Ⅲ．入浴と各種生体機能
(1) 循環機能

大塚　吉則　　北海道大学保健管理センター

研究要旨

入浴の生体に与える影響は温熱、静水圧、浮力作用などから成り立っている。熱くも冷たくもなく、血圧や心拍数などの変化がほとんど認められない不感温度（35℃～36℃）を超えて水温が38℃以上になると心拍数、心拍出量などが明らかに増加し、特に42℃以上の高温浴は交感神経を緊張させる作用が強くなる。また、水中では人体と水との間で熱エネルギーの移行が生じ、42℃の湯に20分間浸かると約220 kcalの熱量が体内へ入り、不感温度以下の入浴ではエネルギーは人体から水中へ出て行くようになる。

42℃での全身浴では血液粘度が明らかに上昇するが、38℃ではむしろ低下し、42℃でも半身浴だと粘度の上昇は極軽度になる。

全身浴では全身に水圧が加わるため、皮膚表面の静脈や肝臓が圧迫されて血液が大量に心臓に環流してくるので心臓にかかる負担が大きくなる。また、横隔膜が押し上げられて肺の容量が少なくなるので呼吸にも負担がかかる。一方浮力に関しては、水面から頭だけを出している状態で、体重はおよそ9から10分の1になり、水位が胸の高さでは3分の1位になる。

このように入浴時における生体の反応は種々の物理的作用の総和の結果として現れてくるが、中でも温熱作用による影響が大である。

Ⅰ　入浴生理総論と予防医学的意義

入浴することにより身体には(1)温熱、(2)静水圧、(3)浮力などが物理的因子として作用してくる。このうち温熱作用が最も生理的な変化をもたらすものである。

1. 温熱

1）水温による分類と血圧、脈拍、体温に与える影響

入浴は水温によって冷水浴（24℃以下）、低温浴（25℃～34℃）、不感温度浴（35℃～36℃）、微温浴（37℃～39℃）、温浴（40～41℃）、高温浴（42℃以上）に分類される（表1）。

表1 水温による分類

水　温	入浴の分類
25℃未満	冷水浴
25℃～34℃	低温浴
35℃～36℃	不感温度浴
37℃～39℃	微温浴
40℃～41℃	温　浴
42℃以上	高温浴

不感温度とはその水温では熱くも冷たくも感じず、血圧や心拍数などの生理機能の変化がほとんど認められない温度をさす。水温が38℃以上になると心拍数、心拍出量などが増加してくる。末梢循環系では、毛細血管、小

動脈、静脈が拡張し血流量や血流速度が増加し、末梢血管抵抗が減少してくる。42℃以上の高温浴は交感神経を緊張させる作用がある。高温浴は精神的にも肉体的にも活動的な状態を作り出す。10 分間 42℃の湯に浸かると、血圧は入浴直後から上昇し始めて 20～40 ミリ水銀柱くらい増加する（図 1)。これは熱い湯による刺激で交感神経が興奮して血管を収縮させ、急に血圧を上げてしまうからである。脈拍は 40 拍ほど（図 2)，体温も 2℃程度上昇してくる（図 3)。したがって、高血圧症、動脈硬化症の患者や高齢者ではこのような高温浴は避けるべきである。

図 1 浴水温と血圧の変化量

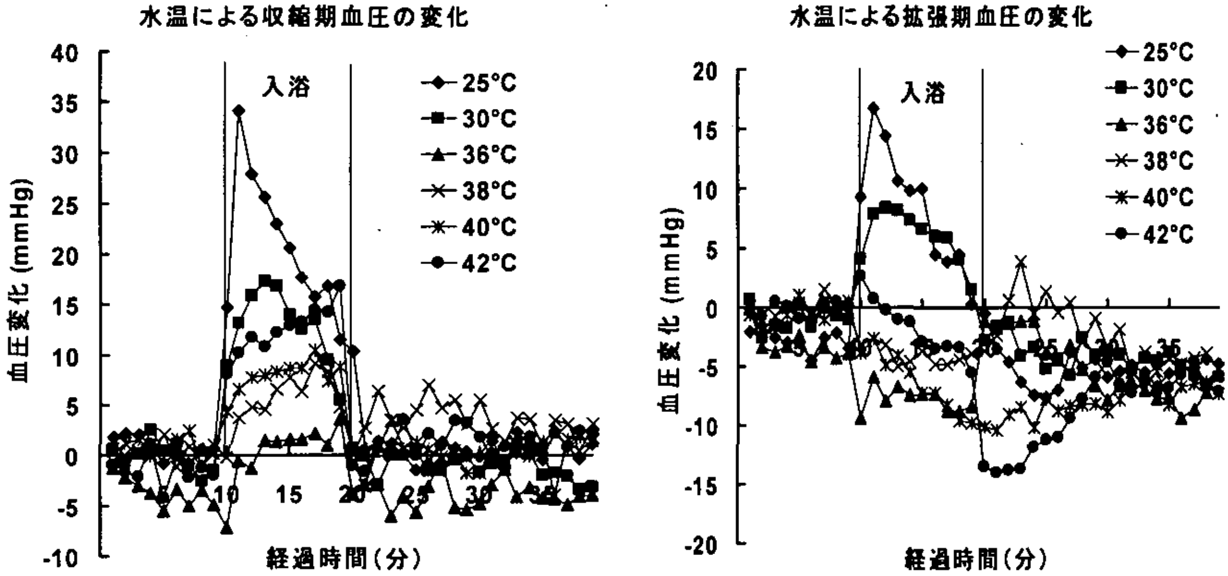


図 2 浴水温と脈拍の変化

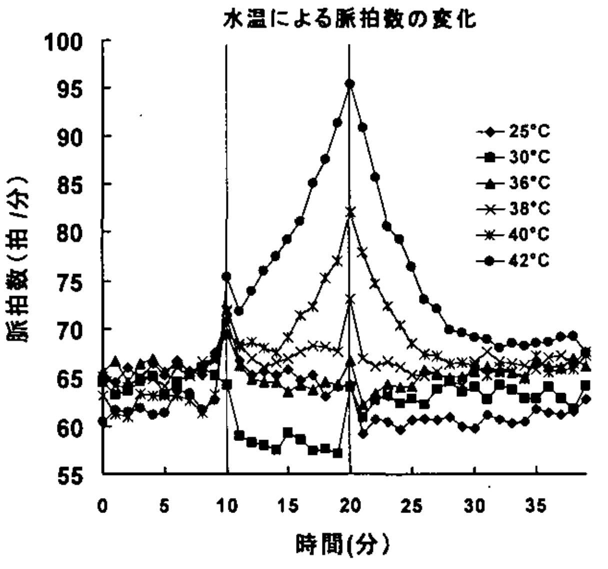
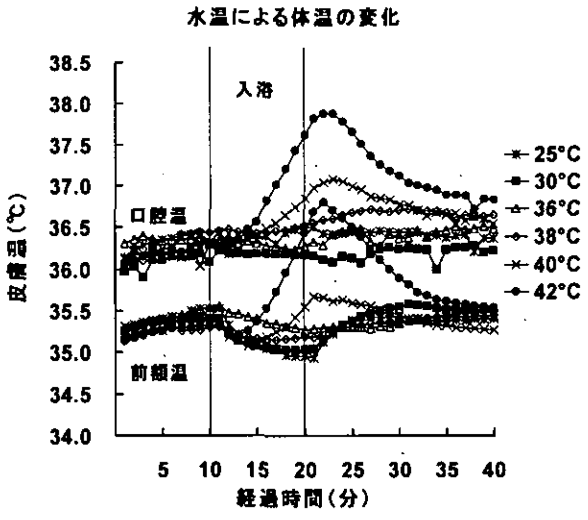


図 3 浴水温と皮膚温



ところが 37℃～39℃程度のぬるめの微温浴は、副交感神経系を刺激するために高温浴時とは異なった反応を示すようになる。軽度の血圧・脈拍・体温の変化は認められるが、精神的にもリラックスした状態になる。したがって、低血圧で頭がボーッとして寝起きの悪い方は、熱いシャワーを寝起きに浴びるとシャキッとするし、精神的なストレスから解放されたい時や、就寝前にはぬるめのお湯にゆったりと浸かると効果的である。

また冬期間などは熱いお湯に入った方が温まるような感じがするが、実際は熱いお湯に短時間入るよりも、ぬるめのお湯にゆっくりと浸かっていた方が身体が芯から温まり、湯冷めしづらくなる。また、実際にはサウナ後の冷水浴など特殊な場合を除いて行われないが、冷水浴、低温浴でも血圧、脈拍の上昇が認められている（図 1)。

2) 水温とエネルギー移行

水中では人体と水との間で熱エネルギーの移行が生じる。たとえば 42℃の湯に 20 分間浸かると約 220 kcal、40℃では約 110 kcal、39℃で約 50 kcal の熱量が体内へ移行する。36℃の不感温度ではほとんどエネルギーの出入りは起こらない。逆に不感温度以下の入浴では体温を低下させないように人体は熱を産生するので、エネルギーは人体から水中へ移行する。つまり人体はエネルギーを消費することになる（図 4、Drexel H: Hydro-und Thermotherapie. In:Klinisches Lehrbuch der Physikalischen Therapie, 1970;p261-332.）

3) 水温と血液粘度、凝固・線溶系

42℃での全身浴では血液粘度が明らかに上昇する。38℃の微温浴では血液粘度はむしろ低下し、42℃でも胃のあたりまで浸かる半身浴の際には、血液粘度の上昇は極軽度になる（図 5)。血液粘度の上昇は入浴による発汗のために生じる脱水が原因でおこり、血液中の水分が少なくなるために血液が濃くなり血管内を流れにくくなる。したがって、血栓性疾患の患者や高齢者では高温浴は危険である。

図 4 水温と熱エネルギーの移行量

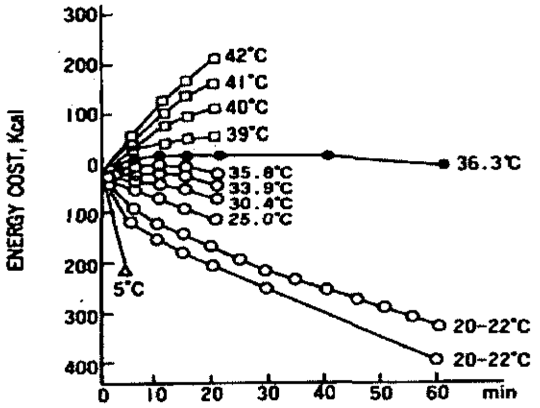
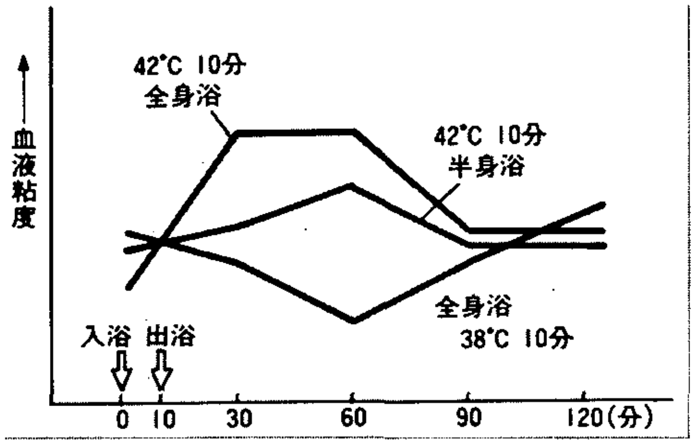


図 5 水温と血液粘度[1)]
（白倉：草津温泉の医学、温泉科学 49：106-116)



さらには極端な例だが、草津温泉の時間湯の場合その水温は 47℃である。時間湯では血栓を溶かす作用である線溶系が抑制され、血小板機能が活性化されてくることがわかっており、やはり高温浴は血栓を形成する方向に働くのである。一方、水温の影響をほとんど無視できる 34℃（不感温度）では、線溶系の

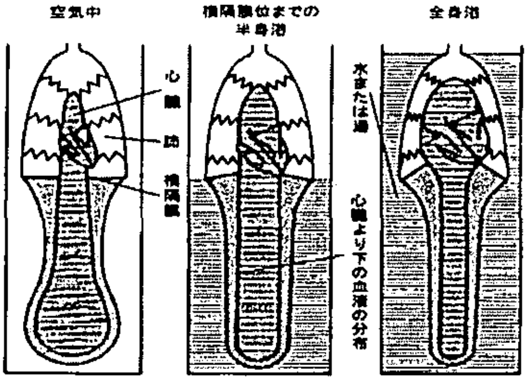
活動が高まることが報告されている（変化がないとする説もある）。このことは血栓性疾患に対する温泉療法の有効性を説明する一つの根拠になる。

さて、それでは入浴後の血栓形成傾向を予防するにはどうしたらよいのか。一般には夕食後入浴することが多く、夜間から明け方に脳梗塞が発生しやすくなるので、入浴後では、寝る前にコップ一杯の水分を摂取することを勧める。高齢者は渇中枢の働きが低下しており、口渇の自覚がなくとも水分を摂取するべきである。この際、ビールではかえって脱水傾向になり、ジュースでは(甘いために)充分の量を摂取できず、水では夜間尿意を催しやすいので、ぬるま湯の飲用を指導している。

2. 静水圧

水中では水深が1m増すごとに 76mmHg（ミリ水銀柱、0.1気圧）ずつの水圧が身体の表面に加わる（静水圧）。たとえば立ったまま首まで浸かるとふくらはぎの周囲径が1から1.5cm減少する。腹囲は3から5cm、胸囲は2から3cmくらい細くなる。静水圧は心臓や横隔膜にも影響を及ぼす。全身に水圧が加わるため、その圧力で血管、特に皮膚表面の静脈や臓器では肝臓が圧迫されて血液が大量に心臓に環流してくる。そのため普段は400から450mlの心臓内血液量が600から750mlに増え、心臓にかかる負担が大きくなる。この際、central hypervolemia（心臓に多量の血液が流入してくること）により心房にかかる圧が増加し、心房に存在する圧受容体を介して renin-aldosterone（レニン－アルドステロン）系の抑制、atrial natriuretic peptide (ANP、心房性ナトリウム利尿ペプチド)の分泌増加、antidiuretic hormone (ADH、抗利尿ホルモン）分泌抑制などにより、ナトリウムや水利尿が起きてくる（尿量が増える）。また、横隔膜が押し上げられて肺の容量が1リットル程度少なくなるので、これを補うため呼吸数が増加する。この様に水圧という外部からの刺激を受けることにより、心肺系の活動性が増すことになる（図6）。

図6 入浴と静水圧[2)]



空気中に立っている状態では重力のために血液は下半身により多く分布している。身体の水中部分に静水圧が加わると、その部分に分布していた血液が圧迫されて心臓に向かい、心臓の容積が増えてくる。

したがって、心臓や肺に病気を持っている方は首まで浸かる全身浴は、静水圧により過大の負荷が心肺にかかるので避けるべきと思われる。逆に、この水圧を心肺機能の鍛錬に利用することが可能である。一方、横隔膜の高さまでの半身浴は、重力の影響がなくなり、ちょうど空気中で身体を横たえた時と同じ程度に心臓内に血液量が増加する（約130ml）。したがって半身浴は心機能が低下している患者にもあまり心臓に負担をかけずにすむ入浴法である。この際、もしも寒さを感じるようであれば、タオルなどを肩に掛けてお湯をかけるようにすれば、寒さを感じなくてすむ。我々日本人は肩まですっかり浸からなければお風呂に入った気がしないが、西洋式バスタブの方が静水圧が少なく、心肺に負担をかけずに入浴できることができる。また、水深を浅くして文字通り仰向けに寝る「寝湯」と呼ばれる入浴法があるが、この入浴法はリラックス効果があることが知られており、さらに

は心肺機能にかかる負担が少ないので、心臓の悪い方でも比較的安全に入浴することが可能と思われる。

3. 浮力

水中では人間の身体は浮力を受けて軽くなる。水面から頭だけを出している状態で、体重はおよそ9から10分の1になり、水位が胸の高さでは3分の1位になる。そのため筋肉や関節の障害、神経麻痺やリウマチなどによる運動機能障害などがある方でも無理なく運動ができるようになる。また、関節痛があっても温熱作用で温められるため、痛みも軽減して関節の可動域が拡大する。例えば、障害の程度が重くて寝たきりの病人であっても、水中では水の粘稠性を利用すればちょっとした介護で立つことが可能になる。そうすると回復への意欲が出てくる。さらには、肥満者では運動中膝に負担がかかり関節を傷める危険性があるが、水中では浮力を得られるので楽に安全に運動が行える。その上水中での運動は、水の抵抗があるのでエネルギー消費量が多くなるので、肥満解消に水中での運動は安全で効果的である。この様に、リハビリテーションでは水中運動が特別に大きな意味を持つと言える。家庭の浴槽内では普通運動はできないが、手足を伸ばしたり縮めたりなど水の抵抗を利用した軽い運動は可能であり、この程度の運動でもリハビリテーションとしての意義はある。

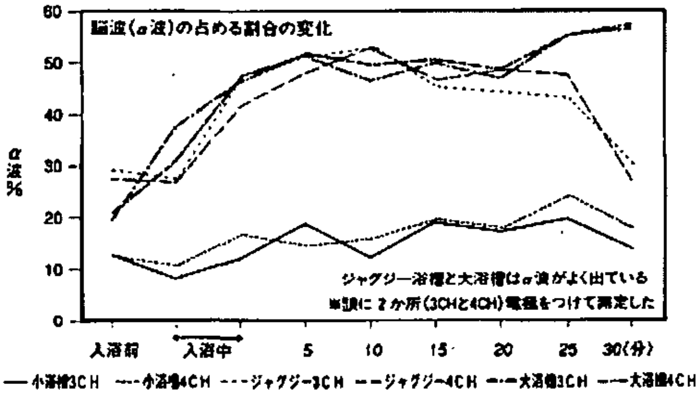
4. 静脈血の動脈血化

臨床的にみて、浴水温が高いほど筋、関節の鎮痛、弛緩作用が強くなり、運動器の可動域が増すので、温水中での運動は運動療法として極めて有効である。また、42℃の湯中に10分間浸かった後に静脈血を採血すると、動脈血のような鮮紅色に近くなる。これは末梢血管が拡張して皮膚直下の動静脈吻合部が十分に開き、圧力の高い動脈系から静脈系へ血液が流入して、静脈血の動脈血化という現象が生じるからである。そのため酸素を含んだ血液が体の隅々まで行き渡り、代謝も盛んになる。

5. 大きなお風呂と小さなお風呂

さて、私たちは温泉に行って広い湯船に浸かると、心身ともにのびのびとした気分になり、とてもリラックスできる。これは家庭の狭い湯船に手足を曲げながらきつい思いをして入浴している時には、いくら温泉の元などを使用しても味わえない気分である。大きなお風呂と小さなお風呂に入った際のリラックス度を検討した。図7に脳波中のα波の割合の変化を示す。

図7 α波割合に与える浴槽サイズの影響



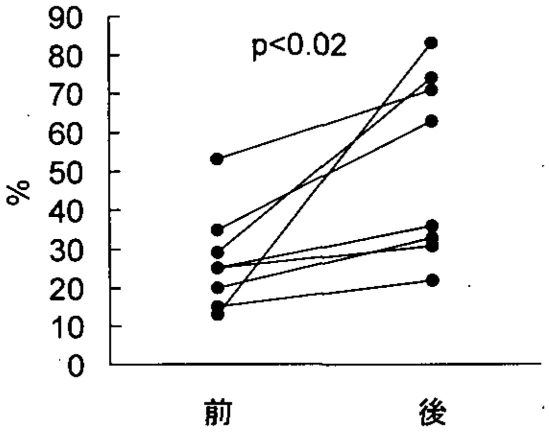
α波は心が安定してリラックスしている状態の時に出現してくる脳波である。入浴前に30分の安静の後、大きなお風呂やジャグジー付きの大きなお風呂に入ると、このα波の脳波全体に占める割合が増加し、出浴後もこの状態が続くが、小さなお風呂に入ってもα波の割合は変化しなかった。また副交感神経の活動度をみてみると、大きなお風呂に入った時の方が小さなお風呂に入った時よりも、浴

後活発化しており、やはり大きなお風呂のリラックス効果は間違いない。さらにはサーモグラフィーによる検討で、大きなお風呂に入ったほうが湯冷めしにくいことが証明されている。

6. 温泉の脱ストレス作用[3)]

国立弟子屈病院入院中の患者（免疫系を参照）において、温泉療法の前後で就寝時から翌朝起床時までの夜間尿を畜尿して、尿中17ーケトステロイド硫酸（17KSS）値と17ーヒドロキシコルチコステロイド（17OHCS）値の比（17KSS/17OHCS（S/OH)、ストレスバロメーター）の変化を検討したところ、全例で増加し、平均26.9±4.5%から51.6±8.3%へと有意の変化を示した（図8)。このS/OH比は肉体的な疾患である心筋梗塞、脳梗塞、各種臓器の悪性腫瘍などの罹患時に低下するばかりでなく、家庭・仕事での悩み事・心配事など心理社会的ストレスに対しても反応して低下することが知られている。今回の検討では、測定し得た全例においてS/OH比が上昇しており、温泉療法における脱ストレス作用が証明された。

図8 ストレスバロメーター(17KSS/17OHCS)の変化（年齢の一致した正常者に対する%で表す）



文献

1) 白倉卓夫：草津温泉の医学、温泉科学49：106-116.

2) Drexel H: Hydro-und Thermotherapie. In: Klinisches Lehrbuch der Physikalischen Therapie, 1970;p261-332.

3) 大塚吉則、中谷　純、及川隆司：単純泉における温泉療法による脱ストレス作用と免疫機能の変化　日温気物医誌 2002;65:121-127.

4) 大塚吉則：温泉療法ー癒しへのアプローチー　改訂2版2刷　南山堂、東京、2003.

Ⅲ.－（2）呼吸機能

倉林　均　　群馬大学医学部附属病院
リハビリテーション部

研究要旨

呼吸器疾患では換気、死腔、ガス交換、弾性、横隔膜などの物理的要素が大きく関与するため物理療法の役割は大きい。慢性閉塞性呼吸器疾患では肺の過膨張により横隔膜は平低化し換気効率が低下している。水浴の静水圧により腹腔内圧増加、横隔膜挙上、死腔減少、静脈還流増大、心拍出量増加、肺血流量増加となり換気効率は改善する。水中呼気法により気道内圧は上昇して末梢気道虚脱抑制される。温熱により末梢血管は拡張し毛細血管に短絡路が形成され心拍出量は増加しガス交換効率は改善する。浴室蒸気により喀痰粘稠度は低下し気道粘膜は湿潤化される。銭湯の利点は集団の中での訓練で、同じ病気を持つ人どうしのピアカウンセリングが自然発生し、日常生活への動機付け、健常人との交流がうまれ、地域社会の中で生きていく強い動機付けと意欲が育まれていく。日本の銭湯の文化は疾病や障害の療養やリハビリに極めて有用な方法であると結論できる。

I　はじめに

肺気腫、気管支喘息、慢性気管支炎、塵肺、肺線維症など慢性に経過する呼吸器疾患では化学療法や外科療法による慢性期の呼吸機能の改善はあまり大きくない。呼吸器疾患治療の作用点は換気、死腔、ガス交換、肺の弾性、横隔膜、胸郭などで、物理的な要素が大きく関与するため、慢性期においては特に理学療法の果たす役割は大きいといえる[1-3]。慢性呼吸器疾患は長い経過のなかで急性増悪や再発を何度も繰り返してきているため慢性の呼吸器疾患患者は運動負荷に対しては常に恐怖心を持っている。このため運動強度の大きい運動療法や煩雑な呼吸理学療法を退院後も個人で継続していくのは難しく、中断してしまうことが多いのが現状である。しかしわが国には古くから入浴の文化があり、温水浴や水治療に対する恐怖心はほとんどない。また日本には欧米のような個人主義の文化はなく、銭湯や隣組といった方法で地域の人々が集って相互援助していく集団主義の文化がある。このような日本独自の文化である銭湯や温泉を利用した水治療は親しみやすく、呼吸器疾患に対して多くの恩恵をもたらす可能性がある。

II　水浴と呼吸器

1. 静水圧

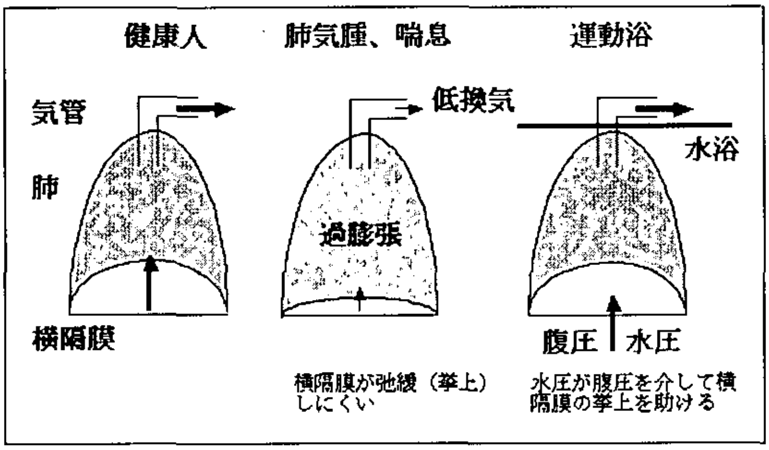
1）横隔膜

慢性閉塞性呼吸器疾患（COPD）では肺の過膨張により横隔膜は平低化している（図 1)。健康人の横隔膜は頭側に凸のドーム型であり、収縮により平らになることで吸気が行われるが、平低化した横隔膜ではこのような換気が著しく障害されてくる。水浴すると静水圧により腹腔内圧は高まり、横隔膜を押し上げる力となり、換気効率は改善する。また横隔膜を押し上げることにより気道の死腔は減少する[4]。

健康人では胸式呼吸と腹式呼吸が同調して効率のよい換気が行われている。しかし COPD

では下肢運動のさいは胸式呼吸と腹式呼吸が同調しているが、上肢運動を行うと胸式呼吸と腹式呼吸が全く同調しなくなり換気効率が著しく悪化していく[5]。このようにCOPD患者では上肢への運動負荷が容易に呼吸困難を引き起こすので、運動療法にさいしては負荷方法を慎重に検討する必要がある。

図1 横隔膜と静水圧
慢性閉塞性呼吸器疾患では肺の過膨張により横隔膜は平低化して換気効率が悪くなる。静水圧により腹腔内圧は増加し横隔膜は挙上する。その結果、気道の死腔は減少して換気効率は改善する。



2）胸郭

静水圧は呼吸運動のさいに胸郭への負荷抵抗となるため、水中での呼吸運動は呼吸筋の負荷訓練となる。水中で腹式呼吸を行えば腹筋や横隔膜の筋力負荷訓練となる。

3）気道内圧

水中に息を吐き出していく水中呼気法を用いれば、気道内圧が高まり末梢気道の虚脱（エアートラッピング）が抑制される。水中呼気法は口すぼめ呼吸を水圧で強化した呼吸法といえる[6]。

4）静脈還流

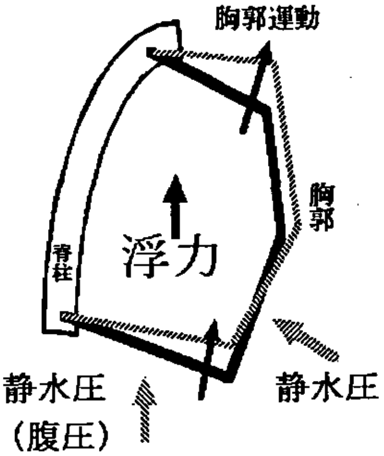
静水圧により下肢や腹部は圧迫され、血液や体液は静水圧の及ばない胸郭内に還流してくる。静脈還流が増大するため心拍出量は増加する[7-9]。その結果、肺血流量は増加しガス交換効率が良くなる。

2. 浮力

1）胸郭

胸郭は主として前胸部の上下運動により呼吸をおこなっている（図2）。

図2 胸郭と呼吸運動
胸郭は主として上下運動により換気を行っている。含気の多い肺には浮力が強く作用し、呼吸のさいに胸郭の上方への運動を助ける。

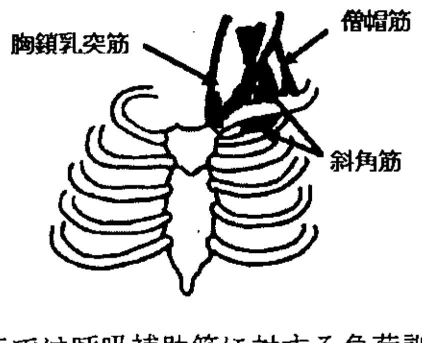


肺は空気に富むため浮力により胸郭の上方への運動が助けられる、つまり吸気運動を補助する。また浮力により腹腔臓器の下垂は減少して横隔膜運動は容易となり、気道の解剖学的死腔も減少する[4]。

2) 呼吸補助筋

慢性呼吸器疾患では胸郭や横隔膜の運動が制限され、肺の弾性が低下して換気効率が著しく低下する。このため呼吸補助筋が働き始める (図 3)。主な呼吸補助筋には僧帽筋、斜角筋、胸鎖乳突筋などがある。これらの呼吸補助筋は上肢や肩、頚椎に付いているから、簡単な日常生活動作でも呼吸困難となる[5]。日常生活動作の約 9 割は上肢を使用するからである。健康人にとっては何でもないような食事、洗面、更衣などの日常生活動作(ADL)でも慢性呼吸器疾患患者では容易に呼吸困難を引き起こす。呼吸補助筋の運動は主として胸郭を挙上することであるから、水浴のさいに生じた浮力によりその負担は軽減される。

図 3 呼吸補助筋と呼吸機能
胸郭と横隔膜が機能しなくなると呼吸補助筋(僧帽筋、斜角筋、胸鎖乳突筋など)が稼動し始める。しかし呼吸補助筋は上肢・頚部に付いているため、健康人にとっては何でもないような日常生活動作でも上肢の運動に呼吸補助筋が動員されてしまい、容易に呼吸困難となる。



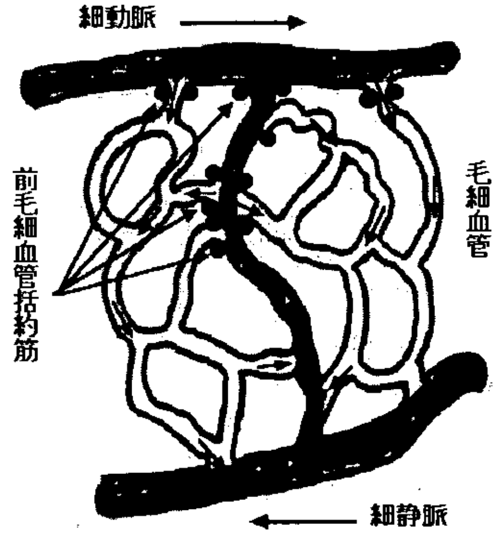
近年では呼吸補助筋に対する負荷訓練を漸増的に行っていく理学療法も試みられている。水治療や運動浴では一般に胸から下の部分に負荷がかかるので呼吸困難をきたすことはない。しかし呼吸補助筋を強化するために上肢運動を取り入れた水中運動や水中歩行も開発され、臨床効果をあげつつある[10]。

3. 温熱

1) 静脈血の動脈血化

温熱負荷により四肢末梢の毛細血管にある前毛細血管括約筋が弛緩して細動脈と細静脈が直接交通するようになり、動脈と静脈に短絡路 (シャント) が形成される[11] (図 4)。

図 4 静脈血の動脈血化
温熱により前毛細血管括約筋が弛緩して動脈血が直接静脈に注ぐ。また毛細血管にも多くの動脈血が流入し始める。その結果、末梢血管抵抗の減少、末梢組織への酸素供給の増大、静脈血の酸素分圧の増加が起こる。



酸素に富んだ動脈血が直接に静脈血に注ぐようになる。また毛細血管にもこのシャントから動脈血が注ぐようになる。その結果として、末梢血管抵抗が低下し心臓の負担は軽減し、組織への酸素供給が増加し、そして静脈血の酸素分圧が増加してくる。このように温

水浴は呼吸器疾患にとっては酸素供給の改善、心拍出量や肺血流の増大をもたらすので、温水浴を用いた呼吸訓練は極めて有用である。また、末梢循環障害や心不全を伴った慢性呼吸器疾患患者に対しても利用価値が極めて高いと思われる。

2)血管拡張

温熱による末梢血管の拡張により末梢血管抵抗は低下し、心拍出量は増加する。そして肺血管床における血流は増大し、ガス交換効率は改善する。

4.粘性

水中運動や水中歩行による水の粘性抵抗が全身の骨格筋への負荷訓練となる[12]。呼吸補助筋への負荷はないので重症のCOPD患者にも呼吸苦を引き起こすことはない。軽〜中等度のCOPD患者にとっては水泳のような水の粘性抵抗による上肢への負荷が呼吸補助筋への適度な負荷訓練となる。また浮力のため関節への体重の負荷は少なくなるので、股関節や膝関節に障害がある人には水中運動が極めて有用となる。

5.蒸気

1) 排痰

温泉水の吸入や蒸気噴霧などによる排痰療法は欧州でひろくおこなわれている[13]。温泉蒸気ほどの効能はないが、運動浴呼吸訓練や水中運動のさいに高湿度の空気あるいは水蒸気を吸入することにより喀痰の粘稠度は低下していき、喀痰を排出しやすくなる。

2) 気道湿潤化

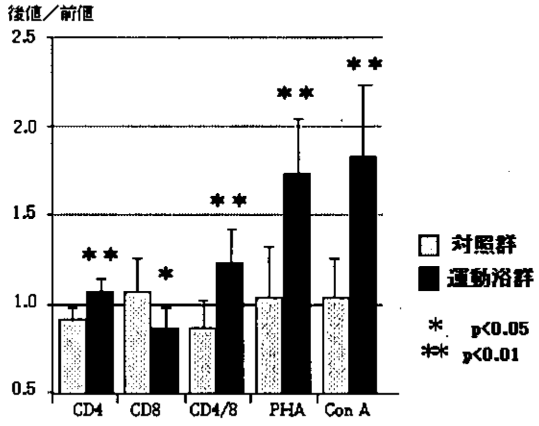
欧州では食塩泉や重曹泉などの吸入療法が気道粘膜の消炎や保護の目的で広く行われている。真水でも運動浴呼吸訓練や水中運動を継続すれば水蒸気吸入により気道粘膜が湿潤化されて気道粘膜が保護されることが期待できる。

6.総合的生体調節作用

温泉療法では生体に軽度ないし中等度の刺激を与えて生体の機能やリズムを正常化することが要点で、非特異的変調作用または総合的生体調整作用といわれている[14,15]。水治療やリハビリを継続していくことにより単なる機能回復だけでなく免疫機能や内分泌機能を正常化あるいは強化していくことが判明している[16,17]。銭湯に歩いて行き水治療を継続して行っていくことは呼吸機能だけに限らず全身機能の改善を期待することができる。

私達は温水浴（運動浴）を利用した呼吸訓練による免疫機能の変化を分析してみた。温水浴による呼吸訓練を継続した群ではCD4/8比が増大し、PHAやCon Aによるリンパ球反応性が増大していた[17]（図5）。

図5 温水浴呼吸訓練による免疫機能の変化
温水浴による呼吸訓練を継続した群（運動浴群）と呼吸訓練を2月間中断した群（対照群）の免疫機能を比較した。訓練の継続によりCD4/8比、リンパ球反応性(PHA, Con A)が有意に増加した。つまり温水浴を利用した呼吸訓練により呼吸機能だけでなく免疫機能も強化されてきた。文献17より引用。



そのほかにも抗体依存性細胞作動性細胞障害(ADCC)活性、インターロイキン(IL)-1・、IL-2R、IL-10などの変動もみられた[18]。このように温水浴を利用した呼吸訓練を行うと呼吸機能だけでなく免疫機能も強化されてくる。

III 銭湯の利点

慢性呼吸器疾患においての問題点は急性増悪の反復による運動負荷への恐怖心、長期間の安静臥床による廃用症候群、特殊器具を要す呼吸理学療法、心不全の合併、である。わが国の入浴習慣からすると入浴への恐怖心は全くない。水中運動や水中呼気法の運動強度は軽度～中等度である。浮力により全身体重を支える筋力は少なくてすむし、水の粘性が適度の筋力負荷にもなる。水浴による呼吸訓練を継続することにより免疫機能や内分泌機能などの機能が調整、強化されていく可能性も報告されている[15-18]。銭湯や家庭浴槽での呼吸訓練には特殊な器具も設備も必要としない。また静水圧により静脈還流は増加し心拍出量は増大する。心不全の治療にも温水浴が応用され始めている[7]。このように温水浴による呼吸訓練ではあまり問題点は見当たらない。リハビリテーションの最重要点は継続性である。どんなに優れた手技であっても専門施設や特殊器具を要すものでは長続きはしない。日常的に入浴をしている日本では銭湯や家庭の風呂で水浴による呼吸訓練を何の支障もなく手軽に、しかも長い期間にわたって行える[19-21]。

銭湯の利点は集団の中での訓練と療養を行っていけること、つまり孤独でないことにある。独りで呼吸訓練するよりは同じ病気や障害を持つ仲間と訓練するほうが楽しいし効率も良くなる。同じ病気や障害を持つ仲間ではなくても多くの人達と同じ空間を共有することは強い動機付けになる[22]。集団リハビリテーションや通所リハビリテーションの利点はピアカウンセリングと空間の共有にある[23]。同じ障害や病気を持つ人どうしのカウンセリングが自然発生し、日常生活への動機付けが生まれ、さらに通所そのものが持つ活動空間の拡大により動機付けはさらに確立されていく。障害者の悩みは同じ障害者でないと理解できないことが多く、いかに専門医療職であろうとも同じ障害を持つ人の経験には遠く及ばない。障害をもつ人が同じ障害から自立を求めている人に先輩として経験者として相談、助言、援助していくことが極めて重要である。リハビリテーションの最大の阻害因子である意欲低下と動機付けの喪失に対して集団リハや通所リハは有用であると思われる[22-24]。単なる機能回復だけでなく喪失した生き甲斐、意欲、動機付けを獲得していく全人権的回復と地域社会への復帰および健常人との交流、つまりノーマライゼーションが療養やリハビリテーションの最終目標である[25,26]。多くの健常人が集う銭湯に通い共通の空間で訓練していくことは機能回復だけでなく、人間が地域社会の中で生きていく強い動機付けと意欲が育まれていく。

1970年代に米国で生まれた自立生活運動(Independent Living)は障害者の自立に大きく貢献し、今日の米国では多くの障害者が社会に進出している。しかしながら自己決定と自己責任という個人主義の文化を有しない日本ではむしろ銭湯や通所リハのような集団と共通空間の中で相互援助しつつ疾病や障害を克服していく方法が日本人の文化風習に馴染んでいて効果が上がると思われる。わが国の銭湯という文化は疾病や障害の療養やリハビリに極めて有用な方法であると結論できる。

文献

1) Campbell EJM, Friend J: Action of breathing exercises in pulmonary emphysema. Lancet 1955; i: 325-329.

2) Newton DAG, Stephenson A: Effect of physiotherapy on pulmonary function. Lancet 1978; ii: 228-230.

3) Christie D: Physical training in chronic obstructive lung disease. Brit Med J 1968; 2: 150-151.

4) Agostoni E, Gurtner G, Torri G, Rahn H: Respiratory mechanics during submersion and negative-pressure breathing. J Appl Physiol 1966; 21: 251-258.

5) Celli BR, Rassulo J, Make BJ: Dyssynchronous breathing during arm but not leg exercise in patients with chronic airflow obstruction. N Engl J Med 1986; 314: 1485-1490.

6) Kurabayashi H, Kubota K, Machida I, Tamura K, et al: Effective physical therapy for chronic obstructive pulmonary disease. Pilot study of exercise in hot-spring water. Am J Phys Med Rehabil 1997; 76: 204-207.

7) Tei C, Horikiri Y, Park JC, Jeong J, et al: Acute Hemodynamic improvement by thermal vasodilation in congestive heart failure. Circulation 1995; 91: 2582-2590.

8) Kurabayashi H, Tamura K, Tamura J, Kubota K: The effects of hydraulic pressure on atrial natriuretic peptide during rehabilitative head-out water immersion. Life Sciences 2001; 69: 1017-1021.

9) Kurabayashi H, Machida I, Kubota K: Improvement in ejection fraction by hydrotherapy as rehabilitation in patients with chronic pulmonary emphysema. Physiother Res Int 1998; 3: 284-291.

10) Couser JI Jr, Martinez FJ, Celli BR: Pulmonary rehabilitation that includes arm exercise reduces metabolic and ventilatory requirements for simple arm elevation. Chest 1993; 103: 37-44.

11) 田中信行, 日吉俊紀, 川平和美, 竹迫賢一: 人工炭酸泉浴（花王バブ浴）による本態性高血圧症の血圧、循環機能の変化. 日温気物医誌 1987; 50: 87-93.

12) Zenhausern R, Frey WO: Aquajogging in der Rehabilitation. Orthopade 1977; 26: 926-929.

13) Mohorn M, Tanz R, Gottschild, Langbein TH: Messung der bronchialen mukoziliaren Clearance mittels 99mTc zur Objectivierung des Erfolges der Solekur. Z Erkrank Atm Org 1989; 172: 65-67.

14) 久保田一雄: 温泉の作用は物理作用、化学作用そして総合的生体調整作用. 日温気物医誌 1999; 62: 160-161.

15) Agishi Y, Ohtsuka Y: Recent progress in medical balneology and climatology. Kokoku Printing Co., Sapporo, 1995.

16) 倉林均, 久保田一雄, 町田泉, 白倉卓夫: 運動療法の脳血管障害患者のリンパ球サブセット、リンパ球反応性及び血清サイトカイン濃度に及ぼす影響. リハ医学 1997; 34: 271-276.

17) 倉林均, 久保田一雄, 町田泉：運動浴を用いた理学療法の慢性肺気腫患者のリンパ球サブセットおよびリンパ球反応性に及ぼす影響. リハ医学 1998; 35: 44-47.

18) Kurabayashi H, Machida I, Handa H, Yoshida Y, et al: Effects of physical therapy on cytokines and two color analysis-lymphocyte subset in patients with cerebrovascular. J Med 1999; 30: 31-37.
19) Kurabayashi H, Machida I, Yoshida Y, Tamura J, et al: Clinical analysis of breathing exercise during immersion in 38 ℃ water for obstructive and constrictive pulmonary diseases. J Med 1999; 30: 61-66.
20) Kurabayashi H, Machida I, Handa H, Akiba T, et al: Comparison of three protocols for breathing exercises during immersion in 38℃ water for chronic obstructive pulmonary disease. Am J Phys Med Rehabil 1998; 77: 145-148.
21) Kurabayashi H, Machida I, Tamura K, Iwai F, et al: Breathing out into water during subtotal immersion. A therapy for chronic pulmonary emphysema. Am J Phys Med Rehabil 2000; 79: 150-153.
22) 久保田一雄, 町田泉, 田村耕成, 倉林均: リハビリテーションの諸問題. 第 4 報 12 年間の草津町の通所リハ、訪問リハ、在宅リハの現状と課題. Kitakanto Med J 2000; 50: 529-533.
23) Evans J, Livneh H: Peer counseling: a training program. J Rehabil 1982; 48: 52-55.
24) 須貝浩一: 地域高齢者の生活全体に対する満足度とその関連要因. 日公衛誌 1996; 43: 374-388.
25) Resnick B: Motivation in geriatric rehabilitation. Image J Nurs Sch 1996; 28: 41-45.
26) Fleury JD: Wellness motivation in cardiac rehabilitation. Heart Lung 1991; 38: 70-78.

Ⅲ.－（3）腎機能と水・電解質代謝

大塚　吉則　北海道大学保健管理センター
中谷　純　東京大学医科学研究所
先端医療研究センター

研究要旨

健康な青年男子16名を対象とし、42℃高温浴と25℃冷水浴を9：00と21:00にそれぞれ10分間行った。水浴前後各2時間の尿につき、尿量と電解質を、また水浴前後に経時的に静脈血を採血して血中電解質を測定した。血中Na濃度は42℃高温浴および25℃冷水浴の両刺激に対し、朝も夜も水浴前後で変化しなかった。血中K濃度は、水浴による一過性の低下がみられたが冷水浴の方が高温浴に比べ低下も回復も速かであった。水浴前後各2時間尿を比較してみると尿量は高温浴で、朝、夜ともに水浴前後で差がなかった。冷水浴では朝、夜とも増加したが朝の方が著しい増加を示した。尿中クレアチニン排泄量は、高温浴、冷水浴ともに朝で水浴後の増加をみたが、夜の水浴は水温に関係なく前後尿で差はなかった。尿中Naの水浴前後尿の排泄量は高温浴、冷水浴ともに9：00のみに増加し、とくに後者で著明であった。21:00水浴では高温浴では減少傾向を、一方冷水浴では差がなかった。尿中K排泄量は、朝の水浴で高温浴も冷水浴でも明らかに増加し、夜の水浴では高温、冷水浴ともに前後で差はなかった。以上の結果より、全身水浴では血中Na濃度の変動は刺激水温と時刻による差はないが、K濃度は両者による差のあることが明らかとなった。尿中電解質に対する全身水浴の影響は、朝の水浴で水、Na利尿効果がみられ、特に冷水浴で著しかった。夜の水浴では変化がみられないかむしろ減少傾向がみられた。この機序には腎機能の内因性日周リズムの他に食事、水浴時の体位、静水圧等により体内血液量の分布の変化、さらにレニン-アルドステロン、ADHなど内分泌性調節機構が関与する可能性が示唆された。

Ⅰ　はじめに

入浴中人体には静水圧・温熱刺激などが加わるため、心・循環動態が変化してくる。それに伴い腎血液量も変化してくる。また、人体と浴水間では絶えず電解質の移行が生じていると考えられ、以前から種々の検討がなされてきた。Gauerらは水浴と電解質、利尿との関係およびその機序について研究を行い、体内血液量の分布移動が重要な因子であることを示した[1]。Epsteinは、長時間にわたるHead-out water immersionを行い、腎における電解質、水分の調節機構を系統的に研究した[2]。ここでは北海道大学医学部附属温泉治療研究施設において行った研究成果[3]を中心に紹介する。

Ⅱ　全身水浴による温度刺激の水分・電解質代謝への影響とその日内差異

1.方法

健康な男性(19～25歳)16人を対象として、高温浴(8例、42±0.5℃)と冷水浴(8例、25±0.5℃)を10分間行った。前もって2日間1日量10～15mEqの低Na食を摂り、2日目の13:00、15:00、18:00に300mlずつ、夕食後から絶食

とし 19:00 と 21:00、翌日 07:00 と 9：00 に 500ml ずつ飲水させ、21:00 と翌日 9:00 に水浴実験を行った。水浴開始前 30 分、直前、直後、開始後 30、60、90、120 分後に採血した。

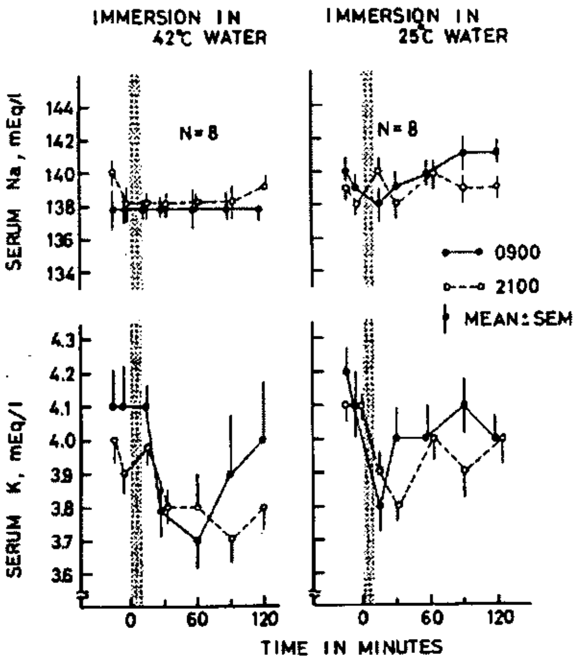
2. 結果

1) 血中電解質の変動

血中 Na、K 濃度に 9：00 と 21:00 とで日内差異は認められなかった。

血中 Na 濃度は水温、水浴時間いずれにも影響されなかった。一方血中 K 濃度は 42℃高温浴により明らかに低下し、9:00 では 60 分 ($p<0.01$)、21:00 では 90 分で最低値 ($p<0.01$) を示した。また 25℃冷水浴では 9：00 で 15 分 ($p<0.05$)、21:00 は 30 分で最低値 ($p<0.01$) を示した。この 25℃における最低値は一過性であり速やかに前値に回復した（図 1）。

図 1　血清 Na、K 濃度に与える水温と日内差異

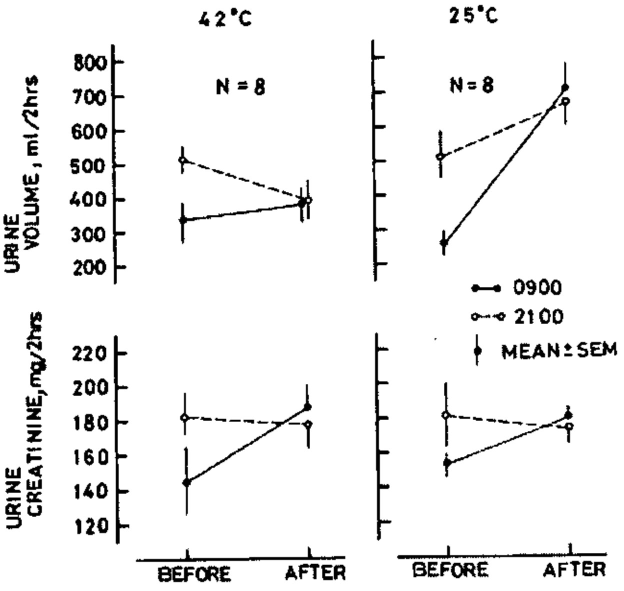


2) 尿量と尿中クレアチニン排泄量の変動（図 2）

水温 42℃または 25℃での全身水浴を 10 分間行い、前後の各 2 時間の尿量を測定して比較した。9：00 に行った高温浴前の尿量は 319±54.7ml、浴後では 379±47.4ml で有意の差はなかった。一方、21:00 の前尿量は 504±33.9ml、浴後の尿量は 370±512ml で減少傾向があったが有意差はなかった。25℃冷水浴では、9:00 時水浴の場合、浴前尿は 248±25.3ml、浴後尿量は 707±70.9ml と著増した ($p<0.001$)。21:00 の冷水浴でも前尿量 503±76.3ml より浴後尿量は 678±61.2ml と増量をみた ($p<0.05$)。

42℃高温浴では、9：00 の水浴により有意 ($p<0.05$) の排泄増加を認めたが、21:00 の水浴では変化はなかった。また、25℃冷水浴では 9:00 時で増量 ($p<0.02$) し、21:00 で差はなかった。つまり温度に関係なく朝の水浴で増加し夜の水浴では変化はみられなかった。

図 2　尿量と尿クレアチニン排泄量

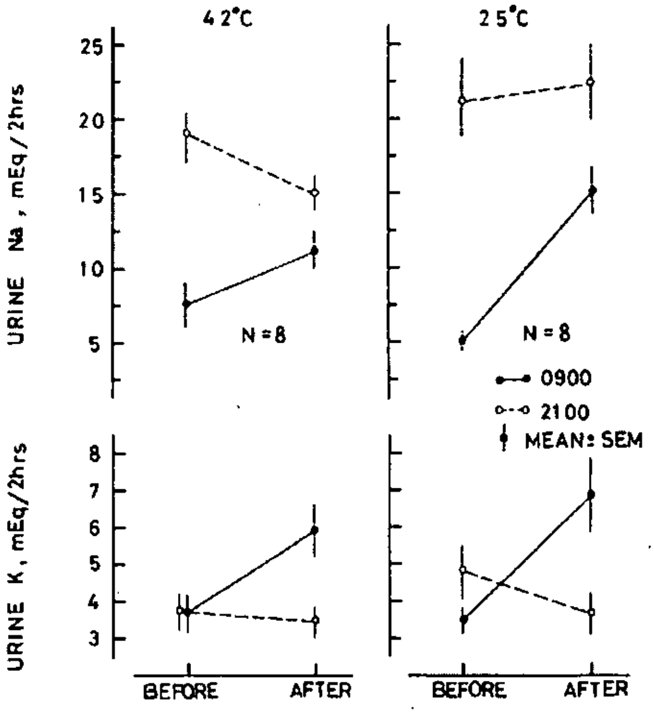


3) 尿中 Na、K 排泄量（図 3）

42℃高温浴後 Na 排泄量は 9：00 で明らかに増加し ($p<0.01$)、21:00 では減少した ($p<0.02$)。25℃冷水浴では、9：00 に排泄量は約 3 倍増加した ($p<0.001$) が、21:00 では Na 排泄量の変化

はみられなかった。一方K排泄量については、42℃高温浴では、9:00に有意の増加を示した(p<0.01)が、21:00では差はなかった。また、25℃冷水浴時のK排泄量は9:00で明らかに増加し(p<0.001)、21:00では有意の差はみられなかった。このように尿中K排泄量はNa排泄量とおおむね平行した動きを示し、42℃高温浴、25℃冷水浴という温度差による差異はみられずに、むしろ早朝空腹状態での水浴ではNaとK排泄量がともに増加し、夜の水浴ではともに変化がないかむしろ低下する傾向を示した。

図3 尿中Na、K排泄量



Ⅲ まとめ

健康な青年男子16名を対象とし、1日量10〜15mEqの低Na食と過剰水分摂取の前処置の後42℃高温浴(8例)と25℃冷水浴(8例)を9:00と21:00にそれぞれ10分間行った。水浴の前後各2時間は仰臥位とし、水浴は頚部以下を水中に浸し四肢を伸展する長座位とした。水浴前後各2時間の尿につき、尿量と電解質を、また水浴前後に経時的に静脈血を採血して血中電解質を測定した。血中Na濃度は42℃高温浴および25℃冷水浴の両刺激に対し、朝も夜も水浴前後で平均値に全く変動はみられなかった。血中K濃度は、水浴による一過性の低下がみられたが冷水浴の方が高温浴に比べ低下も回復も速かであった。水浴前後各2時間尿を比較してみると尿量は高温浴で、朝、夜ともに水浴前後で差がなかった。冷水浴では朝、夜とも増加したが朝の方が著しい増加を示した。尿中クレアチニン排泄量は、高温浴、冷水浴ともに朝で水浴後の増加をみたが、夜の水浴は水温に関係なく前後尿で差はなかった。尿中Naの水浴前後尿の排泄量は高温浴、冷水浴ともに9:00のみに増加し、とくに後者で著明であった。21:00水浴では高温浴では減少傾向を、一方冷水浴では差がなかった。尿中K排泄量は、朝の水浴で高温浴も冷水浴でも明らかに増加し、夜の水浴では高温、冷水浴ともに前後で差はなかった。以上の結果より、全身水浴では血中Na濃度の変動は刺激水温と時刻による差はないが、K濃度は両者による差のあることが明らかとなった。尿中電解質に対する全身水浴の影響は、朝の水浴で水、Na利尿効果がみられ、特に冷水浴で著しかった。夜の水浴では変化がみられないかむしろ減少傾向がみられた。この機序には腎機能の内因性日周リズムの他に食事、水浴時の体位、静水圧等により体内血液量の分布の変化、さらにレニン-アルドステロン、ADHなど内分泌性調節機構が関与する可能性が示唆された。

Ⅳ 温水浴の腎機能に与える影響について

健常者を対象にした最近の研究では、41℃、10分間の水浴により腎血漿流量の増加がみとめられたが、腎糸球体濾過値の変化はなかったとする報告がある[4)]。入浴による血管拡張

作用により心拍出量が増加したため、腎血漿流量が増加したものと考察されている。一方糸球体濾過値が変化しなかった理由については、輸出細動脈の拡張を伴ったため、濾過圧が変化しなかったためであろうと推測している。

文献

1) Gauer OH, JP Henry JP, Behn C : The regulation of extra-cellular fluid volume. Ann Rev Physiol 1970;32: 547-595.
2) Epstein M : Renal effects of head-out water immersion in man: Implications for an understanding of volume homeostasis. Physiol Rev 1978;58: 529-581.
3) 阿岸祐幸、堺　紘、井出　肇、鈴木重男：全身水浴による温度刺激の水分・電解質代謝への影響とその日内差異. 日温気物医誌 1980;43:114-121.
4) Iiyama J, Horikiri Y, Kawahira K, Tanaka N: The effects of warm water bathing on renal function. J Jpn Assoc Phys Med Balneol Climatol 2003;66:85-90.

Ⅲ.－（4）内分泌系

大塚　吉則　　北海道大学保健管理センター

研究要旨

入浴による温度と静水圧による刺激で各種ホルモンの分泌動態が変化する。この変化は入浴時刻に影響される場合もある。42℃高温浴で朝9:00と21:00で差異のあるものはコーチゾル(男性)、プロラタチン、ADH、レニン活性、インシュリン、サイクリッタAMP、サイクリックGMP、血糖、遊離脂酸、乳酸など。25℃冷水浴で日内差異のあるものはコーチゾル(男性)、アルドステロン、サイクリックAMP、サイクリックGMP、血糖、遊離脂酸など。温度刺激に対し分泌増加反応はあるが日内差異を認めないもの成長ホルモン、ノルアドレナリン、アドレナリンなど。温度刺激に反応しないものLH、FSH、TSH、甲状腺ホルモン、グルカゴンなどである。

ホルモンの基礎分泌にはcircadianリズムを示すものが多い。4週間の温泉療法により血中コルチゾール、ノルアドレナリンなどは一定値に収束する傾向が認められた。

Ⅰ　はじめに

入浴では生体に静水圧、浮力、浸透圧や温熱などの物理的因子、溶存物質による化学的因子などが作用するが、臨床的に問題となるのは主に心・循環系に対する静水圧と温度による影響である。したがってここでは静水圧、水温などによる内分泌系への影響を挙げ、さらには反応の日内差異についても述べる。

Ⅱ　静水圧による影響

不感温度（35℃～36℃）で水浴を行うと、水利尿、ナトリウム（Na）利尿がみられる。これは、静水圧による静脈還流の増加が心内の伸展、圧受容器を刺激し、Henry-Gauer反射を介する抗利尿ホルモン（ADH）分泌抑制、右房受容器を介するレニン-アルドステロン（renin-aldosterone）系の分泌抑制、右房よりのNa利尿ペプチド（HANP）の分泌増加などが関与している。

Ⅲ　全身水浴による温度刺激に対するホルモン反応と、その日内差異

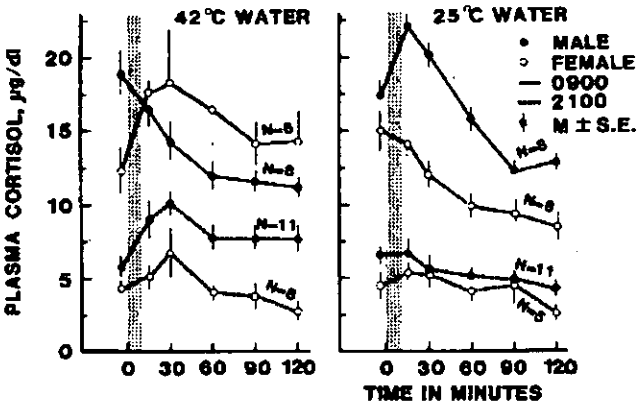
多くの内分泌機能には、そのホルモンの基礎分泌や種々の刺激に対する反応に日内差異がある。健常人を対象として、一晩絶食後の9:00と夕食後3時間目の21:00時に、42℃高温浴あるいは25℃冷水浴を10分間行い、血中ホルモン濃度を経時的に測定した。

1. コルチゾール（Cortisol）

男性では、夜の高温浴と朝の冷水浴で有意の増加がみられた。一方、朝の高温浴ではむしろ低下し、夜の冷水浴では変動しなかった（図1）。ヒトの体温調節機構の概日(circadian)リズムとの関連からみると、朝の体温上昇相では末梢血管が収縮傾向にあって熱放散が少なく、この加温相での冷刺激に対し副腎皮質は感受性が高くて分泌反応が強いといえる。また、夜の体温下降相（末梢血管の拡張傾向が優位で、熱放散が大である冷却相）での熱刺激に対して副腎皮質は感受性が高く

分泌反応も強くみられるといえる。

図1 コルチゾールの変化



このようにコルチゾールの分泌は体温調節機構の概日リズムの位相によって反応動態が異なることが分かる。なお、女性の場合は25℃冷水浴では反応せず、42℃高温浴では朝夜ともに明らかな分泌増加を示したが、温度感受性に性差があるためと考えられる。

2. レニン (Renin、図2上)

高温浴では、朝で一過性の著明な上昇をみたが夜は軽い上昇傾向のみであった。冷水浴のでは、朝、夜ともに低下傾向を示した。熱刺激に対するレニン産生能の日内差異には、体温調節機構と循環調節機構が関与した体内血液分布の日内差異などとの関係が推測される。

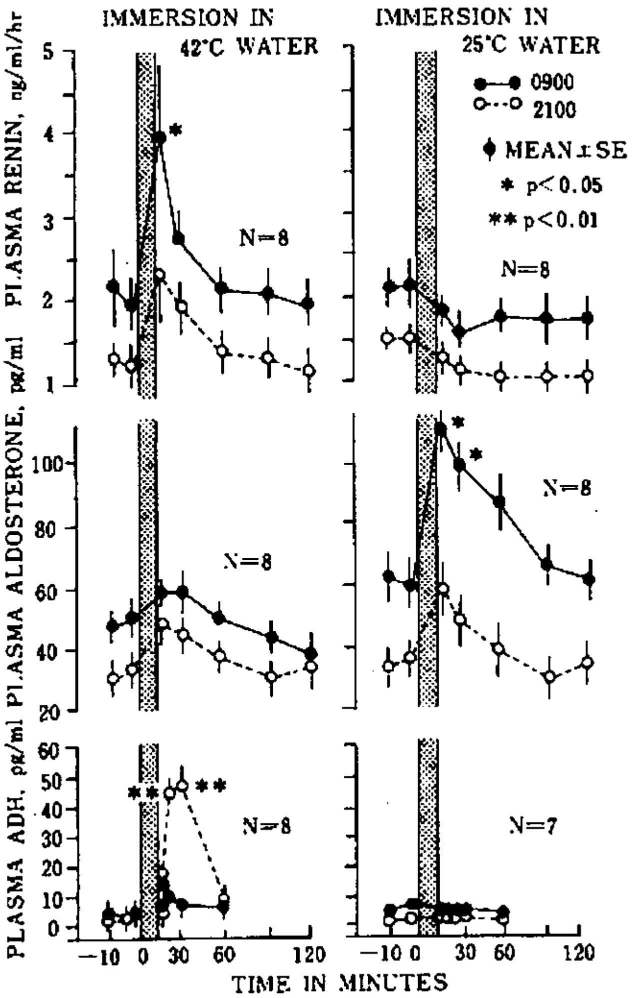
3. アルドステロン (ALDOSTERONE、図2中)

高温浴で朝、夜ともに軽度の上昇をみたが有意ではなかった。朝の冷水浴では有意の上昇がみられたが、夜は上昇傾向を示すのみであった。

4. 抗利尿ホルモン (ADH、図2下)

夜の高温浴で著明に上昇し、朝では上昇傾向を示した。冷水浴ではむしろ抑制傾向がみられた。高温浴によるADH分泌増加は、レニン活性の場合と同様、体温調節と循環調節機構などの関与が推測されるが、強い発汗による有効血漿量の減少などによることも考えられる。

図 2 レニン(RENIN)、アルドステロン(ALDOSTERONE)、抗利尿ホルモン(ADH)の変化(これ以降の図はすべて健常青年男子における検討)

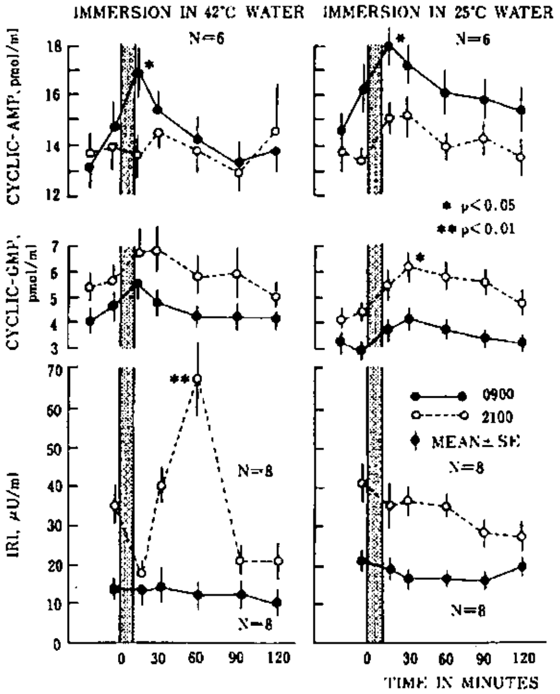


5. サイクリック AMP、サイクリック GMP とインスリン (図3上、中、下)

サイクリック AMP は高温浴、冷水浴いずれも朝の水浴で明らかな増加をみたが、夜の水浴では上昇傾向のみを示し、大きな変動はなかった。サイクリッタ GMP はこれとは逆に、

高温浴、冷水浴ともに朝の水浴で若干の上昇を示したのみで、夜の水浴では高温浴で増加傾向、冷水浴では有意に増加した。サイクリック AMP は交感神経系の、サイクリック GMP は副交感神経系の機能状態の生化学的指標とすると、交感神経系の優位な朝には、温度刺激に対し交感神経系の感受性が高まっており、副交感神経系の優位な夜には副交感神経系の感受性が高まっていることが示唆される。血中インスリン (IRI) は夜の高温浴で明らかに上昇し、食後の高温浴が膵からのインスリン分泌刺激効果のあることが示された。

図 3 サイクリック AMP、サイクリック GMP とインスリン(IRI)変化

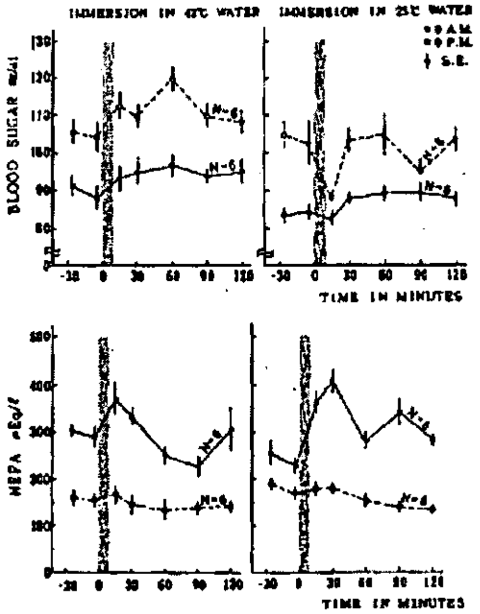


6. 血糖値 (SUGAR)、遊離脂肪酸 (NEFA)

血糖値は高温浴、冷水浴によりともに朝には軽度の上昇傾向、夜の高温浴では明らかな上昇傾向、冷水浴では一過性の低下傾向をみた。夜の高温浴後の血糖値上昇のピーク 60 分は、夜の高温浴時のインスリン反応の頂値出現時間と一致しており、夜の高温浴による血糖上昇作用に反応してインスリン分泌が増加した可能性がある (図 3 下、図 4 上)。

遊離脂肪酸は水温に関わらず、朝の入浴で上昇し、夜の入浴では変化しなかった (図 4 下)。

図4 血糖値(BLOOD SUGAR)、遊離脂肪酸(NEFA)の変化



7. プロラクチン (図は示さない)

高温浴では、朝、夜ともに一過性のしかも著明な増加をみたが、夜の方がその程度は大であった。冷水浴では分泌抑制がみられた。一方、熱刺激によるプロラクチン分泌反応をサウナ浴で検討した成績がある。健常な青年男女性を乾式サウナ浴(90℃、相対湿度 5～10%、15 分間)を行ったところ、浴後に明らかな上昇を示し、水浴と同様に夜の方が朝に比べ有意に強く上昇した。また、男性に比べ女性の方の増加が著しかった。

IV まとめ

1. 42℃高温浴で日内差異のあるもの

コーチゾル(男性)、プロラタチン、ADH、レニン活性、インシュリン、サイクリッタ AMP、