日目の保養プログラム終了時にはストレス感と充実感に関する調査を再度実施し、前後の比較を行った。

C. 研究結果

AおよびBの保養・温泉地において、現地の担当者らと協議して、作成した2泊3日の保養プログラムを表1, 2に示した。参加者はA保養・温泉地で6人（全員女性、年齢47-70歳）、B保養・温泉地で4人（女性3人、年齢49-64歳；男性1人、67歳）であった。

保養プログラム参加者の性、年齢、SF-36およびストレス感・充実感スコアを表3に示した。

SF-36でみた参加者の健康度では、精神的健康度は5人（50%）が良、1人（10%）がやや良、2人（20%）が普通、1人（10%）がやや低下、1人（10%）が相当低下であり、身体的健康度は8人（80%）が普通、2人（20%）がやや低下であった。両者の組み合わせでは、精神的健康度が良あるいは普通

で、身体的健康度が普通である者が 6 人 (60%) と過半数を占めていた。

ストレス感・充実感に関する調査では、保養プログラム開始直前の平均スコアが 66.8 (SD:19.9) で、終了時のそれが 79.5 (SD:11.8) で、ペア t 検定で統計的に有意 ($p<0.05$) に上昇していた。

D. 考察

本研究では、気候・地勢および温冷刺激といった条件に沿う保養地として山岳(A地)と高原(B地)の麓で温泉を有する箇所を選んだ。また自律神経指標による効果判定をめざしているところから、今回は心身の緊張の軽減(リラックス)そして気分転換(リフレッシュ)といった交感神経系と副交感神経系のバランスにそれが反映することが予測される主観的健康状態を調査した。

SF - 36 によれば、参加者には精神的健康度が「相当低下している者」や「やや低下している者」があったが、いずれも保養プログラム終了時にはストレス感・充実感で良好な状態に転じていた。100 点を満点とした評価なので、開始時の平均 66.5 (±21.0) の普通程度から、終了時の平均 79.5(±11.8) のやや良まで、動いたこととなる。

平成 9 年度の「健康保養地検討委員会報告」では 1 週間程度の保養を推奨しているが、今回の 2 泊 3 日は cost - effectiveness からみてより現実的な対応とも考えられる。今後、参加者をふやし、効果判定の内容も豊富にしながらさらに検討を行いたい。

E. 結論

山岳あるいは高原の麓にある保養・温泉地において 2 泊 3 日の保養プログラムを実

施したところ、参加者のストレス感・充実感に関する健康度のスコアの平均値は開始時の 66.5 (SD=21.0) から終了時の 79.5 (SD=11.8) へと統計的に有意に改善した。

F. 研究発表

学会発表

Kagamimori S., Sekine M., Izumi I., Ohmmura S., Liu Z. Matsubara I. and Sokejima S: Effects of taking Japanese style bath on sleep. 6th Annual Symposium on Complementary Health Care, 1999, 12, Exeter (UK).

表2. B温泉地における保養プログラム (平成11年10月13日～15日実施)

1日目 (10月13日)

								オリエンテーション 開講式	森林ウォーク	入浴 (温泉)	夕食・休憩	健康講座 (温泉と健康)	休憩	消灯・睡眠			
								13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

2日目 (10月14日)

起床	森林浴	朝食	移動	休憩 (栄養・運動・ チェック)	命科学館で生活習 慣 (栄養・運動・ チェック)	国際健康プラザ生 命科学館で生活習 慣 (栄養・運動・ チェック)	昼食	習セミナー 「温泉と健康」実 践スタジアムで	国際健康プラザ健 康スタジアムで		移動	夕食・休憩 (入浴)	星空鑑賞・パノラ マ展望台	休憩	消灯	
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

3日目 (10月15日)

起床	朝食			牛岳温泉を利用 した健康浴また は牛岳登山	昼食	閉講式		
6	7	8	9	10	11	12	13	14

表 3. 保養プログラム参加者の性、年齢、SF - 36およびストレス感・充実感スコア

参加者NO	保養・ 温泉地	性	年齢 (歳)	SF - 36		ストレス感・充実感	
				身体的健康度	精神的健康度	前	後
1	A	女	47	53 (普通)	30 (相当低下)	70	94
2	A	女	70	44 (やや低下)	60 (良)	78	71
3	A	女	60	44 (やや低下)	56 (やや良)	62	74
4	A	女	60	46 (普通)	59 (良)	76	83
5	A	女	64	52 (普通)	46 (普通)	42	69
6	A	男	65	52 (普通)	62 (良)	80	86
7	B	女	51	50 (普通)	40 (やや低下)	28	68
8	B	男	67	57 (普通)	61 (良)	100	97
9	B	女	64	50 (普通)	60 (良)	77	89
10	B	女	52	49 (普通)	45 (普通)	52	64
計 10 人			47±7.2	49.7±3.9	51.9±10.4	66.5±21.0	79.5±11.8

平成11年度厚生科学研究健康科学総合研究事業
分担研究報告

心拍変動のスペクトル解析による温熱環境が自律神経系に及ぼす影響の検討（その1）

笠島 茂 富山医科薬科大学医学部保健医学 講師

A. 研究目的

覚醒時および睡眠時の生活温度の範囲内で、自律神経の活動度が温度に依存してどのように変動するかを検討することを目的とした。

B. 対象と方法

喫煙していない健康な男性9名（平均年齢21.0歳（SD 0.84）、平均BMI21.4kg/m²（SD 1.34））を対象とした。冬期において、午前9時から、室内温度を摂氏15℃から35℃まで（または35℃から15℃まで）、5度ずつ段階的に変化させた。各段階で、臥位の姿勢で、直腸温および前胸部皮膚温が一定になってから20分間、心電図波形、呼吸活動度、直腸温、前胸部皮膚温、室内温度その他を連続的にレコーダー（DAT）に記録し500HzでA/D変換してコンピュータに取り込んだ。RR間隔に関しては、DATとは別に、実験中全ての期間にわたってホルター心電図にも取り込んだ。呼吸頻度はメトロノームを用いて毎分12回（0.2Hz）に制御した。各段階から256秒間の時系列を3カ所きりとり、スペクトル解析を行った。全帯域（0.5Hz以下）のパワーに対する極低周波数帯域（0.025Hz以下）、低周波数帯域（0.05-0.15Hz）、および高周波数帯域（0.15-0.3Hz）のそれぞれの寄与度をVLF、LF、およびHFとし、

さらに、LFとHFの比をLHRと定義した。HFを心臓副交感神経活動度の指標、またLFとLHRを心臓交感神経活動度の指標とした。20℃から30℃の3段階を一つの水準とし、他の段階と合わせ3水準からなる温度要因を定義し、また、15℃から35℃に室温を上昇させて制御したグループとその反対のグループの2水準からなる時間要因を定義し、VLF、LF、HF、およびLHRに関する2元配置分散分析を行った。

C. 研究結果

心拍変動のスペクトルの時間変動では室温を15℃から35℃に上げる過程で呼吸成分（HF）が低下していくことが観察された。各室温における平均パワーと標準誤差を図1に示した。摂氏20℃から30℃にかけては各成分とも有意な変化はなかった。15℃においてはHFが優位であり、35℃においてはLF、VLFが優位であった。VLF、LF、HFには温度要因が有意に関連していた（ $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.05$ ）。また、VLFでは時間要因も有意に関連していた（ $p<0.01$ ）。正し、LHRは温度要因、時間要因のいずれとも有意には関連していなかった。

D. 考察

これらの結果から、副交感神経の活動度は

温度に対応して変化し、低温域で高く、高温域で低いが、20℃から30℃にかけては安定していることが示唆される。すなわち、この温度帯域での測定であれば比較可能性が高いとも言えよう。LFに環境温度関連性がありLHFにそれがないのは、環境温度変化への心臓交感神経自体の心拍数応答が小さく、その心拍数調整は圧受容体反射を介して心臓副交感神経が受動的に担っているものと考えられる。LFの変化からみると心臓交感神経の活動性は心臓副交感神経との反対に低温域で低く、高温域で高い。温熱環境の変化がヒトの循環系に及ぼす影響をみると、環境温度が上昇すると身体核心部からの皮膚血流が著増し、逆に内臓、腎および筋への血流は減少する。右房圧は低下し心拍出量は増大するが、動脈圧はわずかに減少するか、ほとんど変化しない。このとき、動脈圧を維持するために心拍出量が増大するよう心臓交感神経が緊張し、かつ、心臓副交感神経活動性は減弱していると考えられる。また、皮膚交感神経活動性の水準が減弱し皮膚血流量が増す結果、相対的に皮膚血流量変動の動脈圧変動への寄与が高くなり、圧受容体反射を介する心拍変動の極低周波数領域の変動は増幅される可能性がある。

このように、VLFは皮膚交感神経活動性と逆相関している可能性があり、今回の実験の結果でも環境温度が高くなるとVLFが上がる、すなわち皮膚交感神経活動性が低下することが示唆されている。なお、VLFの環境温度応答は時刻が午前から午後にかけて環境温度を上げていくときには大きく、下げていくときには小さくなることから、

VLFに日内変動が存在していることも示唆された。

E. 結論

室内温度変化と自律神経活動との関連を検討した。室温20-30℃では、心臓交感神経と副交感神経そして皮膚交感神経活動のいずれも安定しており、これより低温では心臓副交感活動の増加、これより高温では心臓交感神経活動の増加と皮膚交感神経活動の低下がみられた。

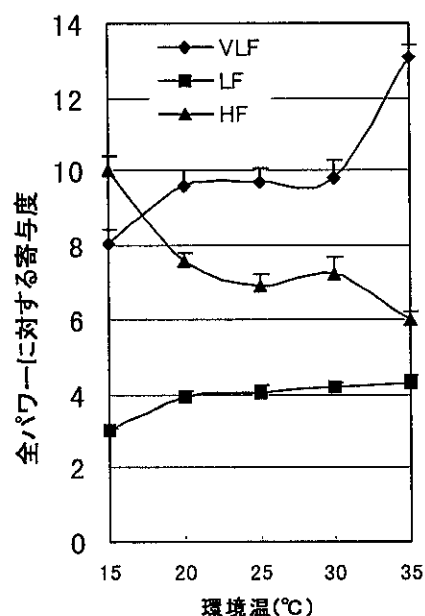


図1 心拍変動のスペクトル解析によって評価された自律神経系活動性の環境温度依存性変化

VLF、LF、HFはそれぞれ、心拍変動スペクトルパワーの極低周波数成分(0.025Hz以下)、低周波数成分(0.05-0.15Hz)、高周波数成分(0.15-0.3Hz)の全パワーに対する寄与度。図には寄与度の平均値と標準誤差(n=27)を示した。

心拍変動のスペクトル解析による温熱環境が自律神経系に及ぼす影響の検討（その2）

A. 研究目的

夜間睡眠時の床暖房使用による温熱環境の変化が、心拍の RR 間隔変動に対するスペクトル解析によって評価される自律神経の活動の日内変化に及ぼす影響を検討した。

B. 研究方法

冬季の2週間において、健康な3名の男性被検者（年齢:19-38歳, BMI:20.7-23.0）を、1名ずつ、温水式床暖房(TOYOX)が設置されている室内(32.2平方メートル)に午後9時から翌々日の午前9時までの36時間起居させた。睡眠は床の上に直接敷かれた和式の布団の中でとらせた。1日目の午後11時から2日目の午前7時までは床暖房を切り、その他の時間帯は床暖房を入れた。床温度は暖房時で摂氏35-36度に保った。床温度を含む環境温度を温湿度記録計(横河電機)を用いて記録した。ホルター心電計(日本光電)と体温モニター装置(GRANT)を被検者に携帯させ、心電図ならびに外耳道内体温を記録した。心拍の時系列を1,000秒ごとに区分し、各区間でそれぞれ5分間のbeat-by-beatのRR間隔変動を最小自乗法によるスペクトル解析にかけた。0.15-0.25Hzの帯域に現われた最大ピークの寄与度(HF)を副交感神経の活動度の指標とし、一方、0.05-0.15Hzの最大ピークの寄与度(LF)とHFの比(LHR)を交感神経の活動度の指標とした。入眠時点から8時間を3つの睡眠区間([1], [2] および [3], 時間比 9:9:10)に分けそれぞれの区間の記録を解析した。各区間の床暖房の有無の層別に各区間による相違は一元配置分散分析を用

いて検討した。

C. 研究結果

床暖房の有無にかかわらず睡眠区間の進行につれて体温は低下した(図1)。また、何れの睡眠区間においても床暖房を入れた場合に体温は高かった。RR間隔は睡眠区間[1]、[2]では床暖房が有ると有意に低下した(図2)。また、床暖房が有るとRR間隔の上昇が遅延した。床暖房が有ると睡眠区間[2]でHFが有意に低下していた(図3)。また、床暖房が無い場合、睡眠区間[2]から[3]にかけてHFが有意に低下していたが、床暖房が有る場合、むしろ、上昇する傾向があった。LHRには床暖房の有無による、また睡眠区間による差は認められなかった。

D. 考察

床暖房による体温の上昇が心拍の変動からみて睡眠時の副交感神経の活動の上昇を低下ならびに遅延させているものと考えられる。従って、睡眠時の暖房の利用にあたっては体温の日内変動を考慮に入れる必要があるといえよう。

E. 結論

睡眠中に床温度を付加した場合の心臓自律神経活動の変化を検討した。睡眠中に床温度で暖房されているときは、心臓副交感神経活動の低下あるいはそのサーカディアンリズムの遅延が観察され、睡眠の質からみた場合、その利用に留意する必要がある。

図1 各睡眠区間の平均外耳道温

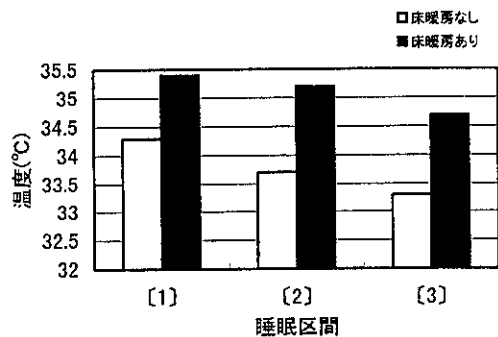


図2 各睡眠区間の平均RR間隔(M±SE)

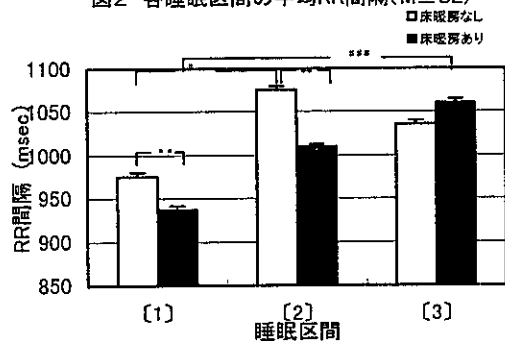
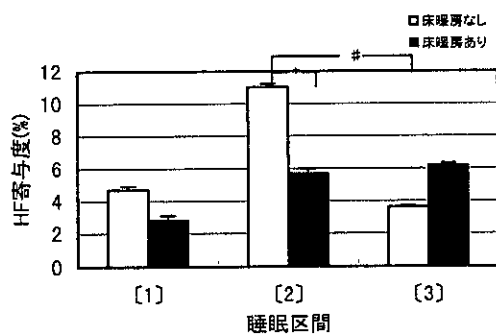


図3 各睡眠区間の平均HF寄与度(M±SE)



*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.01(対応のある標本の T 検定)

#p<0.05, ###p<0.01(Scheffe's 検定)

分担研究項目：入浴・アロマ浴と睡眠時自律神経活動

分担研究者 金沢医科大学公衆衛生学教授 中川秀昭
分担協力者 富山医科薬科大学保健医学助手 関根道和

研究要旨

入浴やアロマ浴の心身のリラックス効果について、睡眠時心拍変動からの自律神経解析を用いた客観的な評価と、OSA 睡眠票を用いた主観的な評価を行なった。対象は 22 才から 25 才の健康で非喫煙の大学生 6 名。非入浴日・淡水浴・アロマ浴（ラベンダー）を行ない、睡眠前にホルター心電図を装着し翌朝まで RR 間隔を記録。得られた RR 間隔変動から高速フーリエ変換によりスペクトルの推定を行い、自律神経活動評価を行なった。また翌朝覚醒時に OSA 睡眠調査票を記入し睡眠感の評価を行なった。検定にはフリードマン検定を用いた。その結果、淡水浴の日には非入浴日に比較して、副交感神経指標が有意に高値であり、逆に交感神経指標は有意に低値であった。アロマ浴は非入浴日に比較して副交感神経優位であったが有意差はなかった。OSA 睡眠調査票は 3 群間で有意ではなかった。入浴は夜間睡眠時の副交感神経活動性を高める可能性が示唆された。

A. 研究目的

近年、代替医学に対する関心の高まりから、心身をリラックスさせ QOL を高めると考えられる各種の方法論が、盛んに試みられている。しかし、そのほとんどは科学的根拠に乏しい。

最近、心電図 RR 間隔変動の周波数解析からの自律神経活動評価が盛んに行われるようになった。この解析では低周波成分 (0.04-0.15Hz) と高周波成分 (0.15-0.40Hz) の 2 つ周波数成分が検出され、それぞれ、交感神経、副交感神経活動と関係があるとされる。そこで今回、入浴とアロマバス入浴の入眠中の生体へ及ぼす効果を、心拍変動スペクトル解析を用いて客観的・定量的に評価するとともに、あわせて自覚的な睡眠感を OSA 睡眠調査票を用いて評価した。

B. 研究方法

対象 対象は 22-25 歳の非喫煙、非肥満の健康成人男性 6 名。

実験プロトコル 就寝前の過ごし方として①入浴しない日、②淡水浴入浴、③アロマバス入浴（ラベンダーオイル）、の 3 つの過ごし方を、無作為に約 1 週間おきに行い、夜間睡眠時の心電図 RR 間隔を測定した。実験日は、過度の運動やカフェイン摂取・アルコール摂取を控えた。入浴日は、湯の温度は 38-39℃となるよう調節し、午後 10 時頃から約 30 分間入浴。アロマバス入浴時には用いるエッセンシャルオイル 5 滴をキャリアオイル 5cc に溶解して浴槽に投与した。入浴後、20℃前後に調整した静かな室内にて安楽に過ごし、午後 11 時頃にホルター心電計（日本光電社製）装着して就寝した。約 8 時間の睡眠をとり、翌朝覚醒時に終了した。入浴のない日も同様に機器を装着し、入浴しないで午後 11 時に就寝した。翌朝覚醒時に OSA 睡眠票に記入した。

心拍変動解析 睡眠開始から 3 時間の RR 間隔データについて、256 秒毎に心拍変動スペクトル解析を行い、総パ

ワー (TP)、低周波成分とその正規化単位 (LF と LFnu)、高周波成分とその正規化単位 (HF と HFnu)、及び両指標の比 (LHR) の 3 時間の平均値を算出した。このうち HFnu は副交感神経指標として、LFnu、LHR は交感神経指標として用いられる。

睡眠感の評価 OSA 睡眠票は 31 項目よりなり、それぞれの項目を 6 段階評価で回答する。31 項目のそれぞれ重みづけされた尺度値を用いて得点化され、最終的に睡眠についての 5 つの因子 (1 ねむけの因子、2 睡眠維持の因子、3 気がかりの因子、4 統合的睡眠の因子、5 寝つきの因子) の得点が算出される。この得点は集団において平均 50 点標準偏差 10 となるよう標準化されている。今回は、この 5 つの得点を睡眠感の変数として解析に用いた。

統計解析 各症例について 3 群間の自律神経指標、OSA 睡眠得点をフリードマン検定により、有意差検定を行ない、有意差の認められた指標についてウイルクソン検定を用いて多重比較を行った。p < 0.05 (両側) を有意とした。

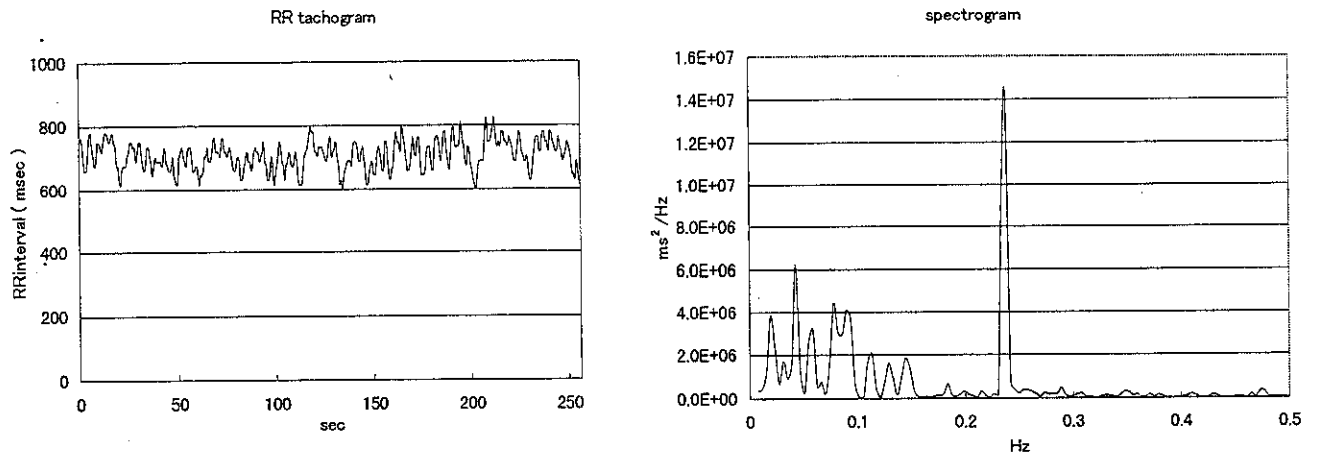
C. 研究結果

図に典型的なタログラムとスペクトルグラムを示した (図)。TP、LF、HF、LHR は 3 群間で有意差を認めなかった。LFnu、HFnu は 3 群間で有意に異なり、LFnu は非入浴の日と比較し淡水浴の日は有意に低く、HFnu は有意に淡水浴の日が高値であった。アロマ浴の日の LFnu は無入浴より平均値は低く、HFnu は平均値は高かったが、有意ではなかった (表 1)。OSA 睡眠調査票はどの指標も 3 群間で有意差を認めなかった (表 2)。

D. 考察・結論

以上から、入浴は、睡眠時の副交感神経活動の亢進、交感神経活動の低下を来す可能性が示唆された。アロマ浴は入浴以上の効果を認めなかった。また自覚的睡眠感の入浴方法で異ならなかった。

図. 256 秒間の RR 記録より得られた典型的なタコグラムとスペクトルグラム



256 秒間の RR 記録より得られた典型的なタコグラム(左)とスペクトルグラム (右)。解析では各 256 秒間の各周波数帯のパワーの 3 時間分の平均値を求めて比較に用いた。

表 1. 睡眠時心拍変動解析の各周波数帯の 3 群間の比較

	無入浴の日 (平均±標準偏差)	淡水入浴の日 (平均±標準偏差)	アロマ浴の日 (平均±標準偏差)	Friedman P value
TP (ln ms ²)	18.27±17.14	18.32±17.27	18.23±17.50	NS
LF (ln ms ²)	12.76±12.52	12.62±12.35	12.41±12.18	NS
HF (ln ms ²)	12.95±12.39	13.23±12.43	12.95±12.09	NS
LHR	0.86±0.46	0.63±0.32	0.74±0.45	NS
LFnu (%)	38.85±11.50*	31.14±11.99*	34.83±14.88	p<0.05
HFnu (%)	64.14±11.50*	68.85±11.99*	65.17±14.88	p<0.05

*p<0.05 (multiple comparisons)

副交感神経指標とされる HFnu は無入浴の日と比較して淡水入浴の日で有意に高値であり、逆に交感神経指標とされる LFnu は無入浴の日と比較して淡水入浴の日で有意に低値であった。アロマ入浴の日は無入浴の日と比較して平均値は LFnu で低値、HFnu で高値であったが有意ではなかった。

表 2. OSA 睡眠調査票による各因子の睡眠得点の 3 群間の比較

	無入浴の日 (平均±標準偏差)	淡水入浴の日 (平均±標準偏差)	アロマ浴の日 (平均±標準偏差)	P value
1. ねむけの因子	49.12±6.8	46.35±10.4	48.73±11.4	NS
2. 睡眠維持の因子	44.90±6.5	41.72±9.9	41.53±7.1	NS
3. 気がかりの因子	50.78±5.8	48.09±9.0	50.38±9.7	NS
4. 統合的睡眠の因子	46.32±7.9	44.10±11.8	44.60±11.8	NS
5. 寝つきの因子	45.99±9.8	44.19±10.6	42.69±8.5	NS

OSA 睡眠調査票による各因子の睡眠得点の比較では、入浴方法の違いによる睡眠得点の有意な差を認めなかった。

温泉入浴の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究

分担研究者 本橋豊 秋田大学医学部教授(公衆衛生学講座)

研究要旨： 保養効果の指標としての深部体温に関する基礎研究として、鼓膜温のサーカディアンリズム変動を測定し口腔温と比較した。その結果、鼓膜温は口腔温同様、午前から午後にかけて上昇するサーカディアンリズム変動を示し、簡便な方法で正確な深部体温測定が行えることを確認した。次に、気候・地勢・温冷刺激の保養効果の指標としての直腸温の有用性について調べる実験を行った。ここでは二つの異なる照度条件に暴露後の夜間における直腸温の推移を連続測定し、低照度条件下では高照度条件と比較して直腸温の下降が大きい傾向が認められた。直腸温を指標として休息の効果を評価できる可能性が示唆された。

(1) 保養効果の指標としての深部体温に関する基礎的研究

A. 研究目的

深部体温が気候・地勢および温冷刺激の保養効果の指標としての有用であることを明らかにすることを目的とする。ここでは深部体温としての鼓膜温のサーカディアンリズム変動を明らかにする。

B. 研究方法

従来より深部体温の指標としては直腸温の測定が標準的方法として確立している。また、簡便な深部温の推定方法として口腔温の測定も広く行われている。最近新たな深部体温測定法として鼓膜温の測定が開発され注目を浴びている。保養効果の判定を行う基礎的指標として鼓膜温を用いることを前提に、鼓膜温のサーカディアンリズムを測定した。健康な成人男性8名(平均年齢24.3歳)を対象に、ファイバ式鼓膜体温計(SHIMAZU HK-7200)を用いて、午前8時から翌日の午前5時まで、2時間おきに鼓膜温の測定を行った。同時にこれまで簡便な深部温測定指標と

して用いられている口腔温の測定(オムロン電子体温計 MC-3)も行った。測定値が安定するまで、鼓膜温は約3-4分、口腔温は約2-3分を要した。環境温度は $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度は $40 \pm 5\%$ であった。

(倫理面への配慮) 被験者に対して、書面によるインフォームド・コンセントをとった後、研究を開始した。

C. 研究結果と考察

結果を図1に示した。鼓膜温、口腔温とも午前から午後にかけて温度の上昇を示すサーカディアンリズムを示した。最大値は午後5時であり、最低値は午前5時であった。鼓膜温と口腔温は有意な正の相関を示した($r=0.728$, $p<0.01$)。鼓膜温は口腔温同様、自律神経指標としての深部温の評価指標として用いることができるものと考えられた。鼓膜温を保養効果の指標として用いる場合にはサーカディアンリズムの存在を念頭において結果を解釈する必要がある。

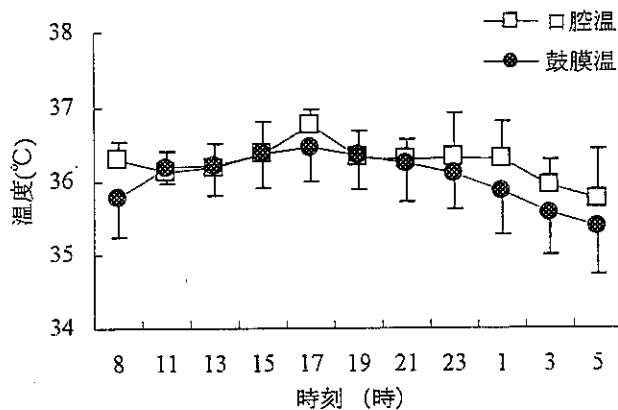


図1. 鼓膜温と口腔温のサーカディアンリズム変動

(2) 気候・地勢および温冷刺激の保養効果指標としての直腸温の有用性に関する研究—保養地における休息時の照度条件が直腸温のサーカディアンリズムに及ぼす影響

A. 研究目的

保養地において昼間の活動を行った後の休息をどのような環境条件下で取るかが、保養効果の発現に重要であると考えられる。今回、我々は保養地における夜間の効果的な休息条件を明らかにする目的で、健康成人を対象として、夜間休息時の照度条件の意義を明らかにする予備的研究を行った。

B. 研究方法

対象者は成人男子(21歳)であり、良く外界に同調した条件下で、二つの異なる照度条件(100 lux と 1000 lux)で夜間の休息と睡眠を取らせて、直腸温の連続的測定を行った。被験者は午後10時から直腸温測定を開始し、翌日の午前8時まで連続的に測定を行った。本研究は環境温度と相対湿度を厳密に統制した実験室で行った。環境温度は $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度は $40 \pm 5\%$ で一定とし

た。

(倫理面への配慮) 被験者に対して、書面によるインフォームド・コンセントをとった後に研究を開始した。

C. 研究結果と考察

結果は図2に示すとおりであった。低照度条件下では高照度条件下に比べて夜間の直腸温の低下が大きく、睡眠時にもこの傾向は変わらなかった。高照度条件下では被験者の覚醒レベルが高く保たれるために、直腸温の低下が抑制されるのではないかと推測された。

深部温を指標とした保養効果の発現には休息時の環境照度条件が影響している可能性が示唆されることから、保養プログラムの策定にあたってはこの点を十分に考慮する必要がある。また、直腸温を指標として保養効果の照度条件のような環境条件の影響を鋭敏に検出することが可能であることが示されたことから、直腸温は保養プログラムの効果判定を行うための自律神経指標として妥当であるものと考えられた。今後、例数を増やして今回の研究結果をさらに強固なものにしていく予定である。