

# 厚生科学研究研究費補助金

## 長寿科学総合研究事業

起立訓練リハビリテーション機能を有する  
高機能立位個別型入浴システムの開発に関する研究

平成13年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 千田 彰一

香川医科大学医学部附属病院総合診療部 教授

平成14年（2002年）4月

## 1. 研究種目

平成13年度厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

研究課題番号（H11-長寿-049）

## 2. 研究課題名

起立訓練リハビリテーション機能を有する高機能立位個別型入浴システムの開発

## 3. 研究機関

主施設：香川医科大学

協力研究施設：松尾循環器科クリニック

医療法人社団三恵会 木太三宅病院

## 4. 研究期間

平成13年度

## 5. 研究組織

主任研究者 千田 彰一（香川医科大学・総合診療部・教授）

分担研究者 松尾 汎（松尾循環器科クリニック・院長）

森 望（香川医科大学・耳鼻咽喉科学講座・教授）

三宅 泰二郎（医療法人社団三恵会 木太三宅病院・院長）

共同研究者 三宅 洋三（医療法人社団三恵会 木太三宅病院・理事長）

田中 聡（香川医科大学医学部附属病院・リハビリテーション部・理学療法士）

## 6. 研究経費

平成13年度 8,000,000円



起立訓練リハビリテーション機能を有する高機能立位個別型入浴システムの開発

——起立型高機能浴槽使用時の呼吸循環機能の変化——

主任研究者	千田 彰一	香川医科大学医学部附属病院 総合診療部
分担研究者	森 望	香川医科大学医学部 耳鼻咽喉科学講座
分担研究者	三宅泰二郎	医療法人社団三恵会木太三宅病院
分担協力者	田中 聡	香川医科大学医学部附属病院リハビリテーション部

研究要旨：本入浴システム入浴時の呼吸循環動態をモニタ検討したところ、各指標で問題となる変動を認めなかったが、血圧、心拍数、予備吸気量・呼気量が傾斜角45度で軽度変化を呈することより、リスク回避のために、この傾斜角度で一度バイタルサインの測定を行うことが望ましいと考えられた。

A. 目的

高機能立位個別型入浴システムは、虚弱高齢者や心疾患、呼吸器疾患を有する症例に対し入浴と同時に立位訓練などのリハビリテーションが可能となるよう試作した。また、水中内で立位をとることにより浮力が得られて、下肢骨折や筋力低下を有する症例にも有効に使用できる装置である。

この入浴システムを高齢者や症例に適用するに当たり、本装置の呼吸循環動態変化および安全性を知る目的で下記の測定を行った。

B. 方法

対象は、本研究内容を説明し同意を得たボランティア男子学生 10 名である。対象者の平均年齢は 22.9 歳（19 歳～32 歳）、平均身長は 171.5±3.7cm、平均体重は 65.3±12.0Kg で、いずれも呼吸循環器系疾患の既往のない者である。

測定項目は、呼吸機能指標としてスパイロメータ（ミナト医科学社製 AS-505）を使用して計測した 1 回換気量（%）、肺活量（%）、1 秒量（%）、予備吸気量（%）、予備呼気量（%）、最大換気量（%/分）および循環機能指標として心拍数（bpm）、血圧（mmHg）である。測定肢位は安静立位時、浴槽内 45、60、80 度傾斜時とした。なお浴槽内の水位は静水圧を一定にするため腋窩に合わせるよう湯量を調整し、湯温も 37 度と一定に保った。

まず、安静立位時の各測定を行ったのち、起立型浴槽専用のストレッチャーに寝てもらい、その状態（仰臥位）で装置内に移動させた。その後足元から注湯を行いながら 45 度に浴槽を傾け、再度各測定を行った。以後 60 度、80 度と同様に検査を行った。なお各傾斜角の維持時間は、疲労を考慮し 3 分間とした。

統計処理は、一元配置分散分析で行った。

C. 結果

収縮期血圧、拡張期血圧（mmHg）は、ともに安静時（125.9±10.5、77.5±7.8）に比べ 45 度傾斜で有意に下降（110.4±5.3、62.0±4.9）した。以後ゆるやかに上昇したが有意な差は見られなかった。

心拍数の変化は、安静時（68.9±3.4）に比較し角度を増加させると、45 度で平均 7 拍増加（75.8±4.8）し

たが、以後 60 度 80 度は、わずかに平均 3 拍の増加（78.9±5.8）にとどまった。安静時と各角度間に有意な心拍数（bpm）の増加を認めた。

1 回換気量は、安静時（0.60±0.30）に比べ 45 度では著変なかったが、60 度、80 度では安静時より増加（0.66±0.35、0.69±0.26）した。予備吸気量は、安静時（2.17±0.44）に比べ 60 度、80 度で増える傾向（2.49±0.48、2.56±0.45）にあったが、予備呼気量は角度が増加するに連れて減少した。安静時（1.81±0.42）と 80 度（1.16±0.423）では有意差を認めた。肺活量（安静時 4.51±0.47）、1 秒量（安静時 3.92±0.46）は、各条件ともに著変無かった。最大換気量（安静時 124.7±45.0）は、ばらつきがあり一定の傾向は示さなかった。

D. 考察

血圧は収縮期、拡張期ともに 45 度傾斜で一度下降し、その後は安定していた。心拍数は安静時に比べ 45 度傾斜で一度上昇するも 60 度 80 度は 45 度と著変なかった。呼吸機能検査では、予備吸気量は 45 度では著変なく、60 度、80 度と安静時に比べ有意に増加した。立位姿勢では、重力の影響で横隔膜の運動が行いやすくなることは知られているが、胸郭に静水圧が加わる浴槽内において 60 度、80 度傾斜が安静立位より予備吸気量が増加したことは今後検討が必要である。予備呼気量においては、安静立位時に比べ 45 度、60 度、80 度と傾斜角度が増加するにつれて有意に減少した。これらのことは本装置を使用する際、45 度傾斜で一度バイタルサインを確認することの重要性を示している。

E. 結語

今回の検討において、入浴後に注水しつつ立位負荷がかかっても、著明なバイタルサインの変動が認められなかったことより、起立リハビリテーション訓練型高機能浴槽のヒト適用の安全性が確認できた。ただし、高齢者が使用する場合は、思いもかけない変動の出現するリスクが想定され、傾斜角 45 度で一度バイタルサインの測定を行うことが望ましいと考える。本システムでは、入浴時には心電図モニタを無拘束で行える特徴を有し、安全度の高いものと考えている。

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）

分担研究報告書

虚血肢への人工炭酸泉足浴の効果に関する研究—湯温別にみた検討

分担研究者 松尾 汎 松尾循環器科クリニック 院長

研究要旨：濃度 1000ppm の人工炭酸泉は湯温 34℃以上で虚血肢の皮膚血流量を有意に増加させ、温感は湯温 37℃以上で温かいことが判った。人工炭酸泉での自覚症状の改善や皮膚血流の増加から、皮膚潰瘍等を含む虚血肢治療、更にリハビリ等に応用し得る「理学療法」としての本法の可能性が示唆された。

A. 研究目的

本研究では人工炭酸泉の有効性について、虚血肢を対象にして、皮膚血流量を指標に炭酸濃度 1000 ppm 以上（湯温 37℃）の人工炭酸泉足浴の有効性と再現性について報告してきた。人工炭酸泉によって血流量増加を期すためには、湯温は 34℃以上が有効と推察されている。しかし、虚血肢の血流改善に有効な至適温度に関する検討はない。今回の検討では、虚血肢を対象に、湯温別の人工炭酸泉足浴を行い、その有効性について検討したので報告する。

B. 研究方法

【対象】虚血症状を有し、下肢末梢動脈の循環障害が確認された慢性末梢動脈閉塞性疾患 5 例（全例男性・平均年齢 69 歳）を対象にした。全例に事前に説明を行い、informed consent を得て、実施した。

【方法】足浴に用いた人工炭酸泉は三菱レイヨン・エンジニアリング社製人工炭酸泉製造装置を用いて、人工炭酸泉の湯温を①34℃、②37℃、③40℃および④42℃の 4 種類（炭酸濃度は全て 1000 ppm）を作製した。対照には、淡水による温湯浴（湯温 37℃）を用いた。

観察項目は、患側肢の足背部にレーザー

微小循環血流計（Advance 社製）のプローブを接着テープで固定した後、同部位での皮膚血流量を 1 分後、3 分後、5 分後に連続して各足浴毎に同様に連続測定した。

被験者は坐位とし、10 分程度の安静後、患側肢を足浴槽に下腿下部まで浸湯し、先ず淡水温湯の足浴 5 分間を行った。次いで、人工炭酸泉足浴 2 種類実施後、再度淡水温湯 5 分間後さらに炭酸泉足浴残り 2 種類を行った。人工炭酸泉足浴は全て 5 分間行い、皮膚血流量を連続計測した（計 30 分間）。

各足浴毎に自覚症状（冷い、ぬるい、不変、温かい、熱い）の変化を確認し、記録した。

なお、人工炭酸泉湯温 4 種類の足浴順は、無作為順位表を用いて封筒法により決定し温湯を作製した。被験者および足浴の実施担当者には湯温は不明のまま温湯を作製し、足浴を実施した（盲験法）。それら足浴浸湯を全て終了後に開封し、湯温各々による皮膚血流量の変化を評価し、比較・検討した。

C. 研究結果

被験者 5 例全例で、淡水温湯時の皮膚血流量（初期血流量と称する）は、各温度の炭酸泉足浴により増加を認めた。また二度

目の淡水温湯足浴時には、初期血流量近傍への復帰が確認できた（異常低下も認めず）。

しかし、今回検討した湯温間では、血流量増加の程度には有意の差は認められなかった。すなわち淡水温湯足浴での初期平均血流量は 1.6(mILD/min/100g)であったが、人工炭酸泉の足浴により、皮膚血流量の変化は 34℃では 5.7(mILD/min/100g)に増加し、37℃でも 5.6へと平均血流量は増加した。また、湯温温度 40℃で 5.2、更に 42℃でも 5.5(mILD/min/100g)の血流量の変化であった。

尚、自覚症状では有害事象は全く認めず、湯温 34℃では全員が「ぬるい」、37℃以上で「温かい」との感想であった。

#### D. 考察

人工炭酸泉の効果について、その至適濃度や至適温度について検討してきた。末梢循環不全は高齢者に高頻度で、血流量増加を期す為には炭酸濃度が 700ppm 以上、湯温は 34℃以上が有効と推察される。今回実施した湯温（濃度 1000ppm、一回 5 分間の浸湯）でも、湯温 34℃以上で皮膚血流量増加、37℃以上で良好な温感が得られたが、今後更にその最適な浸湯方法について検討する必要がある。

また、中枢性高度機能障害を有する患者の機能訓練施行時には今回検討した皮膚血流のみならず、心臓などを含む全身への影響も考慮する必要がある。また、今後更に継続して、機能訓練に寄与し得る浸湯方法（部位、温度、時間など）の検討なども併せて必要となる。

#### E. 結論

皮膚血流量を指標に、虚血肢での人工炭酸泉（炭酸濃度 1000 ppm）足浴効果を検討した結果、34℃以上で血流増加効果が確認

された。自覚的な足の温感は、37℃以上で温かい感覚が得られ、炭酸泉濃度 1000 ppm では湯温 37℃が実用的であると思われた。

#### F. 研究発表

1. 第 41 回日本脈管学会、和歌山、2001. 10
2. 第 5 回人工炭酸泉研究会、東京、2001. 11

起立訓練リハビリテーション機能を有する高機能立位個別型入浴システムの開発  
——立位リハビリテーション訓練効果の経過追跡定量評価——

主任研究者 千田 彰一 香川医科大学医学部附属病院 総合診療部  
分担研究者 森 望 香川医科大学医学部耳鼻咽喉科学  
分担協力者 田中 聡 香川医科大学医学部附属病院リハビリテーション部

研究要旨：高齢者はわずかな段差や外乱により容易にバランスを崩し転倒することから、容易に転倒による下肢骨折をおこし、これが寝たきりの原因の1つになっている。そこで、下肢筋力増強訓練を半年間継続した結果、重心動揺が抑制されたことを示し、これは転倒予防につながることを考えられた。

A. 目的

新たに開発した起立リハビリテーション訓練型高機能浴槽は、高齢者の自立リハビリテーション目的の1つとして、立位での入浴訓練をめざしている。そこで、本システムによるリハビリ効果の経時的定量評価のため、重心動揺計によるモニタ機能を付加せしめた。ここでは、高齢者に対して下肢筋力増強訓練が立位バランスにどのように影響を及ぼすかを知る目的で、重心動揺計を用いてバランス機能を測定して半年間経過追跡した。

B. 方法

対象：対象は、独歩可能で日常生活が自立している最歳から83歳（平均年齢 $72.5 \pm 8.8$ 歳）の女性10名である。対象者には、所定の方法によって下肢筋力増強訓練を指導し、これを半年間継続させた。

方法：開眼両脚で60秒間の静止立位時重心動揺を計測した。重心動揺の計測は、アニマ社製の静的重心動揺解析システム「システムグラビコーダ G-5500」を使用した。

得られたデータから、単位軌跡長(cm)、外周面積( $\text{cm}^2$ )、重心動揺の左右径(cm)、前後径(cm)を求めた。

C. 結果

半年間の筋力増強訓練を行った結果、表に示すように、4測定指標の全てが訓練前に比し訓練後に低値となり重心動揺が減少した。いずれの測定項目も減少したことは、下肢筋力増強により静的重心動揺が抑えられたことを意味する。

表 訓練前後の重心動揺

	訓練前	訓練後
外周面積( $\text{cm}^2$ )	$5.85 \pm 4.16$	$4.06 \pm 3.87$
単位時間軌跡長(cm)	$1.88 \pm 0.77$	$1.62 \pm 0.79$
左右変位(cm)	$3.52 \pm 0.81$	$2.92 \pm 1.45$
前後変位(cm)	$3.16 \pm 1.40$	$2.70 \pm 1.03$

D. 考案

高齢者の転倒による下肢骨折が寝たきりの原因の1つになっている。高齢者はわずかな段差や外乱により容易にバランスを崩し転倒してしまう。近年、各施設で高齢者を対象に転倒予防教室が開催されている。その内容は下肢筋力増強訓練やバランス訓練に重きをおいたものが多い。今回の我々の検討では下肢筋力増強訓練を半年間継続した結果、重心動揺が抑えられたものであり、転倒予防につながるものと考えられる。また重心動揺計は、このような高齢者のバランス機能を測定するだけでなく、下肢筋力も反映させる評価方法であると考えられた。

重心動揺計は、身体の重心線と接地足底面の交点を計測する装置であり、検出板下に配された荷重センサにかかる荷重値から重心位置を計算し、その変動を測定する。重心図は平衡機能や運動反射系の検査に用いられているが、今回用いた重心動揺計では、開眼両脚静止立位時における重心位置の変動を詳細に分析可能であり、経時的追跡の定量評価に有用であることが確認された。先の主任研究者による原案では、この重心動揺計を浴槽内に設置して、一元的に評価線と企画されていたが、水中での重力測定自体の科学的意義が解明されていないこと、水中での重心の定義が困難なこと、一元化をめざす意味でのストレッチャー底部への設置が困難で新規発注となることなどの事由により、次の課題とした。今後は、虚弱高齢者や寝たきりに近い人に対し、起立型高機能浴槽を利用してリハビリテーションを行う際の一評価として重心動揺計を使用していく予定である。

E. 結論

起立リハビリテーション訓練型高機能浴槽による効果判定のための重心動揺計測が、高齢者の自立機能評価に有用であることを明らかにした。

起立訓練リハビリテーション機能を有する高機能立位個別型入浴システムの開発

——立位個別型浴槽の高機能化——

主任研究者	千田 彰一	香川医科大学医学部附属病院 総合診療部
分担研究者	三宅泰二郎	医療法人社団三恵会木太三宅病院
分担協力者	田中 聡	香川医科大学医学部附属病院リハビリテーション部

研究要旨：立位個別型入浴槽の浴槽本体の軽量化、一部側板の可視化を行い、無拘束心電計センサの付設、及び人工高炭酸装置を付設して起立訓練用高機能立位個別型入浴システムを構築した。立位による入浴が全身浴の楽しみを高めると同時に、リハビリテーション上の効果を重視するという新しい概念に基づく唯一の入浴装置である。

A. 目的

本研究の目的は、立位個別型入浴槽にリハビリテーション機能、無拘束心電図モニタリング機能、皮膚循環改善機能などの高機能を付加し、患者のQOLの向上と同時に介護・看護者の省力化を実現できる入浴装置を開発することである。すなわち、前述対象者が寝たままの姿勢で入浴できる本装置を、入浴のみならず起立訓練用リハビリテーション機器としても用いる。高齢者に多く見られる循環器疾患を有する入浴者でも入浴中に心電図電極を貼付せず無拘束で心電図モニタリングが行えるよう、人工肺膜を用いた高炭酸泉浴を行って末梢血流の改善がはかれるよう、システム構築することである。

B. 方法

試験機を用いて入浴行程の検討を行った実績から、浴槽本体を改良して一部外部からの視認性を高め、無拘束浴槽心電図および高炭酸泉など本邦独自の技術を導入して、高機能化を図った立位個別入浴装置とすることを作業課題とした。

浴槽本体は、予備研究の経験からFRPで作製して軽量化を図り、側板の一部を透明高分子樹脂製として入浴者の安心感と介護者の視認性を高める。その浴槽内にストレッチャで対象者を寝かせたまま搬入しその後、浴槽を立てつつ底部から注湯し、後は排水しつつ浴槽を立てていって水平位に戻し、ストレッチャのまま対象者を排出する入浴行程とする。その入浴中の心電図モニタリングを無拘束で行い得るよう、無拘束心電図センサを浴槽本体壁に付設する。また、人工高炭酸泉湯の給湯機構の付設を行う。

健康人ボランティアにより、入浴時心電図モニタリングと人工高炭酸泉浴を実施し、心電図の解析と末梢循環機能の評価をする。

C. 結果と考察

1 立位個別入浴型浴槽部の改良

個別型浴槽の従来の試験機は鉄製で、それ自体の重量が大きく操作性を欠いたので、浴槽本体の軽量化に努め、外側本体をFRPで作製した。さらに浴槽内をモニタ出来るように、一部を透明高分子樹脂製の側板

として入浴者の安心感と介護者の視認性を高めた。これは、入浴者に閉塞感を持たせないためと、介護者による視認性の向上を図ったものだが、逆に余りスケルトン部が広すぎることは入浴者の羞恥心を惹起してしまう可能性も示唆された。

入浴中は、浮力を利用することにより立位をとらせて全身を入浴させるが、ここで注湯量は入浴者の全身状態をよく観察して、身体的に負担にならない範囲とし、将来的にはリハビリの目標値として適正量を設定し、次いで徐々に増量するリハビリテーション負荷と考える。

2 無拘束心電図モニタリング浴槽の開発

入浴中の心電図モニタリングを無拘束で行い得るよう、本浴槽に長寿科学総合研究介護支援機器分野「在宅高齢者の健康モニタモニタリング技術の開発研究班」で考案されている無拘束心電図計測法を導入した。心電計測用電極センサは、浴槽本体に埋め込むようにし、浴槽内部に突出しないよう工夫が凝らした。入浴者の右肩部には、体格の相違に対応し、最適な波形が得られるように3個のセンサを連ねて配置し、選択するものとした。これは、肢誘導を基準とするものの胸部誘導波形も得られるようにとのセンサ位置の工夫でもある。今回の一部高分子樹脂製のFRP浴槽では、電位の低下が若干みられたものの、炭酸泉水の影響はそれほど多くないようであった。細かい振幅の揺れは、アースが設置してあるため、交流波等の影響は考えにくく、低電位ゆへの筋電波形の影響と考えられる。

3 人工高炭酸泉装置の付加

人工高炭酸泉効果を本浴槽装置に導入するため、給湯経路内に人工高炭酸泉発生装置を組み込んだ。このガス発生装置内を通水する事によって炭酸ガスが湯内にとけ込み、浴槽内に給湯される。炭酸ガスの濃度の調整は、炭酸ガスボンベからの炭酸ガス圧力を変動する事によって行う。そして湯内の炭酸ガス濃度は、pH計によって計る事が出来る。湯温が40℃だと最高到達濃度は約1100ppmである。念のために、ガス漏れ警報装置も取り付けた。