

平成3年2月

## 総説

# 高齢者における温泉の効果

群馬大学草津分院内科

白倉卓夫

## Balneological effects in elderly subjects

Takuo SHIRAKURA

Kusatsu Branch Hospital, Gunma University School of Medicine

### 1. はじめに

近年わが国の高齢化は急速にすすみ、それと平行して、これら年齢層の健康増進への関心もまた益々高いものがある。とくに今日のわが国の社会一般にみられる経済的ゆとり、余暇の増大とその利用への関心の高まりが背景ともなって、温泉への志向はとりわけ高齢者では高いものがある。ところで、これらヒトに及ぼす温泉の効果については既にこれまでに多数の先人の業績があり<sup>1)2)3)4)</sup>、また新しい研究手段の開発によって、現在これに関する多くの新知見がもたらされつつある。それにも拘らず、今日なお、民間伝承的に伝えられて来た“複雑で神秘的”な温泉の医学的作用について、科学的になお解明されていない多くの点のあることも事実である。

ところで、呼吸器、心脈管、免疫、腎、消化器、呼吸器等の各臓器には、老化に伴って容積や重量の減少がみられ、またそれと共に種々の臓器に機能低下とくにその予備能が衰退してくるため、一見健康そうに見えるながら、一旦体に外的刺激が加わると、体がそれにうまく反応出来ず、刺激が障害的に働いてしまうといったことが起こり易い。例えば、健康そうな高齢者がある日突然“かぜ”にかかり、2,3日大事をとっていたのに肺炎となり、たちまち脱水症状を併発して不幸の転機をとるといった例が高齢者では決して稀ではない。この様な加齢に伴う諸変化を内臓する、いわゆる健康高齢者に対して、温泉が如何に影響を及ぼすのか、またその利用はどうあるべきかとう、高齢者の温泉地滞在が益々増加しつつある現在、これまで温泉医学の対象として扱われてきた一般成人とはまた異なった観点から、温泉の医学的作用を考察してみる必要がある。残念ながら、この点に関する資料はなお乏しいのが現状ではあるが、ここではこれまで諸家によって明らかにされてきた研究成績に、私どもの検討成績をまじえて、高齢者と温泉に関わる点に焦点をしばって考察してみたい。

2. 老年者で期待される温泉の効果

温泉の効果についてはすでにひろく指摘されてきたように、大きく、温熱効果、静水圧効果、浮力、含有成分の化学作用、長期連浴による非特異的変調作用とうに分けて考えてみる事が出来る。

1) 温熱効果

温泉の温熱はたんに暴露された体表部のみならず、その部分で温められた血液が心、肺をへて再び全身に循環して熱を放散するので、温熱局所のみならず、全身の体温は急速に上昇する。温泉には種々の化学成分が溶存しているが、そのうちでも特に炭酸ガスや硫化水素などは脂溶性のために容易に皮膚を通して皮下に入り、直接血管を拡張して一層血流量を増大させることになる。温泉のこのような温熱によらない血行促進作用は、動脈硬化が多かれ少なかれ進展して血管内腔の狭小化を来し、血流が減少し易くなっている老年者ではとくに期待される温泉効果といえる。また、その他の温泉成分、例えば硫酸ナトリウム、塩化ナトリウム、硫酸アルミニウム、硫酸カルシウムなどは皮膚表皮の蛋白、脂肪と結合して皮膚に薄膜を作り、汗腺開口部を被覆して発汗を抑制し、その結果体温の放散を抑え、保温効果を発揮すると考えられている。

私どもが硫黄泉浴後の体表、深部両温度の変化を淡水浴と比較してみた成績では、硫黄泉浴後、とくに上下肢といった比較的外界の気温に影響されやすい部分での保温効果が明らかな差として観察できる(図1)。この様に温泉の保温効果が著しいことは、赤外線にて体表温度の経時的变化を追求したサーモグラフィーでも同様に指摘されている。こういったヒトにおける体温の上昇は血管に直接作用し、あるいは脳幹部にある体温中枢を介して血管拡張作用をもちらして血管抵抗の低下、血圧の低下、心への負荷軽減をもたらす。一方で、頻脈による心拍出量の増加をもたらして全身組織への酸素、栄養供給を促すと共に、組織に発生した炭酸ガスや乳酸などの老廃物の排出を高めて、代謝改善、疲労回復にも効果をもたらすこととなる。

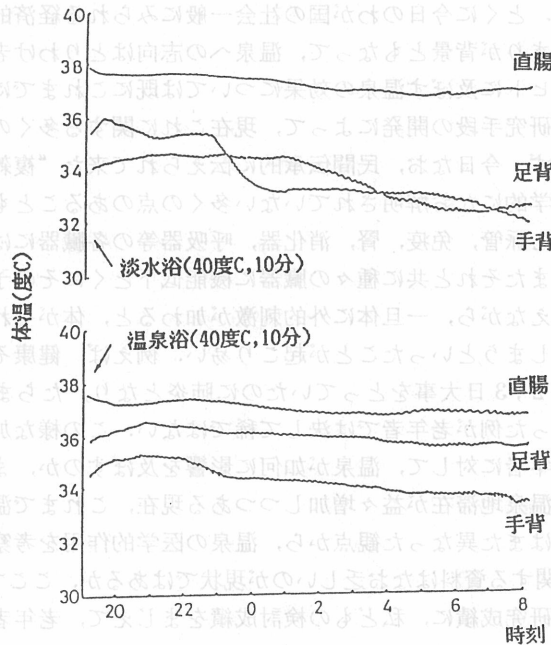


図1 温泉浴後の体温の変化

ところで、深部体温は体内のエネルギー産生に微妙かつ重大な影響を持っている。従って、通常外気温の変化、内部の代謝の変化にも拘らず体温調節機構が強力に働いて体内温度は狭い範囲に維持されている。この調節機構は皮膚および体温調節の中枢である脳の視床下部にあるサーモスタットで維持されているが、これらの温度感覚は老化に伴って低下するといわれている。前者は深部体温、特に低温を、後者は高温を感知するので、高齢者では体温が低下しても寒く感じなくなる一方、暑くても余り暑く感じなくなるといった傾向を持つようになる。このような、外界の寒暖の変化を敏感に感知しにくくなった高齢者では、寒暖に曝されて起きてくる血圧、血液その他の体内諸変化に弾力的に対応しきれなくなる危険が潜在する。つまり、体の抵抗力がなくなってくるのに、外界温度に鈍くなるのが高齢者の特徴であるというわけである。このような事から、高齢者の高温浴(42度C以上)志向に対しては医学的立場からは、とくに注意する様指導すべきと考えられる。

2) 静水圧効果

温泉に限らないが、水浴中には水中の深さによる静水圧が全身にかかってくる。この静水圧の体に及ぼす影響は、水位によって違ってくる(図2)。特に下肢にかかる静水圧は静脈を圧迫して血液の心への還流を助ける。その結果、心から血液を拍出する量(心拍出量)を増やし、腎を灌流する血液量(腎血流量)を増やして尿生成を促すこととなる。この際、心への血液還流増加は心房圧増加を伴い、その結果、そこから分泌される心房性ナトリウム利尿ホルモン(ANP)分泌を高め、それによっても尿生成が促進される。その際、温泉浴のように、温熱がこれに加わると、その分泌が益々強まると指摘されており<sup>5)</sup>、温泉は尿生成を一段と強めると言えよう。

ところで、高齢者に多くみられる心、呼吸器疾患患者では勿論のこと、いわゆる健康高齢者では心予備能が低下しているため、心への負荷があると比較的容易に心不全に陥り易い。従って下半身からの静脈血還流増加に加えて、水圧による外からの胸郭への圧迫を伴うような入浴法は極力避けねばならない。高齢者では水位を横隔膜以下にした浅い入浴が推奨されるゆえんである。

3) 浮力

一般に、肩までの入浴では体重は1/10、胸まででは1/3~1/4に軽減し、一方で温熱が筋、関節のしこりを減弱させるので、麻痺性あるいは運動器疾患の緩徐な水中歩行訓練、あるいは筋力の

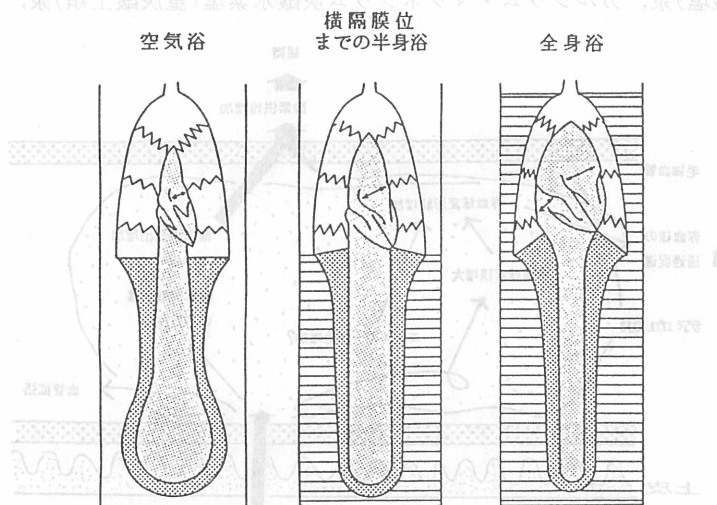


図2 空気浴および全身浴における静水圧の体内血液分布、心肺機能に及ぼす影響(Gauer)

低下している老年者にその機能回復の意味で温泉が利用されている。一方、水の中での激しい体動では、水の粘性運動抵抗を受けて、逆にunderwater exerciseとなり、例えば筋力低下の機能回復以外にも、老年者に多い肺気腫や気管支喘息などの慢性閉塞性肺疾患患者の呼吸筋増強を計る目的で温泉が利用される。現在、国立大学附属温泉施設4機関共同によって、慢性閉塞性肺疾患患者に対して温泉を用いた治療が行われているが、症状や肺機能改善に効果のあることが確認されつつある<sup>6)7)</sup>。

4) 化学作用

温泉には各種の物質が溶存しており、これが温泉の特質でもあるが、それらが生体に化学作用を及ぼして、泉質による種々の医学的効果を発揮してくる。既に述べた様に、硫酸ナトリウム(芒硝)、塩化ナトリウム(食塩)、硫酸アルミニウム(明ばん)、硫酸カルシウム(石膏)泉などは皮膚を被覆し、体温放散を防いで保温効果を発揮すると考えられている<sup>8)9)10)</sup>。一方、炭酸ガス<sup>11)</sup>や硫化水素は皮膚を通して直接血管拡張作用を示すが<sup>12)</sup>、血管を介する以外にも、例えば皮膚真皮層に達した炭酸ガスは血管の中を流れている赤血球にも働いて、その容積を増大させ、その結果赤血球の粘度を低下させ<sup>13)</sup>、また赤血球内において酸素運搬に重要な役割を担っているヘモグロビンの酸素解離曲線を右方移動させることも考えられる<sup>14)</sup>。この事は炭酸ガスが血管という容器を広げる一方で、中を流れる赤血球が変形しやすくなって細い血管の中を円滑に通過出来、また組織におけるヘモグロビンの酸素放出が容易になるような、まことに都合のよい働きを持っていることを示唆している(図3)。

硫化ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、炭酸ナトリウムを主成分とした人工硫黄泉の1回入浴でも、溶存する硫黄成分によって全身血圧の低下をきたす事が観察されている<sup>15)</sup>。このような現象は多量の硫黄成分を含有する草津温泉を用いた温泉浴でも同様にみられ、淡水浴に比して、浴後長時間にわたり血圧の低下が持続することが明らかに観察されている(図4)。これには硫黄成分の血管拡張作用以外にも、先述の温泉保温効果による持続的な血管拡張効果も重なっている結果と推定される。

ヨーロッパでひろく利用されている飲泉は、わが国では主として消化器系疾患で利用されているに過ぎない。ナトリウム塩化物(食塩)泉、二酸化炭素(炭酸)泉、ナトリウム炭酸水素塩(重曹)泉、硫酸塩(硫酸塩)泉、カルシウム・マグネシウム炭酸水素塩(重碳酸土類)泉、単純放射能(放

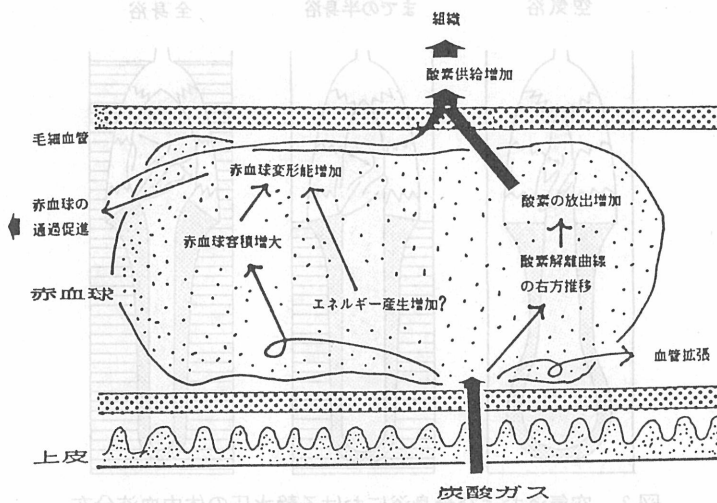


図3 炭酸ガスの作用機序



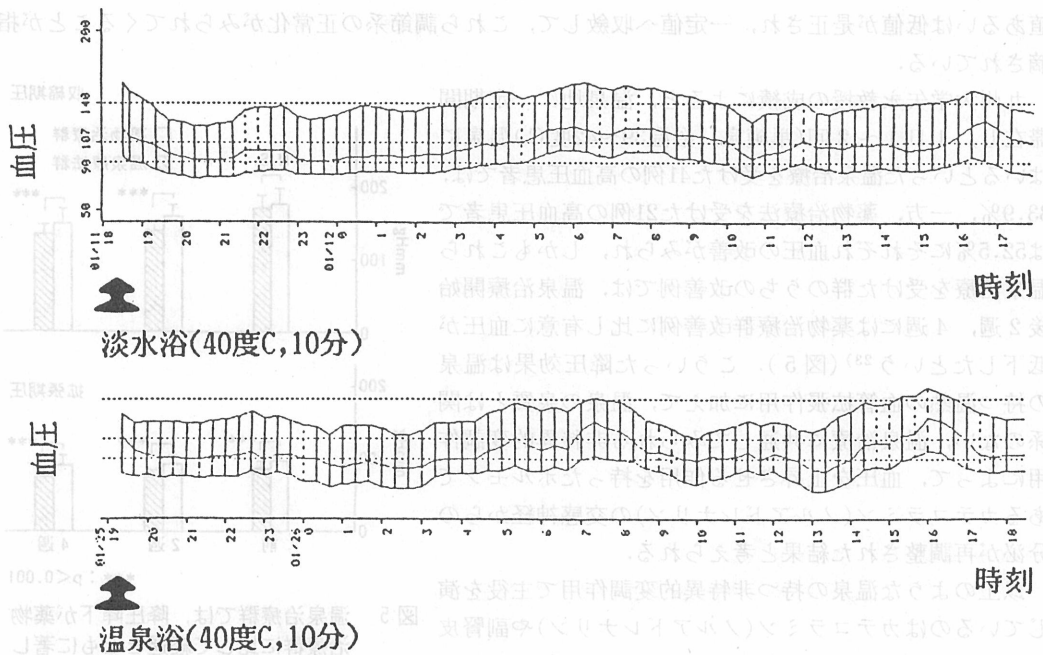


図4 高血圧患者の血圧日内変化におよぼす草津温泉の影響(57歳, 男)

射能)泉などがその適応泉とされているが、古くから飲泉効果が知られているのは、胃液および胆汁分泌作用である<sup>16)17)</sup>。酸性泉や炭酸泉は、胃液分泌能の低下した高齢者に多い無酸症、低酸症により、また加齢とともに出来易くなる胆石に対して、また高齢者では腸管の運動が低下して便秘が起こり易くなるので、胆汁分泌を促し、腸管の蠕動を促す作用を持った硫酸塩泉が高齢者には勧められる。

胃粘膜血流の減少が胃炎や消化性潰瘍の発症、再発に重要な役割を演じていることが指摘されている。飲泉がこの胃粘膜血流にいかなる影響を及ぼすかは極めて興味のある点であるが、最近、ナトリウム塩化物泉の1回飲泉<sup>18)</sup>あるいは2週間連日の飲泉後<sup>19)</sup>の胃粘膜血流量の検討成績が報告されているが、とくに前者において、胃粘膜血流の改善がもたらされるという。この効果が温泉の化学的作用によるか否かなお明らかではないが、飲泉療法の医学的有用性を示唆する重要な研究と思われ、高齢者でも決して少なくないこういった疾患患者に対する飲泉療法を考える上で興味ある研究と思われる。

### 5) 非特異的変調作用

人体の機能のリズムを変える作用といえるこの温泉の長期間にわたる連浴の効果は、古くから湯治として知られて来た。この作用は温泉成分、温度、水圧などとは無関係に、温泉の温熱が反復中枢を刺激し、内分泌、代謝系に作用し、さらには温泉地という環境下での精神的、肉体的リラクセスがこれに複雑に関わって自律神経系、内分泌系の調節異常を是正する総合作用と言える<sup>20)21)</sup>。この場合、作用を受けるヒトの面からみると、内分泌や自律神経といった生体機能の反応あるいは代償作用はリズム的時間構造をとり、温泉治療を含む環境に適応しながら、病的状態から正常化していくと考えられている<sup>22)</sup>。この非特異的変調作用には、温泉の皮膚刺激の程度が大きな影響を持つ。例えば酸性泉やアルカリ泉、高温泉などでは非特異的作用が現れ易く、食塩泉や重曹泉などの皮膚刺激の緩和な泉質ではその作用が緩徐に現れる。通常、2～3週間の連浴で、心拍数、血圧、カテコラミン、ユーチゾル、心電図RP間隔などの自律神経、内分泌機能の異常高

値あるいは低値が是正され、一定値へ収斂して、これら調節系の正常化がみられてくることが指摘されている。

九州大学矢永教授の成績によると、温泉地に一定期間滞在し、1日1～2回(単純泉、浴温39～42度C)温泉にはいるといった温泉治療を受けた41例の高血圧患者では、83.9%、一方、薬物治療法を受けた21例の高血圧患者では52.5%にそれぞれ血圧の改善がみられ、しかもこれら温泉治療を受けた群のうちの改善例では、温泉治療開始後2週、4週には薬物治療群改善例に比し有意に血圧が低下したという<sup>23)</sup>(図5)。こういった降圧効果は温泉の持つ温熱の血管拡張作用に加えて、温泉の泉質とは関係のない、温泉治療に共通してみられる非特異的変調作用によって、血圧を上昇させる作用を持ったホルモンであるカテコラミン(ノルアドレナリン)の交感神経からの分泌が再調整された結果と考えられる。

以上のような温泉の持つ非特異的変調作用で主役を演じているのはカテコラミン(ノルアドレナリン)や副腎皮質ホルモン(コルチゾル)であるが、一方、これらホルモンの産生器官である視床下部、下垂体副腎系においては、老年者では、例えば視床下部の生物時計は不変であるが、神経伝達系に關与するカテコラミン代謝に關与する酵素が減少する、下垂体副腎系の日内リズムや反応は不変であるが、1日コルチゾル分泌量は減少するなどの老化に伴う諸変化が指摘されている。こういった温泉のもつ非特異的変調作用が、老年者でも一般成人と同程度の効果を発揮するのか否か、今後の検討課題であろう。

### 6) その他の作用

アルカリ性単純泉の温泉浴の1回あるいは連続浴によって、線溶系活性亢進がみられることが報告されている<sup>24)25)</sup>。このことは形成された血栓を温泉浴がある程度溶解する可能性を示唆し、とくに血栓性疾患(脳血栓や心筋梗塞など)患者の長期の温泉治療に医学的根拠を与えるものであり、この線溶活性亢進が一次か、あるいは温泉浴による二次的なものかは別として、今後の成績の積み重ねが待たれる。

## 3. 温泉で誘発され易い老年者の急性疾患

以上、これまでは温泉の老年者におよぼす医学的効果を述べてきたが、先述したごとく、老年者では、温泉という刺激に、体に合わせた都合のよい適応を常にとるとは限らず、逆に障害的作用を惹起することもありうる。事実、温泉地に来て急性疾患を発症することは老年者で決して珍しいことではないし、温泉地にある病院扱いによる報告でも、とくに循環器系や脳血管系疾患がその中で占める割合が少なくないことも指摘されている<sup>26)27)</sup>。よく見られるケースは、温泉浴中に脳貧血や不整脈を起こし、老年者の場合、時には致命的となる例もなくはない。一般には、入浴直後から出浴に至る一連の動作に伴って血圧には一定の変化が見られる(図6)。入浴直後の温熱による交感神経刺激による一過性の血圧上昇(温泉の温度の高い程強い)、ついで温泉の温熱あるいは化学作用による血管拡張で起こる血圧低下状態(入浴中は静水圧によって血管拡張は抑制されるので強い血圧低下は起こらない)、出浴時立ち上がる

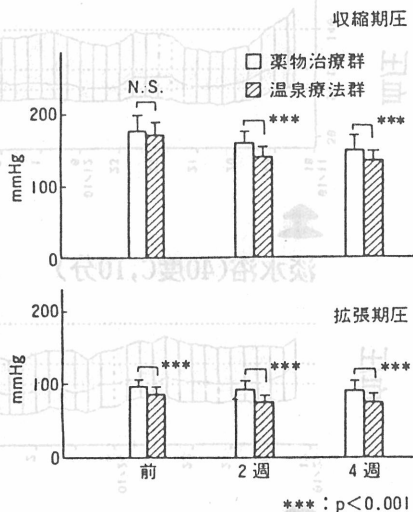


図5 温泉治療群では、降圧降下が薬物治療群に比して経過とともに著しくなる(高血圧症患者)

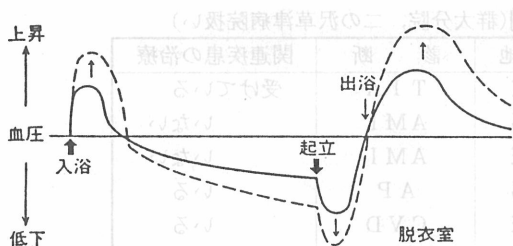


図6 入浴に伴う血圧の変動  
点線は温泉が高温な程、また脱衣室の温度が低い程、血圧の変動のはげしいことを意味している。

と静水圧がなくなり、拡張した下半身の血管に血液が遍在して血圧が維持出来なくなり起きてくる起立性低血圧(急激に立ち上がる程強い)、脱衣室の低温による交感神経刺激による一過性血圧上昇(脱衣室が寒い程強い)といった血圧の変化の一連のパターンである。このような血圧のゆさぶりは動脈硬化の進展した高齢者では脳、心といった重要臓器の不可逆的な血行障害を起し兼ねない危険を持っている。

さて、血液にはそれなりの粘りがあって、血管の中を流れている。血液が濃くなると粘度は亢進し、薄くなると粘度は低下して、血液の流れは遅くなったり、速くなったりする。血液の流れが極端に遅くなると、血管内に血栓を作る危険が増す。血液の流れは、血液粘度以外にも、心拍出量や血圧、血管の状態など様々な要因によって変化を受けるが、とくに高齢者における血液粘度亢進は血栓形成の引金の一つとして注目されている。この血液粘度は入浴温度(温度の高い程粘度は上昇する)<sup>28)</sup>、入浴時の水位(水位が深い程血液粘度は上昇する)<sup>29)</sup>によって血液粘度の上昇程度には違いがみられる(図7)。座位でも、顎までつかると急激な血液粘度上昇がみられる。上述の血圧の低下と血液粘度の上昇の同時出現、とくに血管内腔のせまくなっている高齢者では血液の流れを妨げ、ひいては血栓形成の引金ともなりかねない危険を持つものであり、従ってこういった点に配慮した温泉浴が高齢者ではとくに大切なこととなる。表1は草津温泉に湯治に来ていて、発症し、私どもの所を含む2医療機関に緊急入院した患者を表示したものである。このうち、注目される点は、高齢者がその殆どを占めていること、血栓形成に起因する疾患(脳血栓、急性心筋梗塞など)や一過性血行障害(狭心症、一過性脳虚血など)が比較的に目立つことで、とく

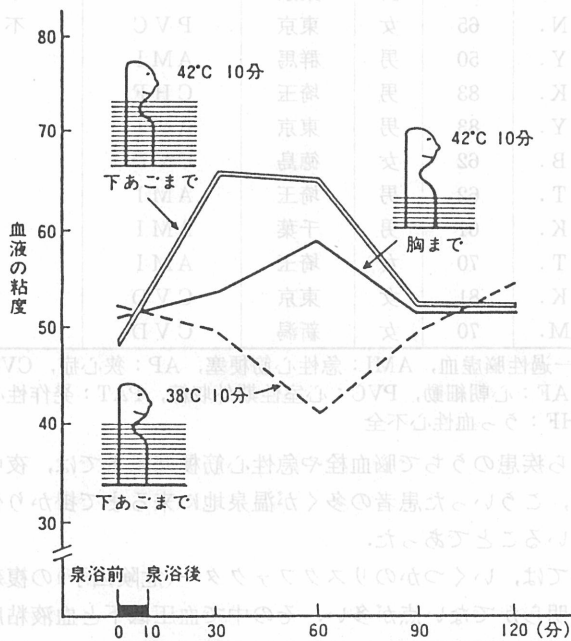


図7 入浴時の温度、深さによる血液粘度の変化

表1 草津温泉来湯者の急性疾患発症例(群大分院, 二の沢草津病院扱い)

No.	患者名	年齢	性	出発地	診断	関連疾患の治療
1	Y.M.	70	女	東京	TIA	受けている
2	J.Y.	64	男	群馬	AMI	いない
3	M.T.	69	女	埼玉	AMI	いない
4	S.I.	79	男	群馬	AP	いる
5	Y.S.	66	男	埼玉	CVD	いる
6	T.I.	84	男	愛知	AF	いない
7	K.T.	75	女	埼玉	AMI	いる
8	H.K.	60	男	新潟	AP	いる
9	T.N.	69	男	東京	AP	いる
10	E.M.	85	女	埼玉	CVD	いない
11	M.F.	58	女	群馬	AP	不明
12	F.M.	72	女	東京	AP	不明
13	S.N.	77	女	東京	AF.PVC	いる
14	M.H.	58	男	群馬	CVD	いる
15	M.M.	50	女	群馬	TIA	不明
16	I.S.	49	男	福島	CVD	不明
17	H.K.	64	女	群馬	CVD	いない
18	F.U.	72	女	栃木	CVD	不明
19	M.Y.	75	男	長野	AP	不明
20	S.M.	77	女	埼玉	CVD	いる
21	F.W.	51	男	埼玉	CVD	いない
22	I.N.	64	男	大阪	CVD	不明
23	T.U.	70	男	静岡	CVD	不明
24	S.K.	81	女	東京	PAT	不明
25	H.N.	65	女	東京	PVC	不明
26	Y.Y.	50	男	群馬	AMI	いない
27	T.K.	83	男	埼玉	CHF	いる
28	K.Y.	83	男	東京	AMI	いる
29	K.B.	62	女	徳島	CVD	いる
30	S.T.	62	男	埼玉	AMI	いる
31	H.K.	61	男	千葉	AMI	いる
32	M.T.	70	女	埼玉	AMI	いる
33	K.K.	81	女	東京	CVD	いない
34	T.M.	70	女	新潟	CVD	いる

(註)TIA:一過性脳虚血, AMI:急性心筋梗塞, AP:狭心症, CVD:脳血管障害, AF:心朝細動, PVC:心室性期外収縮, PAT:発作性心房性頻拍症, CHF:うっ血性心不全

に興味深いのは, これら疾患のうちで脳血栓や急性心筋梗塞患者では, 夜中から朝方にかけて発症が集中している点で, こういった患者の多くが温泉地に来るまで掛かり付けの医者から処方された薬剤を持って来ていることであった。

血栓形成機序については, いくつかのリスクファクター(危険因子)の複雑な相互作用が考えられているものの, なお明らかでない点が多い。その中で血圧低下と血液粘度亢進もその因子として重要視されている。そこで温泉地における著者らの経験例をもとに, 以下に著者なりの温泉地における血栓発症機転につき考察を加えてみたい。通常, 血圧は朝から日中にかけて上昇し, 午

後から低下し始めて夜中には最も低い状態となる日内変化をとる。ところが草津温泉のような硫黄泉に前の晩に入ると既に図4で示されたように、夜中から朝方にかけての血圧低下がより強くなる傾向が見られてくる。

一方、血液粘度にも一定の日内変化があって、通常これも血圧と同じく夜間に低下し朝方から上昇し始める日内変化がみられる例が多い<sup>31)</sup>。ところが、前の晩8時に温泉(40度C, 10分)に入った時には、入らなかった時に比して早朝の血液粘度の上昇がより急峻となる傾向があり(図8)、この時点で血圧の低下状態があると、血管内での血栓形成の危険が高くなると考えられる。この場合、降圧剤を前の晩に服用していると降圧降下が翌朝までつづく恐れがあり、一層この危険が増加することとなる。

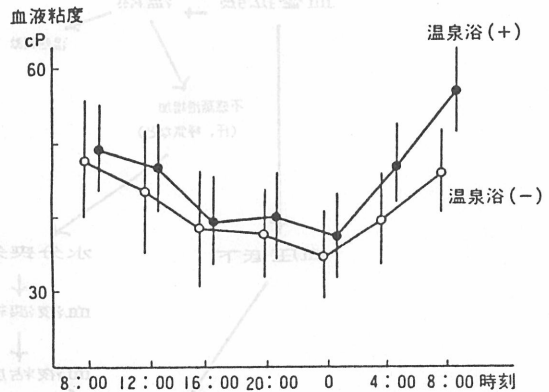


図8 温泉浴による血液粘度の日内変化

ところで、腎は体の中の水分を一定に保持する上で重要な働きを担っている。つまり体に水分不足があると、尿が腎を通過中に尿からの水分再吸収が起こり、水分が体に再び戻されるといった仕組みが備わっている。腎にこのような指示を伝えるのは脳下垂体から分泌される抗利尿ホルモン(ADH)であるが、高齢者では腎のこのホルモンに対する感受性が衰えているため、体内に水分不足が起こってADHが多量に分泌されても、腎の再吸収増加が起きて来ず(尿濃縮力低下)、水分不足を防ごうとする力が弱くなる。

一般に、温泉に入ると先述した様に、心拍出量増加、心房性ナトリウム利尿ホルモン(ANP)分泌増加、温熱によるANP分泌促進などにより尿生成が増大する一方で、温泉の保温効果もあって一層発汗や呼気による水分喪失が多くなる。一方で、体の中の水分不足(脱水)を敏感に感ずる神経核(渴中枢)が高齢者では鈍麻する。従って高齢者では脱水し易く、その脱水を補おうとする反応が起こりにくい。この様な理由で、高齢者では体内の水分不足が容易に起こると考えられる(図9)。

#### 4. おわりに

以上、温泉と高齢者の関わりを医学面より考えてみたが、温泉の神秘さ、不可解さに加えて、老化という複雑な過程を内臓した高齢者との関係は明らかでない点が多く、また、現在著者自身が経験している温泉地における、とくに高齢者の血栓性疾患発症は無視することの出来ない事実である。この発症機転については、かなり著者の独断的な面を述べさせて戴いたが、この解明とその予防も温泉医学の重要な1テーマと考えられる。おわりに、高齢者に適切な温泉地での過ごし方の要点を著者なりに挙げて、まとめたい。

温泉の温度：42度C以上のあつ湯は避ける。一方、寒冷時、脱衣室は湯冷めしないような室温に維持出来るよう、旅館側は家屋構造を考えるべきである。

湯舟のつかり方：西洋式の臥位で入浴するのがよいが、坐位の場合には水位は心臓どまりとする。降圧剤の服用：就寝前の服用はさける。出発前に医師と相談しておく。

宿の過ごし方：アルコール類は無理に飲んだり、飲んだ後の入浴はもちろん危険だが、アルコール摂取や温泉浴による利尿、水分喪失が起こるので水分は十分摂取する。

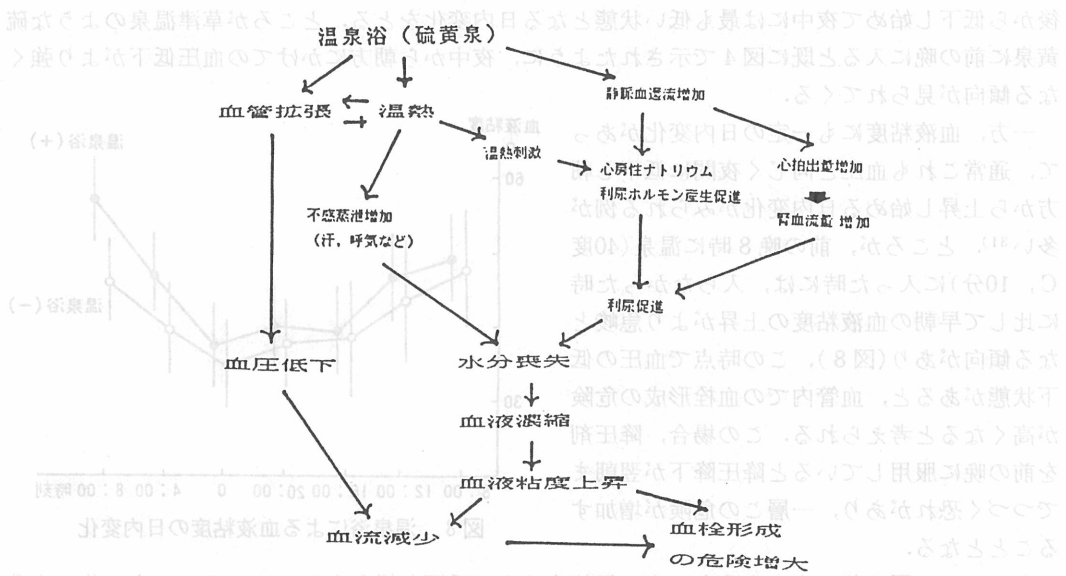


図9 草津温泉の生体におよぼす諸作用

いずれにしろ精神的、肉体的に普段とかけ離れた行動は、聞こえはよいが、老年者にとっては好ましくない。

文 献

- 1) 斎藤幾久次郎：温泉の作用と応用，北医誌，46：56，1971
- 2) 延永 正：日本の温泉，(4)温泉医学，温泉科学，22：66，1971
- 3) 大島良雄：温泉医学，温泉科学，23：99，1972
- 4) 矢野良一ほか：温泉と老人病，温気物医誌，37：33，1973
- 5) Yoshihide Asanuma et al.：Augmentation of plasma atrial natriuretic peptide by hot water immersion in normal man，温気物医誌，51：199，1988
- 6) 慢性閉塞性呼吸器疾患の温泉療法に関する研究報告書，中央温泉研究所，1988年
- 7) 慢性閉塞性呼吸器疾患の温泉療法に関する研究報告書，中央温泉研究所，1989年
- 8) 田中信行：入浴の生理学，Fragrance J. 69：11，1984
- 9) 藤原敏雄ほか：無機塩類溶剤の機能と効果について，Fragrance J. 69：43，1984
- 10) 田中信行ほか：人工塩類バスクリンの効果に関する研究—循環動態，深部体温，自律神経機能，血液ガスの変化について—，温気物医誌，50：187，1987
- 11) 萬秀憲ほか：人工炭酸浴に関する研究(第1報)，炭酸泉の有効炭酸濃度について，温気物医誌，47：123，1984
- 12) 大島良雄：温泉治療学総論，温泉医学(日本温泉気候物理医学会編)，3頁，1990年
- 13) 白倉卓夫ほか：赤血球粘度におよぼす人工炭酸泉浴の効果，温気物医誌，51：78，1988
- 14) 白倉卓夫ほか：ヘモグロビン酸素解離曲線におよぼす人工炭酸泉浴の効果，温気物医誌，51：83，1988
- 15) 白倉卓夫ほか：温泉の効能の検討，とくに高血圧症について，温気物医誌，53：7，1989
- 16) 杉山尚：消化器疾患の温泉療法，温泉医学(日本温泉気候物理医学会編)，240頁，1990年
- 17) 原田英雄：飲泉療法—消化器疾患を中心に，温気物医誌，50：30，1986



- 18) 田中淳太郎ほか：胃粘膜血流に及ぼす温泉水の効果，第1報，1回の飲泉の効果に関する検討，温気物医誌，51: 153, 1988
- 19) 田中淳太郎ほか：胃粘膜血流に及ぼす温泉水の効果，第2報，連日飲泉の効果に関する検討，温気物医誌，52: 127, 1989
- 20) Suzuki, J. et al.: Changes in the endocrinological system by serial immersion in a high sulfate hot spring, with special reference to evaluation on psychosomatic diseases, Tohoku J. exp. Med. 130: 253, 1980
- 21) 吉崎秀夫ほか：連続的温泉浴による心血管系指標の変動—特に治療効果との関連について，温気物医誌，51: 181, 1988
- 22) 阿岸祐幸：温泉療法と生体リズム，総合リハ，17: 561, 1989
- 23) 矢永尚士ほか：循環器疾患の温泉療法，温泉医学(日本温泉気候物理医学会編)，159頁，1990年
- 24) 出口晃ほか：血液凝固線溶能からみた温泉浴効果の検討，温気物医誌，52: 73, 1989
- 25) 丸山芳一ほか：温泉浴による線溶賦活について，温気物医誌，52: 104, 1989
- 26) 白倉卓夫：脳卒中と温泉，保健の科学，32: 276, 1990
- 27) 大平敏樹ほか：温泉旅行客の内科緊急入院の実態，温気物医誌，52: 181, 1989
- 28) 白倉卓夫：脳血栓症患者の温泉浴後の血液粘度の変化，医と生物，105: 283, 1982
- 29) 白倉卓夫ほか：脳血栓症患者の温泉浴後の血液粘度におよぼす水位の影響，医と生物，106: 353, 1983
- 30) Kubota, K. et al.: Is the circadian change in hematocrit and blood viscosity a factor triggering cerebral and myocardial infarction? Stroke 18: 812, 1987

## Abstract

Thermal waters from 46 hot springs (including drillholes) in the non-volcanic region of Toiyama were chemically and isotopically analyzed. The chemical analyses have indicated that there exist various types of hot spring water in the region. The chemical and isotopic data for the Na-Cl-HCO<sub>3</sub> and Na-HCO<sub>3</sub>-Cl thermal waters associated with Cretaceous granites in the Kurobe gneiss suggest that chemical and isotopic equilibrium temperatures of the water range from 150°C to 200°C, and that they are of local meteoric origin. The  $\delta^{34}\text{S}$  value of sulfates dissolved in the water is in the same range with that for sulfur in the Cretaceous granite in Japan. The dissolved sulfates are, therefore, considered to originate from the interaction between granites and water. The Na-Cl and Na-Ca-Cl brines from Tertiary sedimentary formations underlying the Toiyama and Tozumi plains and their adjacent hills are the mixture of local groundwater and fossil sea water. The  $\delta^{34}\text{S}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values of sulfates dissolved in the brines indicate that the dissolved sulfates are isotopically similar to sulfate minerals in Green Tuff formations and can be considered to be sea water sulfate leached from the formations. It is also suggested that the brines have undergone bacterial reduction of sulfate in the aquifers, to varying extent. Several hot brines show the oxygen isotope shift of up to 3‰, suggesting that the brines have undergone oxygen isotope exchange with silicate rocks in the depths. Carbon dioxide-rich waters are associated with active fault systems. The carbon isotopic data suggest that the waters are formed by dissolution of carbon dioxide of deep origin, ascending through the fault systems, into meteoric ground water and by subsequent water-rock interactions.

## おわりに

富山県には、平野部から山間部にかけて約100の温泉が分布する(図1)。この温泉のほとんどは、富山県東部の山火に由来する。富山県東部の山火は、富山県東部の山火に由来する。富山県東部の山火は、富山県東部の山火に由来する。