

原 著

高濃度人工炭酸泉の全身温浴による
褥瘡治癒効果の検討

鎚木 誠，東 祐二，下沖 晋*，松本哲郎，
藤元登四郎，遠藤宏和**，森反俊幸**，辻 隆之***

1．はじめに

何らかの疾病により患者自身の身体の自由度が高度に制限され，やむなく長期臥床を強いられた場合，骨突起部とベッド等の支持面との間の体組織に圧が長期間加わることで局所的な組織の壊死が起こり，褥瘡にいたることがある．その場合，褥瘡は一度治癒しても再発し易く，再発するとなかなか治癒し難い^{1, 2)}．

そこでわれわれは淡水を用いて高濃度な二酸化炭素（以下，炭酸）濃度をえられる高濃度人工炭酸泉の全身温浴（以下，高炭酸泉浴）が褥瘡に及ぼす治癒効果について検討した．

2．実験装置

高濃度人工炭酸泉製造装置 MRE-SPA MODEL（三菱レイヨン・エンジニアリング株）は，水を透過しない超薄膜の均質膜（ポリウレタン）を挟み込んだポリエチレンのマイクロポラス膜で構成される三層膜でできたホローファイバ（MHF: Multilayer Hollow Fiber）を用いている．この材料は，本来は長時間呼吸補助（ECMO³⁾用に開発されたものである．マイクロポラス膜を用いる人工肺では長時間（8 時間以上）血液と接触すると血漿がマイクロポアからファイバ外に漏出（タンパク漏出）するが，本ファイバでは緻密膜を挟んでいるのでそれが起こらない．このモジュールではホローファイバ内に淡水を流し，ファイバのケーシングの間隙内に炭酸ガスを注入する．淡水流

量と淡水温とをモニタリングしてモジュールのガス排出孔を閉止して炭酸ガスをケーシング内にガス吸気量と圧力を制御して圧入すると炭酸ガスを水に直接バブリングさせる場合に比べて高い効率で溶解させることができる⁴⁾．

本装置は純粋な人工炭酸泉を短時間で大量に作製できる．すなわち，40 の淡水を最大 1000 ppm の炭酸濃度で 20 l/min 供給できる．浴槽が 250 l，炭酸ガス価格が 150 円/kg，炭酸ガス溶解効率が 70 % の場合，炭酸ガスの費用は 1 回約 54 円程度である．ランニングコストの面から見ても臨床現場で通常業務に導入が可能である．

3．対象ならびに方法

3-1．淡水浴と高炭酸泉浴入浴中の皮膚血流量の比較

対象者は，健常男性（以下健常被検者）1 名（年齢 59 歳）と症例 1（表 1）で，仙骨部皮膚にレーザドップラー組織血流計 ALF21D（Advance 株製）の C 型レーザプローブを貼付し⁵⁾，淡水浴（37 ）と高炭酸泉浴（37 ，炭酸ガス濃度 800 ppm）に 15 分間入浴させ，入浴直後から皮膚血流量を測定し，デスクトップレコーダ UR1000-2P（UNIQUE）で記録した．アナログ出力された計測値を読み取り，一元配置の分散分析にて検定を行い，p 値が 0.01 以下を有意とした．

3-2-1．3 症例での血液性状と摂取カロリーと比較
インフォームドコンセントが取れた入院患者女

藤元病院 〒 885-0055 都城市早鈴町 17 - 4
*藤元早鈴病院 〒 885-0055 都城市早鈴町 17 - 1
**鈴鹿医療科学大学 〒 510-0293 三重県鈴鹿市岩岡町 1001 - 1
*** 東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒 113-8656 東京都文京区本郷 7 - 3 - 1

（受付 2000 年 2 月 2 日 / 受理 2000 年 4 月 27 日）

表 1 3 症例の各指標

症例	疾患名	性	年齢	部位	Shea 分類	発症経過月数	褥瘡開口部面積前後 (cm ²)	改善率
1 . H.I	脊髄損傷	女	64	仙骨部		19	8.4 → 1.9	77.9
2 . T.S	大腿骨 頸部損傷	女	69	仙骨部		11	9.4 → 0.4	95.7
3 . T.K	脳梗塞	女	68	仙骨部		14	4.4 → 0.1	97.7

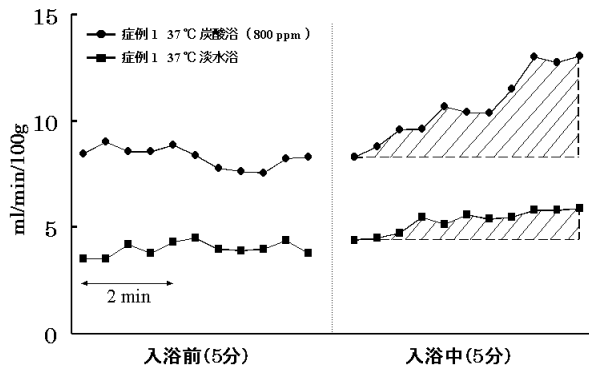


図 1 初期皮膚血流増加係数の算出方法

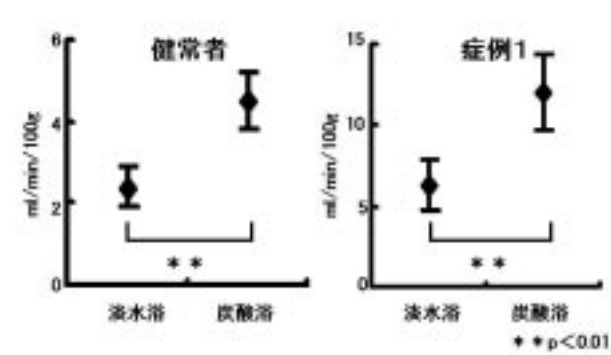


図 2 淡水浴と炭酸浴入浴中の皮膚血流量の比較

性 3 名（平均年齢 67 歳，褥瘡の平均発生経過月数 14.7 ± 4.0 ヲ月）を対象（表 1）とした．全症例とも従来法（強酸性水消毒後に軟膏湿布，ガーゼ処置）の褥瘡治療に抵抗する難治性褥瘡を合併する寝たきり患者で，本検討時には急性感染症はなく全身状態は安定していた．褥瘡発生部位，褥瘡の発症経過期間と重症度（Shea の分類^{6）}）は表 1 のようであった．

全例とも毎月 1 回採血し，血清総蛋白とヘモグロビン量，赤血球数を測定した．それらを入浴前 3 ヲ月間と入浴期間中 3 ヲ月間行い，同時にカロリー摂取量を求めた．それぞれの測定値について，一元配置の分散分析にて検定を行い，p 値が 0.01 以下を有意とした．

3-2-2．高炭酸泉浴による初期皮膚血流増加係数の比較

人工炭酸泉水は炭酸濃度 800 ppm，湯温 37 ℃ を本装置で作製し，特殊浴槽（リフトラインバス，OG 技研[®]製）に満たして使用した．室温 21.7 ± 2.0 ℃，相対湿度 93.5 ± 22.0% の浴室（31.36 m²）で 15 分間入浴させ，同一条件での淡水浴と高炭酸泉浴時の皮膚血流量を比較した．皮膚血流量は，褥瘡患部周辺の皮膚に同様にプローブを貼付し^{5）}，入浴前および入浴中に 5 分間皮膚血流量を計測し，デスクトップレコーダ UR1000-2P で記録した．ア

ナログ出力された計測値を読み取り，両浴の皮膚血流に及ぼす効果を検討した．すなわち，図 1 のように入浴開始後 5 分間の分時血流量（ml/min/100g）の積分値を初期皮膚血流増加係数として求め，比較した．

3-2-3．高炭酸泉浴による褥瘡治癒効果の評価

褥瘡患部を撮影し，メジャーにて褥瘡患部の縦径および横径を計測し，楕円とみなして褥瘡開口部面積を算出した．症例 1 は毎週 1 回 3 ヲ月間 1.5 テスラ MRI 装置（Signa Lightning，GE 横河メディカル[®]）で褥瘡患部を中心に 2 mm スライスの水平断層面を撮影した．MRI（T1 強調）画像フィルムから欠損面積をマニュアルでトレースし，それをパーソナルコンピュータに取り込み，積分して褥瘡ポケット内容積を算出した．

高炭酸泉浴後の処置は，全症例とも従来法を施行し，継続した．

4．結 果

4-1．淡水浴と高炭酸泉浴入浴中の皮膚血流量の比較

健常被検者および症例 1 の高炭酸泉浴時には淡水浴時に比べて皮膚血流量は，男女差は加味すべ

表 2 3 症例での血液性状と摂取カロリー

	パ ラ メ ー タ	単位	入浴期間前	入浴期間後
症例1	血 清 総 蛋 白 質	g/dl	6.2 ± 0.07	6.2 ± 0.23
	ヘ モ グ ロ ビ ン 量	g/dl	11.0 ± 0.25	11.4 ± 0.15
	赤 血 球 数	× 10 ⁴	387.3 ± 5.5	406.3 ± 5.03
	カ ロ リ ー 摂 取 量	cal	1800	1800
	摂 取 形 態		かゆ軟菜	
症例2	血 清 総 蛋 白 質	g/dl	5.9 ± 0.2	5.8 ± 0.45
	ヘ モ グ ロ ビ ン 量	g/dl	10.6 ± 0.44	11.7 ± 0.46
	赤 血 球 数	× 10 ⁴	350.3 ± 16.7	388.7 ± 13.6
	カ ロ リ ー 摂 取 量	cal	1800	1800
	摂 取 形 態		かゆ軟菜	
症例3	血 清 総 蛋 白 質	g/dl	6.73 ± 0.31	6.73 ± 0.31
	ヘ モ グ ロ ビ ン 量	g/dl	12.2 ± 0.52	12.5 ± 0.25
	赤 血 球 数	× 10 ⁴	418.3 ± 16.3	432.7 ± 9.61
	カ ロ リ ー 摂 取 量	cal	1200	1200
	摂 取 形 態		経管栄養注入	

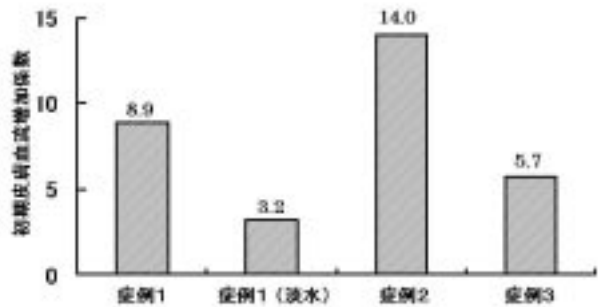


図 3 3 症例の炭酸浴による初期皮膚血流増加係数

きではあるが，図 2 のように有意 ($p<0.01$) に増加した．

4-2-1．3 症例での血液性状と摂取カロリーの比較

血液性状と栄養状態は，表 2 のように高炭酸泉浴入浴前 3 か月間と入浴期間中 3 か月間で有意差が認められなかった．

4-2-2．高炭酸泉浴による初期皮膚血流増加係数の比較

初期皮膚血流増加係数は，図 3 のように症例 1 では淡水浴が 3.2 に対し，高炭酸泉浴が 8.9 と約 3 倍の増加が認められた．高炭酸泉浴時，症例 2 は 14.0 ，症例 3 は 5.7 であった．

4-2-3．高炭酸泉浴による褥瘡治癒効果の評価

各症例の褥瘡開口写真の経時的変化は，図 4 のようであり，3 症例の開口部面積の経時的変化は，

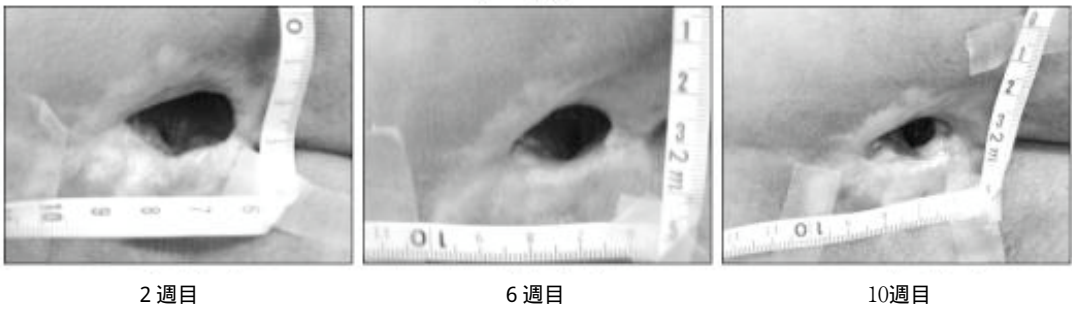
図 5 のようであった．すなわち，従来法のみでは改善しなかった褥瘡が高炭酸泉療法で経時的に縮小した．症例 1 について褥瘡の同一部位での水平断層面 MRI 画像の経時的変化は図 6 のようであり，褥瘡ポケット内容積の経時的変化は図 7 のようであった．すなわち，7 週間の MRI 計測期間中に 15.5 cm^3 から 3.9 cm^3 まで減少し，74.9 % の縮小が認められた．

5．考 察

高炭酸泉浴では，皮膚血管が拡張するので温水と血液間の熱交換効率が向上する．したがって，体温の上昇が速やかである．また，湯上り後も皮膚血流がよく保たれているので温感が持続する．高炭酸泉浴は，マンパワーの関係で入浴時間が短くならざるを得ない施設での入浴に適している．日吉ら⁷⁾や前田ら⁸⁾らは難治性褥瘡に対し，炭酸を含有する発泡剤（花王パブ錠，花王(株)製）で温湿布・直接足浴を行い，良好な治癒効果を得たと報告している．その機序について，経皮的に浸透した炭酸ガスが血管平滑筋の TCA cycle に product inhibition をかけ，血管の autoregulation 作動による血管拡張作用により皮膚の血流を増加させ，人工炭酸泉が代謝老廃物を除去し，栄養補給や組織酸素分圧の増加などが起こるためとしている．しかし錠剤では 1000 ppm を越える高濃度の人工炭酸泉浴を作成することが困難なことや，錠剤は重曹やコハク酸などを含有するので褥瘡の状態によって好ましくない場合もある．

鈴木 誠他

症例 1

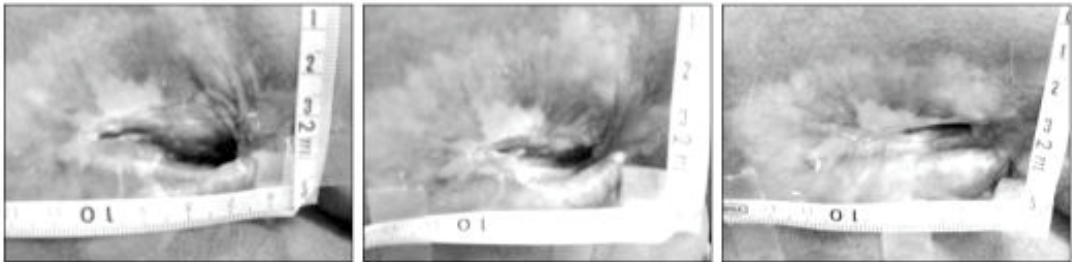


2 週目

6 週目

10 週目

症例 2

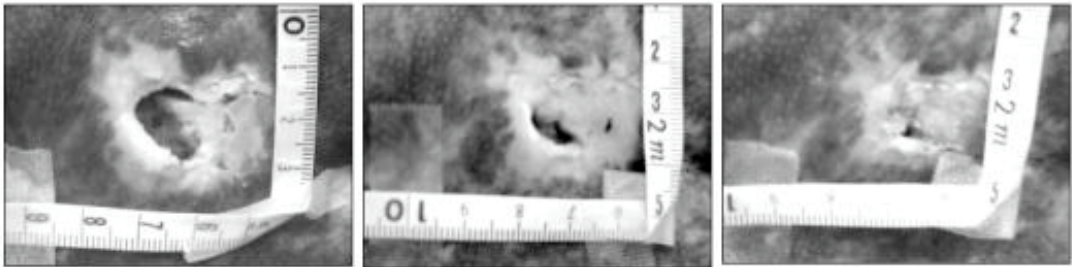


1 週目

2 週目

9 週目

症例 3



1 週目

4 週目

10 週目

図 4 褥瘡開口部の経時的変化

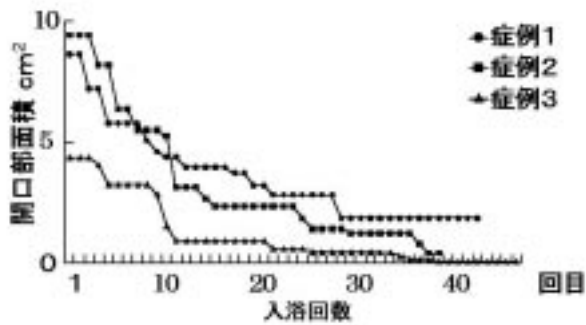


図 5 3 症例の開口部面積の経時的変化

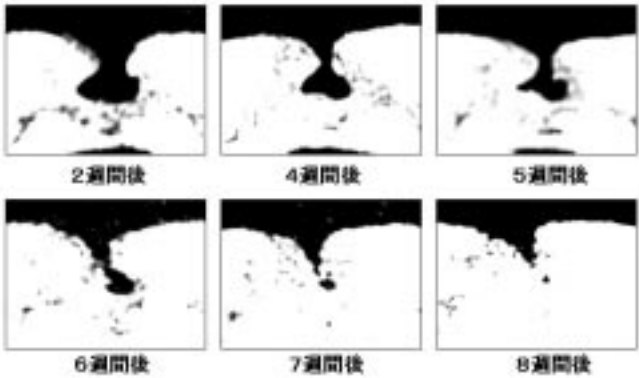


図 6 症例 1 の MRI 画像の経時的変化

高濃度人工炭酸泉の全身温浴による褥瘡治癒効果の検討

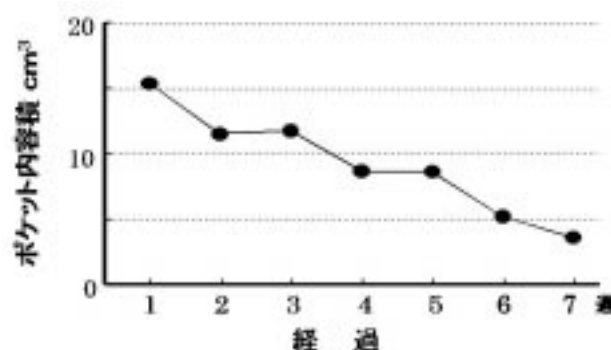


図7 症例1の褥瘡ポケット内容積の経時的変化

そこで，われわれは最近わが国で開発された淡水を用いて短時間に大量の純粋な高濃度炭酸泉を作製できる人工炭酸泉製造装置を褥瘡治療に用いた．

田中ら⁹⁾は，シャワーや入浴で褥瘡部の細菌除去効果や温熱効果等により褥瘡が改善すると述べている．本検討では，皮膚血流量は淡水浴に比べ高炭酸泉浴入浴時のほうが多く，さらに皮膚血流量の立ち上がりがより急速であった．これらのことから，従来からいわれてきたように炭酸浴による褥瘡治癒効果が期待できる．褥瘡など広汎な組織欠損部位の修復は，壊死屑や炎症性滲出物の除去，実質細胞の再生，線維芽細胞と毛細血管の増殖，肉芽組織の形成と進み，その後，上皮細胞が肉芽組織を覆っていく¹⁰⁾．褥瘡開口部周辺の上皮細胞の再生は褥瘡開口面積の縮小から，また褥瘡ポケット内の肉芽組織の再生は1例ではあるがMRIによる褥瘡内ポケットの容積縮小から，本高炭酸泉浴のそれらに対する効果を定量的に評価できた．

今回の褥瘡3症例を対象とする臨床研究では，入浴前3か月間と入浴期間中3か月間の血液性状やカロリー摂取量に有意差が認められなかった．薬物治療法も両群間で同様であった．したがって，人工高炭酸泉浴は血液性状やカロリー摂取量に悪影響を及ぼすものではなく，かつ褥瘡治癒効果は，その炭酸泉効果に加えて通常の薬物治療や体位交換等の看護も合わせて行くと効果が相乗的に生じるものと考えられる．

欧米で盛んな天然炭酸泉治療の効果が炭酸のみならず溶解するミネラル（Na，Mgなど）の影響もある可能性から，今後，本システムを用いて淡水

人工高炭酸泉浴のみによる場合と，共存するミネラルや浸透圧による人工高炭酸泉浴の場合とで，褥瘡治癒過程がどのように異なるのかを検討する必要があると思われる．

6. 結 語

今回の臨床研究で末梢血管拡張作用を伴う高濃度人工炭酸泉の全身温浴と従来の非入浴治療法とを併用すると難治性褥瘡が改善されることがわかった．

症例を選んで高濃度人工炭酸泉による全身温浴を移設で通常の入浴業務として行えば，患者のQOLの向上のみならず褥瘡に対する予防的な効果も期待されよう．

本論文の要旨は，第3回人工炭酸泉研究会（東京，1999年4月16日）で発表した．

参考文献

- 1) Dan L. Barder 編著，加倉井周一監訳：褥瘡．協同医書出版，1994; 117-123.
- 2) 金井弘一編，久留米進一郎著：褥瘡 病態生理 ―症候編―，へるす出版，1996; 1: 193-196.
- 3) 辻 隆之，向井藤夫，宮脇富士夫：ガス交換機能からみた人工肺の性能，クリニカルエンジニアリング 1995; 6(6): 370-375.
- 4) 谷下一夫，辻 隆之，関戸 章，戸川達男：複合膜ホローファイバ人工肺および均質膜シリコンホローファイバ人工肺の膜抵抗特性の検討．人工臓器 1991; 20(3): 1071-1076.
- 5) 下沖 晋，辻 隆之，遠藤宏和，森反俊幸，榊原巨規，大坪弘明，松尾汎，中野寿彦，藤元登四郎：足背部皮膚血流量計測による人工炭酸泉足浴時の至適炭酸泉濃度および湯温の検討．炭酸泉誌 1999; 2(1): 4-9.
- 6) Shea, J.D.: Pressure sore. Clin Ortho Relat Res 1975; 112: 89-100.
- 7) 日吉俊紀，田中信行，谷口幸子，土橋和子：人工炭酸泉浴剤による褥瘡治癒について．総合リハ 1989; 17(8): 605-609.
- 8) 前田真治，高橋由美，頼住孝二，正木かつら：人工炭酸泉浴剤の褥瘡温湿布療法における皮膚温の変化．日温気物医誌 1990; 54(4): 195-199.
- 9) 田中信行：水治療法の生理学的効果．リハビリテーション医学 1993; 30(4): 251-254.
- 10) 遠城寺宗知，岡本至公，岩田隆子編：わかりやすい病理学．南江堂，1991; 208-210.

Healing Effect of Artificial CO₂ Water Bathing on Decubitus Ulcer

Makoto KABURAGI, Yuji HIGASI, Susumu SIMOOKI*,
Tetsuro MATUMOTO, Toshiro FUJIMOTO, Hirokazu ENDOH**,
Toshiyuki MORIHAN**, Takayuki TSUJI***

*Fujimoto Hospital,
17-4, Hayasuzu-cho, Miyakonojyo, Miyazaki, 885-0055, Japan
*Fujimoto Hayasuzu Hospital,
17-1, Hayasuzu-cho, Miyakonojyo, Miyazaki, 885-0055, Japan
**University of Suzuka Medical Science,
1001-1, Iwaoka-cho, Suzuka, Mie, 510-0293, Japan
***The University of Tokyo,
7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan*

Abstract. We studied healing effect of artifical CO₂ water bathing on decubitus ulcer resistant against conservative therapy. Atifical CO₂ water was produced using MRE-SPA (Mitsubishi Rayon Engineering. Co.) consisting of a module made of multilayer membrane hollow fiber (MHF).

Three female patients with decubitus ulcer at sacral region of the back were bathed in an artificial CO₂ water with CO₂ concentration of 800 ppm and water temperature of 37 °C in 15 minutes every day. Decubitus ulcer size was measured from digital photography. In case 1, decubitus ulcer volume was measured by means of MRI (GE: Signa Horizon LX 1.5T).

Decubitus ulcer volume of 15.5 cm³ decreased to 3.9 cm³ after 7 weeks. Each area of the three subjects after 12 weeks reduced in up to 21.8 % case 1 (64 years old), up to 4.3 % in case 2 (68 yeaprs old), and up to 2.1 % in case 3 (69 years old), respectively.

The artificial CO₂ water bathing was effective on decubitus ulcer healing.

Keywords: Artificial CO₂ water thermal water, Decubitus ulcer, MRI, Healing effect