

Table 5. Effect of rates of subjective happiness and pain (knee and back)

	Intervention group I (n=19)				Control / Intervention group II (n=14)				Difference between two groups
	Baseline	After 3mo.	After 1y. follow-up	Baseline	Follow-up/ Baseline	After 6mo. follow-up	After 1y. follow-up		
Subjective happiness* (%)	68.7 ± 11.8	71.0 ± 16.0	67.5 ± 18.8	66.8 ± 15.0	68.1 ± 17.3	69.8 ± 17.2	68.5 ± 18.0	ns for all pairs	
Knee pain (%) †	17.2 ± 19.8	16.6 ± 25.6	15.6 ± 16.9	23.0 ± 24.1	23.3 ± 21.1	24.0 ± 25.7	21.2 ± 17.9	ns for all pairs	
Back pain (%) †	23.5 ± 28.4	14.2 ^a ± 21.5	20.5 ± 27.3	24.6 ± 23.0	26.2 ^b ± 20.1	17.7 ± 19.2	17.7 ± 17.1	p<0.05 between a and b	

[note]

Value (Visual Analogue Scale): mean ± SD. * 100%: maximal happiness, 0%: maximal unhappiness. † 100%: maximal pain, 0%: no pain.

Two sample t test (Welch test) of differences two groups. Paired t test of difference within group. Tested after root transform of knee and back pain (VAS)
ns: not significant.

Table 6. Psychological tests

	Intervention group I (n=19)				Control / Intervention group II (n=14)				Difference between two groups
	Baseline	After 3mo.	After 1y. follow-up	Baseline	Follow-up/ Baseline	After 6mo.	After 1y. follow-up		
POMS (T-score)									
- Tension	45.3 ± 6.3	43.2 ± 6.0	47.2 ± 6.9	47.7 ± 6.8	44.3 ± 5.3	44.9 ± 4.6	43.5 ± 7.7	ns for all pairs	
- Depression	46.3 ± 6.1	46.0 ± 5.1	49.8 ± 8.9	47.3 ± 4.8	47.4 ± 4.6	46.1 ± 5.0	45.6 ± 5.5	ns for all pairs	
- Anger	45.1 ± 6.6	44.3 ± 5.5	46.6 ± 6.2	46.7 ± 5.4	46.3 ± 5.1	44.4 ± 4.0	44.2 ± 5.5	ns for all pairs	
- Vigor	52.3 ± 10.5	54.1 ^a ± 8.1	52.7 ± 10.5	55.7 ± 7.6	55.4 ± 6.3	60.3 ^b ± 8.3	57.8 ± 8.7	p<0.05 between a and b	
- Fatigue	44.2 ± 6.0	43.5 ± 5.8	47.9 ^c ± 7.6	44.7 ± 6.3	45.2 ± 8.3	42.6 ± 5.0	42.7 ^d ± 4.8	p<0.05 between c and d	
- Confusion	45.9 ± 7.5	45.2 ± 5.8	49.5 ± 7.8	49.5 ± 6.8	47.3 ± 6.8	45.4 ± 5.9	46.2 ± 4.6	ns for all pairs	
Self-rating depression scale (pts)	31.8 ± 7.5	29.8 ± 5.6	32.1 ± 6.3	32.5 ± 6.1	32.1 ± 6.3	29.7 ± 6.4	27.9 ± 6.1	ns for all pairs	

[note]

Value: mean ± SD. Two sample t test (Welch test) of differences two groups. Paired t test of difference within group. ns; not significant * p<0.05

厚生労働科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

分担研究報告書

中高年を対象とした温泉利用と生活・運動指導の有効性に関する無作為化比較研究

分担研究者 矢崎 俊樹（財）日本健康開発財団・主席研究員

研究協力者 上馬場 和夫 櫻田 惣太郎 滝上 節子 高林 千佳子
高島 寧子 許 鳳浩 小川 弘子（富山県国際健康プラザ）
上岡 洋晴（身体教育医学研究所）

研究要旨

温泉利用と生活・運動指導を組み合わせた総合的健康教育の健康増進効果を、無作為化比較試験によって検討した。40～65歳の一般住民中高年女性ボランティア89名（58±8歳）に文書による同意を取得した後、①生活指導と運動のみ群（29例）、②生活指導と運動＋温泉入浴群（29例）、③対照群（31例）の3群に無作為に割付し、3ヶ月間の指導を行った。これら3群間で、年齢、BMI、血圧、心拍数、体脂肪率、食習慣、運動習慣、心理検査値などに有意差を認めなかった。①群の運動は60分間週2回とし、②群では30分間の運動と30分間の水中運動に30分間の温泉入浴を、週2回行わせた。

結果は、運動のみ群で、抑鬱度の有意な軽減、運動＋温泉入浴群では不安・緊張の有意な軽減を認めた。有意な体重減少や血圧の低下、最大酸素摂取量の増大は①と②群において認めたが、体力検査では、①群で全身反応時間や閉眼片足立ちで有意な向上を認めた。しかし、血清総コレステロールと中性脂肪値、動脈硬化指数〔(総コレステロール-HDLコレステロール)/HDLコレステロール〕は、①群ではむしろ増加傾向を示し、②群でのみ有意な減少を認めた。なお、3群間の食習慣や運動量の変化には有意差を認めなかった。以上の結果から、生活・運動指導に温泉入浴プログラムを併用する総合的健康教育が健康増進効果を持つことが示された。現在、介入終了から2年後の再評価のためのフォローアップ期間となっている。

キーワード：温泉入浴、水中運動、生活・運動指導、無作為化比較試験、中高年女性

A. 研究目的

温泉を活用した運動プログラムの効果は伝統的に知られているが、平成15年度日本健康開発財団の報告¹⁾や上岡ら²⁾、広田ら³⁾により、現代医学的にも実証されてきた。

今回、温泉利用と生活・運動指導を組み合わせた総合的健康教育を12週間行うことによる体格、体力、精神・心理面の変化などに加えて、血液生化学的変化についても、無作為化比較試験によって

検討した。

B. 研究方法

1) 対象者：40～65歳までの女性の被験者ボランティアを、近隣住民の中から募集した。被験者の条件として、温泉を活用した健康づくりをしていない未体験者で、現在医療をうけていない者とした。試験に関して十分に説明し文書による同意が得られた被験者を無作為に3群に分割し、89名（59±8歳）の参加者を得た。

2) 群別：3群とは、①運動・生活指導群（運動のみ群と呼ぶ）：富山県国際健康プラザ総合指導コースを3ヶ月間体験し、その間、生活指導10回と週2回60分間の運動プログラムのみを受ける女性、29名（58±7歳）。②運動・生活指導+温泉入浴群（運動+温泉群と呼ぶ）：富山県国際健康プラザ総合指導コースを3ヶ月間体験し、その間、生活指導10回と週2回30分間の運動プログラムと温水プールでの水中運動か水中歩行を30分間、種々の温泉への入浴を30分間からなるプログラムを行う女性29名（59±7歳）。③対照群：富山県国際健康プラザ総合指導コースは受けない群で、通常の生活を3ヶ月間行う女性31名（58±6歳）である。

3) 生活・運動指導の内容：各群の処方比較を、表1に示した。さらに写真①-21には、富山県国際健康プラザ総合指導コースの概要と、運動プログラムと温泉療法プログラムを示したが、①群での主運動時間を60分と設定したため、②群における主運動+水中運動の合計も60分に一致するように、30分間ずつとした。

生活指導の内容は、聴講対象者を②群+③群として、講義時間は、1時間～1時間半とした。

講義は、トレーニングと同一日とは限らないで行った。講義内容は、以下の1.～10である。

1. オリエンテーションと前測定
2. 栄養講座（正しい栄養の取り方）
3. 温泉の効果と入浴方法
4. 温泉入浴、水中運動、浮遊浴
5. 生活習慣と健康のツボ
6. 医学講座（生活習慣病講義）
7. 調理実習（調理の体験）
8. 運動講座（正しい運動の取り方）
9. 休養講座（正しい休養の取り方）
10. 後の効果測定とそのまとめ

これらの内容は、写真14-21に示している。

4) 実施期間：実験は、平成15年12月～平成16年3月まで3ヶ月間で行われた。

5) 評価項目：温泉利用と生活・運動指導をくみあわせた総合的健康教育前後での被験者の検査内容は、以下のA.からE.までの5領域とした。

- A. 医学面：身体計測（BMI, %FAT）と共に、尿・血液生化学検査、血清脂質検査、尿糖、尿蛋白、GOT, GPT, BUN, TC, TG, HDL-C, Atherogenic Index = 動脈硬化指数 = (TC-HDL)/HDL、血圧を測定する。問診では、生活習慣病の有無や程度について質問を行う。
- B. 運動面：問診での運動量や活動量の推定、体力測定として運動負荷試験を行う。
- C. 食事内容・食習慣調査：摂取栄養素や摂取カロリーの推定、食習慣についての質問表
- D. 休養面：休養状態や休養習慣の評価
- E. 心理面：POMSにより不安・緊張、怒り・敵意、抑鬱、活力、混乱、疲労を計量心理学的に評価した。また、SDS（自己評価抑鬱度）も使用した。

6) 倫理的配慮：なお、本研究は、身体教育研究所倫理委員会と富山県国際伝統医学センターの双方の承認あるいは報告の下に行われ、十分な説明の後に文書による同意を取得して行われた。

7) 統計解析：ノンパラメトリックな指数に関しては、3ヶ月の前後での群内での変化を Wilcoxon signed rank test により検定し、パラメトリックな数値については paired-t-test により検定した。3ヶ月間の群間の差は、対応のある二元配置分散分析によりおこなった。いずれも有意水準は0.05とした。

C. 研究結果

1) 群間の被験者の差（表1）

運動のみ群で1名、運動+温泉群で1名、対照群で3名の脱落やデータの欠損が認められた。全て自己都合や身内の不幸などによるものであり、本研究における処方による障害をうけた例はなかった。最終的に、各3群のエントリ数は28例ずつとなった。これら各群28例の被験者の年齢、BMI、体脂肪率、血圧、心拍数などのプロフィール、喫

煙者数（各群で1例ずつ、5-10本/日）、飲酒や他の生活習慣についても、各群間で差を認めなかった（表1）。

以下各群28例の結果について解析した。

2) 心理的变化（表2）

各群における前値の有意な差はみとめられなかった。

運動のみ群では、3ヶ月間のトレーニング前後において、POMSの結果によると、抑鬱や怒り・敵意、混乱の有意な減弱と、活力の有意な増大が認められた。SDSによる抑鬱度の低下も有意なものであった（ $p < 0.05$, Wilcoxon signed rank test）。一方、運動+温泉群では、不安・緊張や抑鬱、怒り・敵意、疲労が前後において有意な減弱を認められたが、SDSでの抑鬱度の変化には有意差を認めなかった。対照群では有意に変動した項目はなかった。

3) 体重と血圧の変化（表3）

運動のみ群と運動+温泉群の双方において、体重、体脂肪率、BMI、安静時最高血圧、安静時心拍数の有意な低下を認めた。ただし、運動+温泉群では、最低血圧値にも有意な低下を認めた（ $p < 0.05, 0.01$, paired-t-test）。対照群では有意に変動した項目は認められなかった。しかし、3群あるいは2群間での有意差を認めた項目はなかった。

4) 体力測定値の変化（表4-1、4-2）

運動のみ群、運動+温泉群ともに、最大負荷強度、最大酸素摂取量の有意な増大を認めた（ $p < 0.05$, paired-t-test）。しかし、群間での差は認めなかった（表4-1）。

また、30秒間の上体おこし回数は、運動のみ群と運動+温泉群、対照群の全群で、長座位体位前屈については、運動のみ群と運動+温泉群において有意な向上をみた（ $p < 0.05$, paired-t-test）しかし、運動のみ群で、全身反応時間や閉眼片足立ちの有意な向上が認められた（ $p < 0.05$ ）（表4-2）。

5) 血算の変化（表5）

運動のみ群で、ヘモグロビン値の有意な上昇を認めた（ $p < 0.05$ ）。

6) 血液生化学的検査値の変化（表6-1、6-2）

運動+温泉群においては、動脈硬化指数が有意に減少した。対照群では有意な上昇をみた（ $p < 0.05$, paired-t-test）。ただし、両群間の交互作用は認められなかった（対応のある二元配置分散分析）。一方、運動のみ群では動脈硬化指数は、有意な変動ではないが増大を認めている。血清GOTの変動は、運動+温泉群で増加を、対照群で減少をみているが、正常範囲内の変化であった（表6-1）。

血清総コレステロールと中性脂肪値は、運動+温泉群でのみ、有意な減少を認めている（ $p < 0.05$, paired-t-test）。中性脂肪値は、2群あるいは3群間での有意な差を認め、運動+温泉群では他の群との交互作用を認めた（ $p = 0.007$, 対応のある二元配置分散分析）。対照群では中性脂肪値に有意な増加（ $p < 0.05$, paired-t-test）を認めているが、GPT値や γ -GTP値の有意な減少も認められている。

7) 食習慣や運動量の変化（表7）

3群において問診から得られた食習慣や運動習慣などの変化には有意差はみとめられなかった。さらに、血清脂質の変化を認めたことから、特に食習慣の3群での変化を、摂取量をカテゴリ化することにより検討した。大豆製品料理の量ときのこと・海藻料理の量は、運動のみ群、運動+温泉群、さらには対照群においても3ヶ月の前後での有意に増加した。運動のみ群では、さらに野菜料理の量、いも料理の量が増加しているが、炒め物などの量も増加している（ $p < 0.05$, Wilcoxon signed rank test）。

また、表には示さないが、歩行時間や歩数を記載させて総運動量を概算した結果では、3群では類似しており有意差はなかった。

D. 考察

今回参加した被験者の3群については、年齢、BMI、血圧、心拍数、体脂肪率、食習慣、運動習慣、

心理検査値、喫煙、飲酒などのプロフィールに有意差を認めなかったことからランダム性が支持された。

そのような状況で、心理的变化については、運動のみ、運動+温泉群の双方でPOMSの指数の改善を認めた。しかし運動のみ群で、活力が増大し、SDSによって評価される抑鬱度が有意な改善をみていることは、運動のみ群だけで全身反応時間や閉眼片足立ちなどの運動能力の向上が認められたことを考慮すると、運動により快活になり、抑鬱度が軽減したことが考えられる。しかし、運動のみ群では、不安・緊張の減少は有意ではなく、運動+温泉群でのみ有意な低下をみたことは、温泉入浴が不安・緊張を低下させる効果を賦与したことが推定される。

それ以外にも、運動によるトレーニング効果は、体力測定値の改善や体重関連指標の減少にも如実に現れている。運動+温泉群でも体力の増強や体重関連指標の減少は認められている。

しかし、血清脂質（総コレステロール、中性脂肪）や動脈硬化指数には、運動のみ群では、むしろ上昇がみとめられた。今回問診表で食事内容を調査したため厳密ではないが、食事の量は、運動のみ群では、むしろ野菜などを多くとるようにしているということから、食事の影響は考えられない。炒め物を有意に多く摂取するようになっているが、運動+温泉群でも有意ではないが、炒め物の量は増加傾向にある。

中性脂肪値は、対照群で有意な増加をみているが、運動のみ群でも有意ではないが平均値は増加している。しかし、運動+温泉群では有意な減少をみており、群間での交互作用も有意に存在している。総コレステロールも運動+温泉群で有意な減少を認め、それが動脈硬化指数の減少へと繋がっている。

中性脂肪や総コレステロールの増加は、交感神経緊張状態で増加することが知られていることから、今回の運動のみ群では運動の継続が活力の増加や抑鬱度の減弱をもたらしたけれども、交感神経機能も亢進させて、血清の中性脂肪などは増加のもとにもなったという可能性があるだろう。通常は、運動の継続により副交感神経優位状態がもたらさ

れるはずであるが、今回、最高血圧の低下を認めながらも、最低血圧は有意に低下しておらず、運動の過剰がストレスになった可能性は否定できない。

しかし、運動+温泉群では、温泉や水中運動などが、リラックス効果を発揮させ、副交感神経の活動レベルを向上させて、最高と最低血圧の双方の低下と、血清脂質の低下をもたらしたことが推定できる。但し、これらは今後、尿中カテコラミンレベルの経時的な測定により検討することが必要であろう。

今回の週2回1時間から1時間半のトレーニングは、健康づくりに熱心な人たちなら楽に受け入れられる時間であるが、そのように運動をする場合、適当に水中や温泉に浸かることが、運動プログラムの弊害をなくす可能性があることが示唆された。最近行われているエアロビクスによる貯筋運動などでは、体力や血圧への効果は報告されているが、血液生化学的変化の結果についてあまり報告されていない。今回の我々の結果は、運動プログラムが体力や血圧などでなく、血液成分への変化をも注目すべきであることを示唆するものである。現在、介入終了から2年後の再評価のためのフォローアップ期間中となっている。

E. 結論

生活指導を週1回約1時間、運動実践を週2回60分間行う総合的健康教育により、体重の減少、体力測定値の向上、精神状態の向上などが得られることが示された。さらに、温泉を活用して、週2回、運動実践30分間に、温泉入浴30分間と水中運動30分間を加えることで、コレステロールや中性脂肪、動脈硬化指数などの改善が認められ、総合的な健康増進効果が得られることが示唆された。

40～65歳女性のみを対象としたことも一因である可能性はあるが、生活・運動指導と温泉や温水での温泉療法とを組み合わせた総合的健康教育の有効性を支持する結果が得られた。しかし、最終的な評価は経年変化の結果に基づいて下すべきである。

【参考文献】

- 1) (財)日本健康開発財団：「温泉利用型健康増進施設の実証事業検討会」報告書、平成15年3月.
- 2) 上岡洋晴、岡田真平、武藤芳照、矢崎俊樹：温泉利用と生活・運動指導を組み合わせた総合的健康教育の有効性に関する研究、日本温泉気候物理医学会雑誌 2003; 66(4) : 239-248.
- 3) 広田直実、成瀬優知：運動浴が地域高齢者の身体機能に及ぼす影響、日本未病システム学会雑誌 2002; 8(2) : 136-137.

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

第70回日本温泉気候物理医学会(富山)にて発表
する予定

H. 知的財産権の出願登録

なし

表1 本実験における各群のメニュー

	生活指導	運動プログラム	温泉入浴プログラム	
			温泉入浴	水中運動
運動のみ	10回/3ヶ月	8-9回/1月 主運動 60分 歩行やバウリング	なし	なし
運動・温泉群	10回/3ヶ月	8-9回/1月 主運動 30分	8-9回/1月 30分間 打たせ湯、寝湯 足湯、ミストサウナ	8-9回/1月 30分間 水中歩行または、 水中運動
対照群	なし	なし	なし	なし

<富山県国際健康プラザ総合指導コース>



写真1 採血

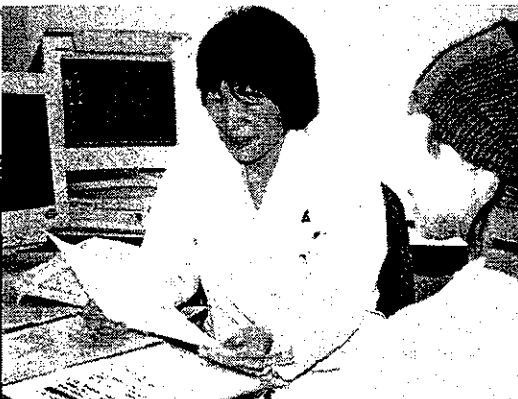


写真2 医師の診察

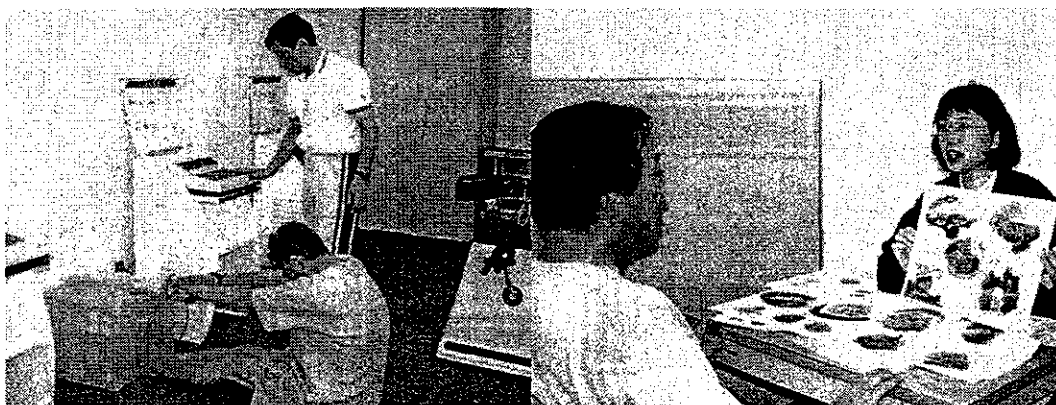


写真3 体力測定

写真4 栄養チェック

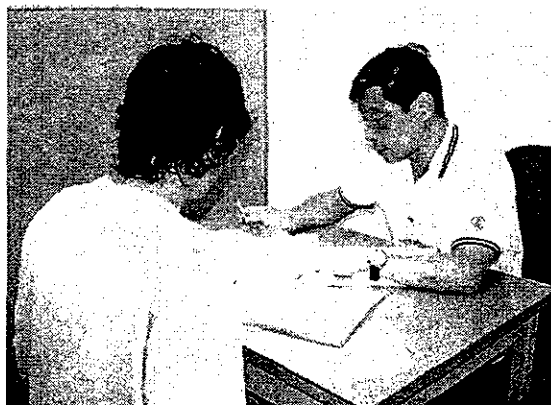


写真5 運動・栄養・休養処方



写真6 マンツーマンの指導

<運動プログラム：主運動の内容>



ウォーキング



自転車こぎ



汗かきステップ



貯筋運動

写真7. ウォーキング、8. 自転車こぎ、9. ステップ、10. 貯筋運動などを30分間（運動+温泉入浴群）～60分間（運動のみ群）行う

<温泉療法プログラムの内容>



写真 11. 水中ウォーキング、12. みんなでアクア：水中ウォーキングや水中運動を30分間



写真 13 温泉入浴プログラム（かけ湯、半身浴、全身浴、寝湯、足浴の温冷浴、打たせ湯、ミストサウナを、各3-5分間ずつサキットで体験し、合計30分間）

<生活指導の内容>



写真 14 医師による健康相談



写真 15 栄養指導

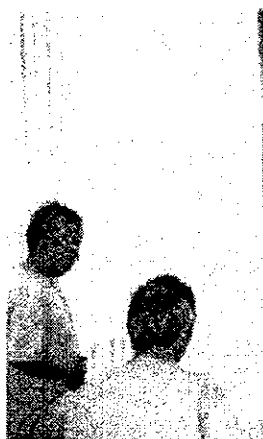


写真16 休養法指導



写真17 運動指導



写真18 水中運動の指導



写真19 温泉入浴の指導



写真20 調理実習

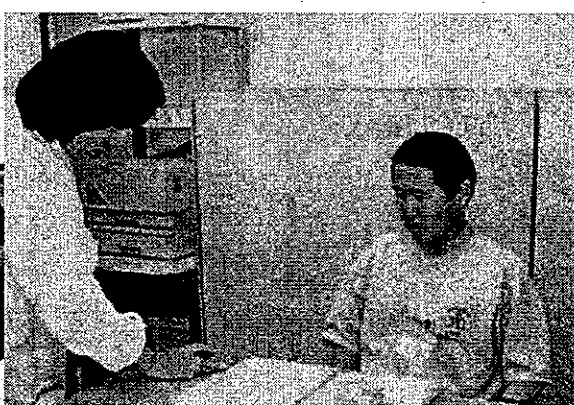


写真21 生活習慣病の説明

<温泉入浴プログラムの具体的内容>

【目標】

- ①心臓など体に負担を与えない：心拍数を守る、静水圧に注意する、40-41℃
- ②温熱効果を高める：短時間頻回浴、温冷浴
- ③リラックス効果を得る：広い場所で、心地よさや静けさを体験

【具体的方法】

- ① コップ1杯の水分摂取
 - ②心拍数の数え方：10秒間を6倍する→90-100 前後の指示された拍数で。
↓
 - ③かけ湯：手足36℃、手足42℃、頭部36℃ 各5回づつ
↓
 - ④全身浴あるいは半身浴しながら、準備体操、ストレッチ、腹臥位
温熱で痛みが軽減するので、関節運動による柔軟体操が可能となる。
50肩や膝痛、腰痛にも楽に関節運動ができる。
↓
 - ⑤寝湯：足裏刺激、膝裏刺激（膝痛、腰痛にはよい）
↓
 - ⑥足湯（温冷浴）：冷浴する時には、息を吐き出しながら入って歩く。
↓
 - ⑦打たせ湯：肩こり、腰痛のマッサージになる。垂直に当たるように。
↓
 - ⑧ミストサウナ：内部でゆっくりと深呼吸：温度が高いと免疫機能向上
↓
 - ⑨温水プールに入る：暑くなった体を冷ます。
↓
- 巡回する

①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨ サークットで入る→①→②→③→④→
各1-5分間、合計で30分間、何巡でも可能。
理由：回数を何度かにわけて、温水を体験すると、温熱効果が倍増する。

【注意】

- 気分が悪くなったらすぐにでる。
- 気分がすぐれない日には入らない。
- 長湯はしない。
- コップ1杯の水分摂取を入浴前後で心がける。

表1 各群のプロフィール

群別	人数	項目	年齢	身長	体重	体脂肪率	BMI	最高血圧	最低血圧	心拍数
		単位	歳	cm	kg	%	kg/m ²	mmHg	mmHg	bpm
運動のみ群	28	av	58	153	57	31.5	24.2	136	76	70
		sd	7	5	9	6.0	3.6	19	10	13
運動+温泉群	28	av	60	152	56	32.3	24.3	134	76	68
		sd	5	4	7	6.6	3.4	21	11	14
対照群	28	av	57	152	54	31.2	23.3	131	73	68
		sd	6	6	7	7.1	3.1	18	11	13

上記項目について、群間の差を認めない

av : 平均値、sd : 標準偏差

表2 各群における心理的検査の変化

群別	時期	項目	不安・緊張	抑鬱	怒り・敵意	活力	疲労	混乱	自己評価抑鬱度
運動のみ (N=28)	前値	av	8.9	*9.3	*8.6	*14.2	5.9	**7.8	*37.5
		sd	4.4	6.8	5.4	4.8	3.7	3.4	7.4
	後値	av	7.9	5.9	6.1	15.9	5.0	6.0	33.6
		sd	4.7	5.0	5.2	5.7	3.8	3.2	6.5
運動+温泉 (N=28)	前値	av	**9.3	**10.0	**9.3	15.3	*6.8	7.9	35.8
		sd	4.7	8.4	7.2	6.3	5.7	3.8	8.5
	後値	av	7.3	6.0	5.7	16.3	4.4	6.6	33.6
		sd	3.1	6.3	5.1	7.1	3.2	3.1	8.4
対照 (N=28)	前値	av	9.4	10.1	10.6	14.4	7.7	7.2	36.7
		sd	4.5	9.4	8.1	4.9	5.6	3.9	7.7
	後値	av	9.0	10.1	10.6	14.6	6.9	7.3	35.2
		sd	4.3	9.7	8.1	5.0	4.9	3.4	7.3

*p<0.05、**p<0.01、Wilcoxon signed rank testにて、前後差を認めるもの

av : 平均値、sd : 標準偏差、pre : 前値、post : 後値

表3 体重&血圧の変化

群別	測定項目		体重	体脂肪率 イ ンデックス	BMI	安静時最 高血圧	安静時最 低血圧	安静時心 拍数
	時期	単位	kg	%	Kg/m ²	mmHg	mmHg	bpm
運動 のみ (N=28)	前値	av	**56.6	**31.5	**24.2	**136.2	76.3	*70.4
		sd	9.4	6.0	3.6	19.1	10.3	13.4
	後値	av	55.5	30.2	23.6	123.1	74.1	64.7
		sd	9.3	5.6	3.5	18.4	9.4	9.8
運動+ 温泉 (N=28)	前値	av	**56.4	**32.3	**24.3	*134	*76.3	**67.6
		sd	7.4	6.6	3.4	20.9	10.7	13.8
	後値	av	55.2	30.5	23.7	124.6	72.6	60.5
		sd	6.7	5.6	3.1	18.3	10.1	8.0
対 照 (N=28)	前値	av	54.0	31.2	23.3	131.4	73.0	67.6
		sd	6.8	7.1	3.1	18.5	10.8	12.6
	後値	av	54.0	31.3	23.3	126.4	72.8	69.5
		sd	6.9	6.3	3.1	19.5	10.6	11.2

*p<0.05、**p<0.01、paired-t-testにて、前後差を認めるもの

av：平均値、sd：標準偏差

表4-1 体力測定値の変化

群別	測定項目		主観的運動強 度	最大負荷強度	最大酸素摂取量 (実測)	運動持続時間
	時期	単位	スコア	ワット	ml/kg/min	分
運動 のみ (N=28)	前値	av	12.5	*82.0	**31.4	*5.5
		sd	2.4	20.2	6.3	1.4
	後値	av	13.6	88.6	33.5	6.0
		sd	2.5	17.0	5.3	1.1
運動+ 温泉 (N=28)	前値	av	12.7	**85.6	**32.3	**5.8
		sd	3.3	17.4	4.2	1.2
	後値	av	13.8	91.4	34.4	6.1
		sd	2.4	15.8	4.0	1.0
対照 (N=28)	前値	av	12.5	78.0	31.4	5.3
		sd	2.0	20.9	4.5	1.3
	後値	av	13.5	80.7	32.4	5.4
		sd	3.1	17.5	4.2	1.2

*p<0.05、**p<0.01、paired-t-testにて、前後差を認めるもの

av：平均値、sd：標準偏差、ランプ負荷であるため、負荷強度と運動持続時間は同じ意味

表4—2 運動能力検査の各群での結果

群別	測定項目		上体おこし	握力	垂直とび	長座位体 前屈	全身反 応時間	閉眼片足 立ち
	時期	単位	回/30秒	kg	cm	cm	ms	秒
運動 のみ (N=28)	前値	av	**7.8	24.7	29.6	*14.5	*461.4	*24.8
		sd	5.5	4.8	5.5	6.7	95.2	24.4
	後値	av	9.7	25.4	30.0	15.9	429.9	37.9
		sd	6.4	4.8	5.3	6.4	80.3	31.6
運動+ 温泉 (N=28)	前値	av	**8.4	24.1	26.1	**10.8	458.3	19.4
		sd	5.1	4.2	5.5	9.0	65.2	18.2
	後値	av	11.0	23.9	27.2	13.4	472.3	30.3
		sd	4.6	3.8	5.1	8.4	84.1	27.9
対照 (N=28)	前値	av	*7.3	24.2	29.3	15.2	446.9	25.5
		sd	6.2	4.0	4.3	7.5	58.1	33.4
	後値	av	9.0	24.2	29.3	14.3	452.8	29.5
		sd	6.4	4.0	4.5	7.5	65.2	33.3

*p<0.05、**p<0.01、paired-t-testにて、前後差を認めるもの

av：平均値、sd：標準偏差

表5 血算の結果

群別	測定項目		RBC	WBC	Hb	Ht	Platelet
	時期	単位	10 ⁴ /cmm	/cmm	g/dl	%	10 ⁴ /cmm
運動の み (N=28)	前値	av	432	5300	*13.3	39.6	27.2
		sd	26	900	1.0	2.8	5.1
	後値	av	441	5500	13.5	40.0	27.4
		sd	25	1500	1.0	2.9	5.9
運動+ 温泉 (N=28)	前値	av	438	5700	13.4	40.0	26.6
		sd	36	2600	0.8	2.6	6.3
	後値	av	442	5800	13.6	40.4	26.7
		sd	33	2100	0.9	2.5	5.7
対照 (N=28)	前値	av	435	5300	13.4	39.9	26.7
		sd	37	1300	1.1	3.1	5.7
	後値	av	439	5300	13.5	40.2	27.0
		sd	35	1100	1.1	3.1	6.6

*p<0.05、**p<0.01、paired-t-testにて、前後差を認めるもの

av：平均値、sd：標準偏差

表6-1 血清生化学的検査の結果(1)

群別	測定項目		FBS	HDL-C	AI	TP	alb	A/G	GOT
	時期	単位	mg/dl	mg/dl		mg/dl	mg/dl		IU/ml
運動のみ (N=28)	前値	av	97.9	62.1	2.7	7.7	4.5	1.4	21.9
		Sd	17.3	12.9	0.9	0.4	0.2	0.2	5.2
	後値	av	99.1	62.6	2.8	7.7	4.5	1.5	22.0
		sd	15.7	14.1	1.0	0.4	0.2	0.2	5.4
運動+温泉 (N=28)	前値	av	97.3	58.9	**3.3	7.7	4.5	1.4	*23.6
		sd	14.7	15.3	1.4	0.4	0.2	0.2	5.7
	後値	av	98.9	60.9	3.0	7.6	4.5	1.5	25.8
		sd	13.7	16.2	1.1	0.4	0.2	0.2	8.0
対照 (N=28)	前値	av	91.7	69.3	**2.5	7.6	4.4	1.4	*26.2
		sd	7.3	13.4	0.8	0.4	0.2	0.1	8.4
	後値	av	95.4	68.2	2.7	7.6	4.5	1.4	24.1
		sd	11.4	12.7	0.9	0.4	0.3	0.2	6.8

*p<0.05、**p<0.01、paired-t-testにて、前後差を認めるもの

av: 平均値、sd: 標準偏差、AI: Atherogenic index(動脈硬化指数)

表6-2 血清生化学的検査の結果(2)

群別	測定項目		GPT	Cre	UA	BUN	TC	TG	γ-GTP
	時期	単位	IU/ml	mg/dl	mg/dl	mg/dl	mg/dl	mg/dl	IU/ml
運動のみ (N=28)	前値	av	19.5	*0.6	4.6	14.8	222.1	83.9	24.2
		sd	8.9	0.1	1.1	3.1	30.9	31.4	21.3
	後値	av	19.9	0.6	4.6	15.0	227.5	90.9	23.6
		sd	8.4	0.1	1.2	3.5	41.3	48.9	16.8
運動+温泉 (N=28)	前値	av	23.0	0.6	4.5	13.7	*239.5	*115.5	30.0
		sd	10.8	0.1	1.0	2.8	35.7	50.2	22.4
	後値	av	23.7	0.6	4.4	13.9	228.0	+95.0	26.5
		sd	11.0	0.1	1.0	3.9	43.3	33.3	23.1
対照 (N=28)	前値	av	**22.3	0.6	4.4	15.1	235.3	**77.6	*22.9
		sd	9.0	0.1	1.1	3.3	33.6	32.5	15.2
	後値	av	18.3	0.6	4.4	14.6	241.3	98.8	18.6
		sd	6.8	0.1	0.9	2.9	32.4	44.7	9.2

* p<0.05、**p<0.01、paired-t-testにて、前後差を認めるもの

av: 平均値、sd: 標準偏差

+ : p<0.05 前後での対応のある二元配置分散分析にて、交互作用あり

表7 各群における食習慣の変化

		大豆製 品料理 の量	野菜料 理の量	緑黄色野 菜の量	いも料 理の量	きのこ、海 草料理の 量	揚げ物 の量	炒め物等 の量
運動 のみ	前平均	*2.5	*3.1	2.8	*1.8	*2.5	1.2	*1.6
	後平均	2.9	3.6	2.9	2.1	2.6	1.4	2.1
運動+ 温泉	前平均	*2.4	3.4	2.8	2.2	*2.5	1.4	2.0
	後平均	2.7	3.5	3.1	2.1	2.9	1.5	2.3
対照	前平均	*2.4	3.5	2.7	1.9	*2.3	1.3	2.3
	後平均	2.8	3.6	2.9	1.9	2.7	1.4	2.3

* p<0.05、**p<0.01、Wilcoxon signed rank test にて、前後差を認めるもの
 カテゴリ変数の平均値であるが、理解のために平均値を小数点1位で示した

厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)
分担研究報告書

安全で有効性の高い温泉療法と生活・運動指導プログラムの開発
— 温熱負荷による免疫能・抗酸化能の変化と生理機能 —

分担研究者 上馬場 和夫 富山県国際伝統医学センター次長
研究協力者 矢崎 俊樹(日本健康開発財団)
許 鳳浩、田川 美貴(富山県国際伝統医学センター)
唐木 智明(富山県立大学工学部電子情報工学科)
伊藤 要子(愛知医大核医学センター)
上岡 洋晴(身体教育医学研究所)

研究要旨

15年度の温泉入浴に関する研究の結果、60分の運動のみだけでなく30分間の温泉入浴を加えることで、BMI、体力などとともに、血清脂質、心理的検査などの全般的な健康増進効果が得られた。そこで、温泉入浴プログラムの作用機序の解明と標準化を行うべく、温泉入浴による温熱負荷で起こる生理的・生化学的変化を測定し、HSP70 (Heat Shock Protein 70)の生成量や酸化ストレスの程度と、心拍数など生理学的指標との関連性を求めることを試みた。

さらに、温泉療法における温熱負荷量を持続的にモニターすることで、生体に対して安全で有効な温泉入浴の標準的プログラムを提供できるよう、入浴中に心拍数や呼吸数、各種体温を測定できるユビキタス生体ヘルスセンサーの開発に向けた基礎的データの採取を試みた。

14名の健康成人被験者(37±6歳)を対象にして、心拍数、呼吸、直腸温を含む各種体温を測定しながら、単回の部分浴(対照座位、38℃、43℃の30分間淡水足浴)による生化学的・免疫学的変化(血算、脂質、血漿カテコラミン、CD4/CD8、尿中8(OH)dG/クレアチニンなど)を測定した。また予備的に、43℃30分の温熱負荷によるmRNAの変化をDNAチップにより網羅的に解析した。

その結果、心拍数と呼吸、鼓膜温を測定してテレメトリーで送信するシステムと5名の心拍を送信するシステムを試作した。ただし、測定精度を高める必要性が残った。また43℃30分間の単回足浴による温熱負荷により、心拍数20回/分、直腸温0.4℃、舌下温0.8℃、鼓膜温約0.9℃の上昇が起こり、自律神経系の変化と酸化ストレスによる尿中8OHdGの排泄増加が認められ、HSP70や脂質代謝に係わるmRNAの発現も検討された。温熱負荷による直腸温の変化にはラグが見られたが、鼓膜温や舌下温、特に心拍数は迅速に反応した。また、心拍数や体温が、酸化ストレスと相関したことから、温熱負荷を推定する指標として、心拍数と鼓膜温や舌下温などが利用できることが示された。また、温熱負荷により酸化ストレスがかかることが示され、温泉入浴における生活指導として抗酸化成分摂取の必要性が示唆された。

キーワード: 温熱刺激、足浴、心拍数、体温、ユビキタス生体ヘルスセンサー、酸化ストレス

A. 研究目的

平成15年度における温泉入浴に関する厚生労働科学研究において、60分の運動をする運動のみ群28例と、30分間の運動と30分間の水中運動に30分間の温泉入浴を加えた運動+温泉入浴群28例、対照群28例を比較した結果、運動のみ群も、運動+温泉入浴群も、共に、体重や体脂肪率、血圧、心拍数、体力、心理的検査などの改善をみとめながら、中性脂肪や総コレステロール、動脈硬化指数 $[(TC-HDL-C)/HDL-C]$ については、運動+温泉入浴群だけが、改善を認めた¹²⁾。

当該研究における温泉入浴プログラムには、30分間の水中運動(30℃)と30分間の温泉入浴(39-41℃)が含まれていることから、水中運動の効果が、脂質の改善に大きく関与していることは十分に推定できる。しかし、水中運動において中心となる温泉の浮力や静水圧、粘性などだけでなく、温泉入浴の基本的作用である温熱作用と温泉の化学的作用も関与していることも否定はできない。温泉を使うことの意義を明らかにするためには、水中運動だけでなく、温泉入浴による作用機序の解明と、温泉入浴プログラムの標準化を行う必要があると考えられる。

前述のように、温泉入浴の作用には幾つかの要素が関与しているが、まずは、温熱作用について検討することを考えた。

温熱作用を調査する上で、全身浴による実験を行うと、静水圧や浮力、温泉水の化学的作用も働くことから、我々は、できるだけ純粋に温熱負荷だけを与えることのできる実験モデルとして、足浴を取り上げた。脚部は、全体表面積の10~18%しか占めないため、静水圧や浮力、粘性などはもとより、化学的作用についても、ほぼ考慮しなくてもよいと考えられるからである。

そこで、38℃(ぬるめの湯)、43℃(熱い湯)における1回だけの足浴による、生理的・生化学的変化を調査することで、温熱負荷の生体への影響、特に、血圧や心拍数、体温、血漿カテコラミン値など自律神経系への作用、心理的影響、脂

質代謝系、免疫系やHSP70(Heat shock protein70)の変化や酸化ストレスの程度(血清過酸化脂質、尿中8(OH)dG/クレアチニン)を調査することを考えた。ただ、脂質代謝系やHSP70については、測定が難しいことから、mRNAの発現を早期に捉えるDNAチップを使って、網羅的・予備的に検討した。

さらに、温泉入浴プログラムを標準化する場合、心拍数や呼吸数、鼓膜温といった簡単にモニターできる指標を使うことが可能であることから、これらの指標を水中でも測定できる「ユビキタス生体ヘルスセンサー」の開発にむけて基礎的データを採取することも今回の研究の目標とした。このようなシステムは、温熱負荷だけでなく、水中運動量をも推測できるパラメータとなりえるものでありながら、水中にいながら多数をモニターできるシステムは、これまで開発されてこなかった。今回開発に着手することで、将来、安全で効果的な温泉入浴プログラムや運動プログラムの創生に貢献できると思われる。

B. 研究方法

1)対象者:29-51歳までの健常成人ボランティア14名(37±6歳:女性11、男性3名)を募集した。文書による同意を取得した後、試験に参加させた。なお、発現mRNAの網羅的測定は、4名の研究者自身で行った。なお本プロトコルは、予備実験として行うことで富山県国際伝統医学センター倫理委員会の予了承を得た。

被験者選択基準:①事前検診の間診、理学的検査で大きな問題のない成人、②本試験に参加することに文書にて同意が得られた者、③年齢&性別:不問。

被験者除外基準:①重篤な肝疾患、腎疾患、心疾患、肺疾患、血液疾患、皮膚疾患などの患者。

2)温熱刺激(足浴):容量約72リットル(30cm×30cm×80cm)のステンレス製浴槽を制作し、恒温装置により温度を一定に保った。膝下10cm

まで浸水させ、38℃淡水足浴、43℃淡水足浴、対照座位で、30分間の負荷を加えた。測定は、足浴前5分間と、浴後10分間とした。

なお、生体の日内リズムを考慮して、実験や採血などは全て同じ一日の時間帯に行い、食後2時間以上経過して行った。また3種類の実験は順序をランダムにして行い、全過程は平成15年12月～平成16年3月までの3ヶ月間で行った。実験のセットアップは図1を参照。

3)測定項目

■生理学的検査

①断続的の血圧測定:自動循環動態測定装置(パラマテック GP303S)を使って、血圧と脈拍数を5分毎に測定した。

②心拍数の連続測定:GMS製心拍変動解析装置

③呼吸:サーミスター式と外耳道音採取式により呼吸パターンを記録した。

④舌下温(テルモ婦人体温計)、直腸温、鼓膜温(テルモ鼓膜温計)を測定した。

⑤皮膚血流:レーザードップラー(Omegawave製非接触型レーザードップラー)を足背部、僧帽筋部に装着して測定した。

⑥NIRS(前額部、僧帽筋部):バイオメディカルサイエンス製近赤外線分光光度計を、当該部に貼り付け、組織血液量の変化を計測した。

■心理的検査

Face scale は、米国リウマチ学会の痛みスケール³⁾を修飾したスケールを作り、1から7までのフェイススケールの中から、被験者に10分毎に選択させた。

■血算・生化学的検査

血算(WBC、RBC、Ht、WBC分画)、血漿コレステロール、FFA、TG、TC、LCAT(lecithin-cholesterolacyltransferase)、HDL-C、過酸化脂質、血漿カテコラミン、血漿PAI1(plasminogen activator inhibitor 1)、

thromboplastin、血清TNF α などを測定した。愛知医大核医学センターにて血漿PAI1をELISA法にて測定した以外は、すべてSRLにて測定した。測定スケジュールは表1に示す通りである。

表1 血液・生化学・免疫学的検査の時間割

測定項目	前	運動負荷後	24hr後	48hr後
唾液IgA	●	●		
Ht,WBC,PMN/Ly比	●	●	●	
CD4/CD8	●		●	
HSP70	●		●	●
血漿カテコラミン	●	●	●	
血漿コレステロール、血漿PAI1	●	●	●	
脂質指標(FFA、TG、TC、LCAT、HDL-C)	●	●	●	
血清TNF α 、血清過酸化脂質	●	●	●	
尿8(OH)dG/クレアチニン	●	●		
網羅的mRNA(DNAチップ)	●	●(1.5hr)		

■免疫学的検査

CD4/CD8比、唾液中IgAを測定した。測定は、SRLに依頼した。

■HSPの測定:ELISA法

ヘパリン添加真空採血管に血液5mlを採取し、3500rpm10分間の遠心後、上清を血清検査に回した後、血球部分と等量のPBSを追加し、この調整液と等量のリンパ球分離液(separate-L: Muto Pure Chemical Co. Ltd.)を重層し、2000rpm30分間遠心をしてリンパ球層を採取した。それに2倍量以上のPBSを加えて、3500rpm10分間遠心することで洗浄した。この操作を合計で2回行うことで、リンパ球分画を得た。リンパ球は、測定まで-80℃で保存した。

測定時、0.5%SDS(Sodium Lauryl Sulfate: 櫛カーク)を10倍量加えて、リンパ球を可溶化し、リンパ球可溶物の蛋白量を定量化(Protein Ssay: BioRad)すると同時に、伊藤らの開発したELISA法⁴⁾により、HSP70に対するモノクローナル抗体(Monoclonal HSP70 protein: Sigma)を使って、HSP70濃度(/mg蛋白)を測定した。