

III. - (9) 血液線溶・凝固系

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

銭湯や温泉は日本の伝統文化であり代替医療であるが、入浴死亡事故は少なくはなく、その対策は急務である。入浴事故の原因は脳梗塞や心筋梗塞などの血栓症が最も多く、また軽い発作でも溺死の危険がある。強行旅程や飲酒による脱水、早朝の血液粘度上昇(血液濃縮)、静水圧による利尿性ペプチド HANP 増加で脱水は進行し血栓形成の危険が増大する。高温浴で血小板は活性化し線溶機能は低下し血栓形成の危険は高まる。超高温では脳内麻薬(β エンドルフィン)分泌により限度を越えて入浴する。動脈硬化症では血小板活性化が著しく入浴による血栓症誘発の危険は高い。以上の結果から安全入浴法を提唱する。1. 湯温は42℃以下、2. 長湯はしない、3. 入浴水位は胸まで、4. 入浴後は水分補給を、5. 飲酒後は入浴しない、6. 朝風呂は厳禁、7. 浴室と更衣室の温度差は少なく、8. 独り入浴しない、または家族に声をかけてから入浴する。

I はじめに

銭湯や温泉はわが国に古くから受け継がれた文化であり伝統医学や代替医療としてその効用は誰しもが認めるところである¹⁾。しかし入浴による死亡事故や強行な旅行日程による急病発症は決して少なくはなく社会問題となってきている。私達は強行旅程や無理な入浴により脳梗塞や心筋梗塞などの血栓症を発病する人が多いことを報告してきた²⁾。特に日本人は熱い湯が好きであり、温泉地では飲酒後に入浴する機会が多く、入浴事故の増加に拍車をかけている。多くの効用をもつ日本独自の文化であり代替・相補医療ともいえる銭湯や温泉を安全に有効に利用するガイドライン作りは急務といえる。

入浴死亡事故の原因は脳梗塞や心筋梗塞などの血栓症が最も多く、また軽い発作であっても溺死の危険が常にある。血栓症の

直接の引き金は血管内皮に生じた動脈硬化巣(plaque)に潰瘍や亀裂が生じて、そこに血小板が粘着して凝集することである³⁾。しかし日本人の好きな高温浴や長湯などはこの血栓発生の過程を促進させてしまう可能性がある。健康目的での入浴が利用方法によっては致命的となることもある。健康や保養のための入浴ですから、血栓症発生の原因を解明してその予防に努めるのも極めて重要である。私達はこれまで入浴と血栓症の関係を研究してきたのでその結果を報告し、安全入浴法を提唱していきたい。

II 血栓症の成因

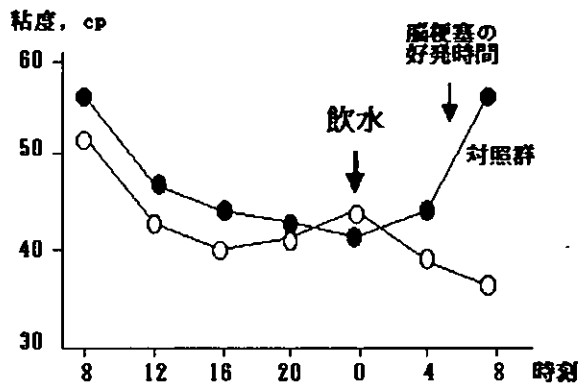
1. 血液粘度

血液が濃縮すると血液粘度が上昇して脳循環は低下する。血液が血管に詰まりやすくなり、毛細血管における微小循環は著しく阻害される。健康成人の血液粘度には就

寝後から早朝未明にかけて上昇するという日内リズムがみられる⁴⁾ (図1)。睡眠中には水分摂取ができないから深夜に血液が濃縮されて血液粘度が上昇するのである。特に午前4-6時は血液粘度が著しく上昇する。これは脳梗塞の好発時間と合致する。

図1 血液粘度の日内変動

血液粘度は睡眠中(0-8時)に増加し、午前4-8時に急増する日内変動を示す。深夜に水分補給すると早朝の急激な血液粘度の増加が抑えられる。文献8より引用。



飲酒や強行旅程により早朝の血液粘度の上昇はさらに顕著になる⁵⁾。血液粘度が上昇すれば血液循環が悪くなり脳血管に血液が詰まりやすくなる。たとえ血栓が形成されなくとも脳の代謝や循環は著明に低下する^{6,7)}。深夜または就寝前に水分補給することで早朝の血液粘度の急上昇を抑えることができる⁸⁾ (図1)。早朝の血液粘度の急上昇に加えて、この時間帯は「自律神経の嵐」とも呼ばれている。睡眠から覚醒への準備として血圧、脈拍、呼吸数やコルチゾール、カテコラミン分泌などが変動してくる。このような時間帯に入浴するのは極めて危険ですので朝風呂は厳に慎むべきである。

なおこの血液粘度の変動は主として飲

食・飲水によるもので、血液粘度を規定するのは主としてヘマトクリット値である。私達は毛細血管をモデルとした直径12.5・ μ m、長さ100mmのフッ素化エチレンプロピレン製の微細小管を開発して赤血球の通過の様子を観察した^{9,10)}。ヘマトクリット値が赤血球の微細小管の通過に大きく影響しているだけでなく、赤血球の大きさも微細小管通過に重要であることが判明した。鉄欠乏状態の小型赤血球、慢性疾患による小型の赤血球、そしてアルコール性肝障害による大型の赤血球でも微小循環が障害されている可能性が強く示唆された。

2. 静水圧

入浴することにより腹部と下肢に静水圧がかかり腹囲や大腿周径は2-3cmほど短縮する¹¹⁾。圧排された血液や組織液は静水圧の及ばない胸郭内に還流するため心臓は拡張する。そして心臓からは心房性ナトリウム利尿性ペプチド(HANP, human atrial natriuretic peptide)が分泌され尿量は増加する¹²⁻¹⁴⁾。水浴により体液が排出され心臓の負荷は軽減するが、脱水傾向は強まり血液粘度は増加する。また出浴のさいは静水圧がとれて血液や組織液が下半身にもどり、脳血流は低下する。温熱で末梢血管は拡張しているから入浴前より多量の血液が下半身へ移動してしまうことになる。さらに出浴のさいに座位から立位になることでも重力の影響により脳血流は低下していく。このため脳血流はさらに低下し「脳貧血」状態となり立ちくらみを引き起こす。温水浴ではこのように脱水と脳血流低下を起こしやすく血栓形成の危険が増大する。

3. 血小板

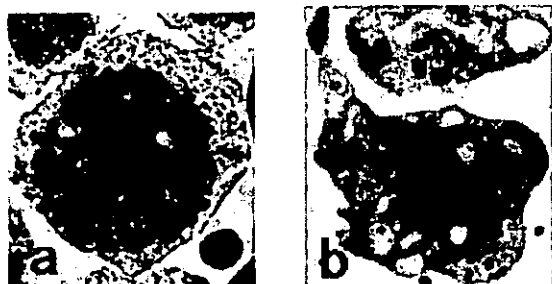
血小板は円盤のような形態をしているが、

物理刺激や化学刺激によって細胞表面に無数の突起を出す。この突起（偽足 pseudopod）で損傷内皮（傷口や亀裂プラーク）に粘着して凝集していく。凝集した血小板は赤血球や白血球を巻き込み、大きな血栓へと成長していく。そしてフィブリノーゲンが網のように架橋して覆い、血小板、赤血球、白血球の凝集塊を引き寄せていき、より強固な血栓ができあがる。活性化された血小板では顆粒内に貯蔵されていたフィブリノーゲン、フォンウィルブラント因子、 α -トロンボグロブリン(α -TG)、血小板第4因子(PF-4)、セロトニンなどの活性物質が放出される。これらの活性物質はさらに血小板の凝集と血栓の成長を促進させていく。

血小板が寒冷により活性化されることはよく知られていた。最近になり温熱負荷でも血小板が活性化されることが明らかにされた¹⁵⁻¹⁷⁾。42°C入浴では血小板の活性化はほとんど起こらないが、42°Cを超えると著しい血小板活性化が観察される(図2)。

図2 高温浴による血小板の形態変化

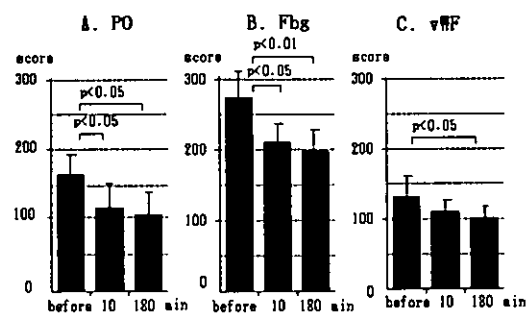
a: 入浴前の静止期血小板、b: 47°C高温浴後の活性化血小板。47°C高温浴により血小板は活性化する。細胞表面には偽足や褶曲が生じ、細胞内では顆粒が減少して空胞が増加し、細胞小器官は中心部に集められていく(中心化現象)。



血小板は活性化してくると表面に偽足や褶曲(fold)が出現し、顆粒内に貯蔵されていた活性物質は放出され、顆粒は減少していき(脱顆粒 degranulation)、血小板内には空胞 vacuole が出現してくる。血小板の周辺部にあった微細小管(microtubule)と微細線維(microfilament)は収縮して、細胞内小器官が中心部に集められる(中心化現象 centralization)。血小板内に貯蔵されていたペルオキシダーゼ、フィブリノーゲン、フォンウィルブラント因子などの活性物質は消費され減少する(図3)。血小板内の特殊顆粒の形質膜表面に存在する抗原(GMP140, CD62)が血小板の膜表面にも発現してくる。またフィブリノーゲンやトロンビン、フォンウィルブラント因子と結合する糖蛋白(GpIIb/IIIa, GpIb/IX)も血小板の表面に発現してくる。このようにして粘着・凝集の準備が着々と進んでくる。血小板が活性化されただけで血栓症がすぐ起こるわけではないが、極めて血栓が形成されやすい状態になるといえる。

図3 高温浴による血小板内物質の変化

47°C高温浴前後の血小板内のPO, Fbg, vWFをスコア法で半定量した。47°C, 3分間の高温浴により血小板は活性化し、血小板内に貯蔵されているペルオキシダーゼ、フィブリノーゲン、フォンウィルブラント因子などの活性物質は消費され減少した。文献15より引用。PO, peroxidase; Fbg, fibrinogen; vWF, von Willebrand factor.



3. 凝固系

中東地域では巡礼者が猛暑の中で heat stroke を引き起こすことが知られている¹⁸⁾。高温による DIC、1 次線溶の亢進、肝での凝固因子の合成阻害、血小板凝集能の亢進などが原因と考えられている。In vitro の実験では 43°C で血小板凝集能の亢進が不可逆性となる。中東地域の日中の温度は 48°C に達し、heat stroke で DIC を引き起こした症例の直腸温は 42.1-42.8°C にまで上昇していたことが報告されている¹⁹⁾。日本では考えられない極限状況であるが、高温浴や長湯ではこれに近い状況になる可能性がある。

42°C 入浴では凝固系に有意な変化は認められなかった。水治療や温泉療法に広く用いられている 37-42°C の湯温では血小板、凝固・線溶系に有意な変動は観察されず、安全な温度と思われる^{20,21)}。なお 47°C 温泉浴（47°C 真水は熱くて入浴不可能のため 47°C の温泉水で研究した）でも凝固系マーカーに有意な変化は認められなかった²²⁾（図 4）。なお 47°C 入浴実験では舌下温は 38.6°C にまで達した。

4. 線溶系

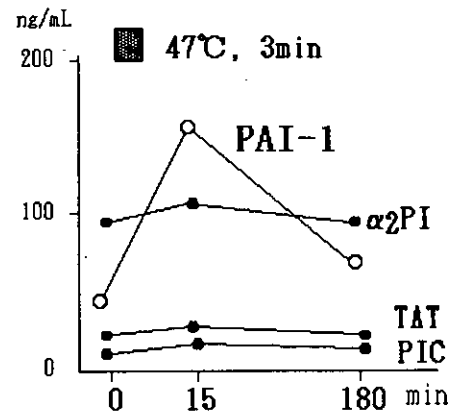
びらんや潰瘍などの内皮損傷やプラークの亀裂などにより、血管内皮の上で形成された微小血栓に対して、血管内皮は組織プラスミノゲン・アクチベーター (tPA) を産生し血栓を溶かそうとする。tPA によりプラスミノゲンからプラスミンが合成されて、フィブリンを溶かしていく。また一方で血管内皮はプラスミノゲン・アクチベーター・インヒビター 1 (PAI-1) を産生して tPA の作用を抑えようとする、つまり血栓を溶かしにくくする。このように血管内皮の上では血小板、凝固物質、線溶物質が総

動員されて、微小血栓ができては溶解していつている。47°C の高温泉浴では血管内皮から産生される PAI-1 が著明に増加し、血栓を溶解しにくい状態になっていくことが判明している²²⁾（図 4）。つまり微小血栓ができてはそれを溶かす能力が著しく低下しているため、血栓症に至りやすい状態と結論される。

図 4 高温浴による凝固線溶系の変化

47°C、3 分間の高温浴前後の凝固・線溶系マーカーの変動を測定した。高温浴により PAI-1 が一過性に増加し、血栓は溶けにくくなる。凝固系のマーカーに変動は認められなかった。文献 22 より引用。

PAI-1, plasminogen activator inhibitor-1 antigen; PIC, plasmin-antiplasmin complex; TAT, thrombin-antithrombin complex; α 2PI, α 2-plasmin inhibitor activity.



草津温泉に江戸時代から伝わる入浴法の「時間湯」では 47°C の高温に 3 分間浸かるが、このような超高温では脳内麻薬といわれている・エンドルフィンの分泌が増加することがわかっている²³⁾。つまり熱湯依存症は実は麻薬による恍惚状態だったのである。人間の熱さの感覚は次第に薄らいでいくので、湯温は温度計で確認する必要がある。私達は草津温泉で様々な疾患に温泉療

法を行ってきたが、42℃以下でも十分な効果が得られている。あえて42℃を越える高温に入浴する必要はない。

5. 血管内皮損傷

最近になりプラークの破裂が血栓症の直接原因と結論された³⁾。動脈硬化による血管内皮損傷は全身性に生じており、このような潰瘍や亀裂のある血管内皮と常に接触している血小板は活性化され粘着、凝固しやすくなっている。かつては脳梗塞発病後に活性化した血小板が出現すると考えられていた。しかしわずか径2-3mmの局所に発生した血栓が全身の血小板に影響を及ぼすとは考えにくく、その後の研究では全身性の動脈硬化病変によって血小板が活性化されてきていて、やがて脳血管や冠動脈などの局所に血栓症が発生していくということが判明した²⁴⁾。

私達（群馬大学草津分院）の調査では温泉地で発症した脳梗塞や心筋梗塞ではほぼ全例が高血圧、高脂血症、糖尿病、喫煙、高尿酸血症などの危険因子のいずれかを有していた²⁾。私達は動脈硬化の強い症例では血栓症の既往がなくても血小板の活性化がすでに起きていることを報告した²⁴⁾。このように血栓準備状態にあるような人が高温浴や反復入浴、長湯するのは脳梗塞や心筋梗塞などの血栓症発生の危険性が極めて高まる。

危険因子を持つ人の入浴は42℃以下で、臍ないし鳩尾レベルまで、汗をかかない程度の短時間とし、水分補給を必ず行なうべきである。

6. 溺水

入浴事故では必ずしも脳梗塞や心筋梗塞などの血栓症が直接の死因ではない。溺水

による死亡が少なくない。軽い発作でも入浴中は溺死の危険が常に存在する。入浴事故で搬送された症例には溺水を伴った症例が少なくない。独りで浴槽に浸かるのは危険である。わが県の統計では数は少ないものの若者の入浴死も存在する。多くは飲酒後の溺水によるもので、溺水も決してあなどれない。風呂や温泉などの広い浴槽では独りでの入浴はとても危険である。銭湯ではこのような心配はいらない。

IV おわりに

以上の研究結果から私達は安全入浴法を提唱している²⁵⁾。

1. 湯温は42℃以下にする
2. 長湯はしない。
3. 入浴水位は胸までとする。
4. 入浴後は水分補給をする。
5. 飲酒後は入浴しない。
6. 朝風呂は厳禁。
7. 浴室と更衣室の温度差は少なくする。
8. 独り入浴しない、または家族に声をかけてから入浴する。

日本人は熱湯や朝風呂、反復入浴、長湯が好きで、日常的に深い浴槽に頸部まで長時間浸かるため、入浴による急病発症の危険と常に背中あわせである。銭湯や温泉、風呂などの入浴の文化は長い間日本人の健康増進と疾病予防に貢献してきたが、利用の仕方によっては危険でもある。日本では年間約1万人以上が入浴に関連して死亡している。これは交通事故による死亡者数を上回るが、交通事故ほどの広報活動や啓蒙運動は行われていない。温水浴の医学を知る者にとって風呂は命の泉であるが、温水浴の医学を知らぬ者にとって風呂は地獄の入口でもある。温水浴の功罪を熟知して安

全な入浴法が広く普及し、日本の伝統文化であり代替医療でもある銭湯が引き継がれていくことを願っている。

文献

- 1) Baelz E: Das heisse Bad in physiologischer und therapeutischer Hinsicht. In: Verhandlungen des Zwolfter Congress fur Innere Medizin. Leiden E, Pfeiffer E (eds), Verlag von J.F. Bergmann, Wiesbaden, 1893; p401-413.
- 2) 久保田一雄, 町田泉, 田村耕成, 倉林均, 他: 草津温泉における急性心筋梗塞及び脳梗塞発症の検討. 日老医誌 1997; 34: 23-29.
- 3) Falke E: Plaque rupture with severe pre-existing stenosis precipitating coronary thrombosis. Brit Heart J 1993; 750: 31-4.
- 4) Kubota K, Sakurai T, Tamura J, Shirakura T: Is the circadian change in hematocrit and blood viscosity a factor triggering cerebral and myocardial infarction? Stroke 1987; 18: 812-813.
- 5) 久保田一雄, 柳沢勉, 倉林均, 田村遵一, 他: 血液粘度の日内変動からみた脳梗塞及び心筋梗塞の発症機序に関する検討. 第1報 若年男性における飲酒及び温泉浴の血液粘度の日内変動に及ぼす影響. 日温気物医誌 1990; 53: 137-140.
- 6) 白倉卓夫, 久保田一雄, 倉林均, 織内昇, 他: PETを用いて測定した老年者多血症の瀉血による脳血流量の変化. 群馬核医誌 1989; 4: 59-60.
- 7) 岡本潔, 久保田一雄, 川田悦夫, 倉林均, 他: 急激なヘマトクリットの上昇により脳梗塞及び筋由来血清酵素の高値を示した二次性多血症の一例. 日老医誌 1991; 28: 693-696.
- 8) Kurabayashi H, Kubota K, Tamura J, Kubota K, et al: A glass of water for possible prevention of cerebral infarction. Stroke 1991; 22: 1326-1327.
- 9) Kubota K, Tamura J, Shirakura T, Kimura M, et al: The behaviour of red cells in narrow tubes in vitro as a model of the microcirculation. Brit J Haematol 1996; 94: 266-272.
- 10) Kubota K, Kurabayashi H, Tamura J: The behavior of diabetic red cells in microcirculation examined by a new microcapillary method. Ann Hematol 1999; 78: 571-572.
- 11) 倉林均, 田村耕成, 久保田一雄, 田村遵一: 静水圧による胸囲、腹囲、大腿周径及び下腿周径の変化. 日温気物医誌 2001; 64: 199-202.
- 12) Kurabayashi H, Tamura K, Tamura J, Kubota K, et al: The effects of hydraulic pressure on atrial natriuretic peptide during rehabilitative head-out water immersion. Life Sciences 2001; 69: 1017-1021.
- 13) 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.
- 14) 武仁, 久保田一雄, 田村耕成, 倉林均, 他: 高温浴のヒト心房性利尿ペプチド

- ド、抗利尿ホルモン、アルドステロン、及びエンドセリン血漿濃度に及ぼす影響。日温気物医誌 1995; 58: 97-100.
- 15) Kurabayashi H, Kubota K, Take H, Tamura K, et al: Effects of hyperthermal stress on the ultrastructure of platelets with reference to the localization of platelet peroxidase and fibrinogen in vivo. *Am J Hematol* 1997; 56: 244-247.
- 16) Take H, Kubota K, Tamura K, Kurabayashi H, et al: Activation of circulating platelets by hyperthermal stress. *Eur J Med Res* 1996; 1: 562-564.
- 17) 武仁, 久保田一雄, 田村耕成, 倉林均, 他: 温熱の血小板に与える影響—特に血小板由来マイクロパーティクルの生成と血小板膜上における CD62 抗原の発現について。日温気物医誌 58: 1995; 213-217.
- 18) Gader AMA, Al-Mashhadani SA, Al-Harthy SS: Direct activation of platelet by heat is the possible trigger of the coagulopathy of heat stroke. *Brit J Haematol* 1990; 74: 86-92.
- 19) Khatim Y, Mustafa O, Omer M, Khogali A, et al: Blood coagulation and fibrinolysis in heat stroke. *Brit J Haematol* 1985; 61: 517-523.
- 20) 田村耕成, 久保田一雄, 倉林均: 水治療における水温の血小板および凝固線溶系に及ぼす影響。リハ医学 2001; 38: 34-37.
- 21) 田村耕成, 久保田一雄, 倉林均: 温泉浴の凝固調節因子に及ぼす影響。日温気物医誌 2001; 64: 141-144.
- 22) Tamura K, Kubota K, Kurabayashi H, Shirakura T: Effects of hyperthermal stress on the fibrinolytic systems. *Int J Hypertherm* 1996; 12: 31-36.
- 23) Kubota K, Kurabayashi H, Tamura K, Kawada E, et al: A transient rise in plasma β -endorphin after a traditional 47°C hot-spring bath in Kusatsu-spa, Japan. *Life Sciences* 1992; 51: 1877-1880.
- 24) Kurabayashi H, Tamura J, Naruse T, Kubota K: Possible existence of platelet activation before the onset of cerebral infarction. *Atherosclerosis* 2000; 153: 203-207.
- 25) 久保田一雄: 安全入浴法。温泉療法医研修会テキスト (日本温泉気候物理医学会編), 東京, 2003; p. 70-73.

IV. バイオリズムからみた入浴

阿岸 祐幸 北海道大学名誉教授
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

入浴による生体反応は、入浴時刻によって、反応の強さや質に日内差異がある。

高温全身浴での皮膚・筋の血流増加は、朝よりも夜の方が大きい。また、発汗開始するまでの時間も短く、発汗量も夜の方が多。全身冷水浴での化学的産熱反応であるふるえは朝に強い。心拍数の増加は朝に大きい。不感温度での入浴では、水溶性利尿の程度は午後3時が最大で、午前3時で最小となる。

浴水温が42°Cの高温浴を朝と夜に行い、血中ホルモン動態をみると、コーチゾル、インシュリン、ADHなどは夜で有意に増加するが、朝では変動しなかった。成長ホルモン、カテコールアミン、プロラクチンは分泌増加するが日内差異はなかった。交感神経状態を示すサイクリックAMPは朝のみで、副交感神経状態の指標となるサイクリックGMPは夜のみ増加した。これらの現象は、朝の加温相（上昇相）と夜の冷却相（下降相）からなる体温の概日リズムと蜜に関係する場合や、日中の自律神経系の緊張度と関連することが考えられる。

I はじめに

入浴をすると、からだには外からの温度刺激や静水圧、浮力などの物理的刺激が加わり、そのためにさまざまな生体反応がおこる。同じ水温や体位で入浴しても、1日の中の入浴する時刻や、季節などによって、その反応の程度や反応の質そのものに差異があることは以前から知られていた^{1, 2, 3)}。

本稿では入浴を中心とした生体反応を、生体リズムを研究対象とする時間生物学 chronobiology の観点から述べる。

II ホメオスタシスとバイオリズム

もともと生命現象には2つの基本的な活動系がある。

一つは生体の内部環境恒常性を保つための「ホメオスタシス homeostasis 機構」であ

る。たとえば、熱い湯やサウナに入るなどの高温環境にさらされると、末梢血管が拡張し、発汗が盛んになるなどの物理的放熱反応がおこり、体内の中心部の温度（中核体温、心臓部や脳の温度）を、いつも最も好ましい一定の温度に維持しようとする。また、逆に寒冷環境下では、末梢血管は収縮して体内から温度が逃げないようにし、また、筋肉がガタガタ震えていわゆる化学的産熱反応がおきて、中核体温が下がるのを防ぐようになる。このように、生体には、内外環境の変化に常にすばやく反応して、生体にとって最も好ましい生理状態を常に保とうとするメカニズムが働く。これが「ホメオスタシス機構」である。

もう一つの活動系は、ホメオスタシス機構と矛盾しているようであるが、生体機能が、ある周期と振幅をもってリズム性に変動する

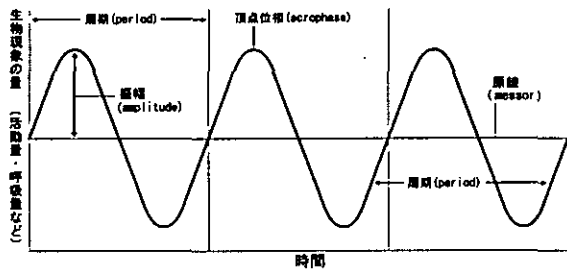
「生体リズム biorhythm 機構」である。夜になって暗くなると自然に眠くなり、朝になって明るくなると自然に目が覚めるという覚醒—睡眠リズムは典型的な例である。ホルモンの基礎分泌や血中濃度にも、このようなリズム性の変化がみられる。

入浴や温度刺激に対する生体反応にもリズム性変化があることが知られている²⁾。

Ⅲ 体温の概日サーカジアンリズム性変動²⁾

生体リズムの時間を構成する要素には、図1でみるように、周期 (period), 振幅 (amplitude), 位相 (phase) がある。

図1 生体リズムの構成要素



入浴や運動、さらの温泉療法などの温熱刺激に関連する生体リズムにとって、重要なのは、およそ24時間の周期 (概日・サーカジアン circadian) で変動する体温調節機構のリズム性変動である。

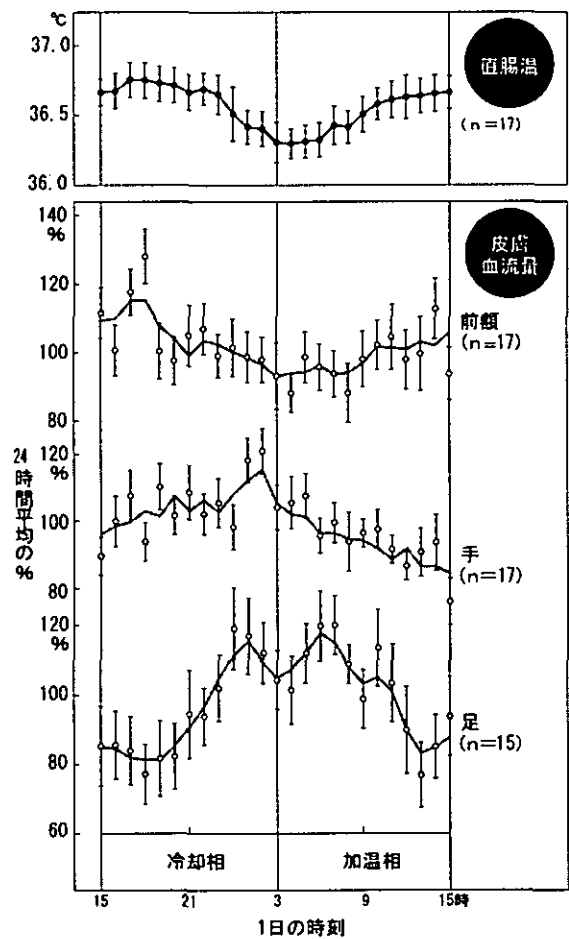
ヒトの体内中心部の温度、すなわち中核体温 (深部体温、多くの場合、直腸で測定する) は、およそ24時間の周期でリズム性の変化、概日リズム (サーカジアンリズム: circadian rhythm) 性変動をする (図2)。この特徴は、直腸温度の振幅が約1°Cで、昼間に上昇し、夜間に下降することである。

体温が上昇するのは、日中に体を動かして筋肉が活動するので、筋肉の収縮運動によって産熱反応が高まるためと考えられたこともあった。しかし、長い間にわたって体を動かさ

ずに寝ていても、同様なリズム性変動がみられることからこれは否定できる。

一方、図2の下の部分で示されているように、手や足といった四肢末梢部の皮膚の血流量は、朝に減少し、夜間に増加するという、直腸温の変動とミラーイメージ (鏡像) を示して対称的な変動することが分かる。

図2 直腸温と前額、手および足の皮膚血流量の概日リズム



すなわち、昼に直腸温が上がるのは、末梢部の皮膚からの熱放散が少なくなるからであり、末梢皮膚領域の血管が収縮して血流が減少することによる。逆に夜間に体温が下がるのは、末梢皮膚領域の血管が拡張して血流が増し、末梢皮膚からの熱放散が増加するためである。

このことから、体温（直腸温）は、朝の上昇相（機能的にみると加温相で、末梢血管が収縮傾向にあり、放熱が妨げられる相）と、夜の下降相（冷却相で、末梢血管が拡張傾向にあり、放熱が盛んになる相）の2相があることが分かる。

さらに、1つの相から他の相に移行する時刻は、午前3時頃と午後3時頃であり、午前9時頃と午後9時頃は各相の勾配が最も急で、体温の変化が最も急速な時刻であるということになる。この現象は、入浴やサウナなどといった温度刺激による生体反応が、それを加える1日の時刻によって反応性に差異があることを知る上で重要な前提条件となる。

IV 温度刺激による生体反応と体温の概日リズムとの関係

外部から温度刺激を加えられたときに起こる人体の反応は、体温の概日リズムが加温相か冷却相かによって、かなり異なる。

1. 冷却刺激に対する反応

①図3は、午前8時と午後8時に、同一人物が手指を4°Cの冷水中に3分間浸けて、手指先端部の皮膚温のその後の回復過程を測定した結果である。回復時間は夜のほうが朝よりも明らかに早いことがわかる。

これはまた、別の同様な実験でも、手の冷水浸後の皮膚温が元に回復する時間は、夜のほうが早い（図4の上から2番目）。すなわち、体温冷却相（熱放散傾向が強い）にある夜間に冷却刺激を加えたほうが、体温加温相（熱放散が少ない）にある朝よりも早く回復することを示している。

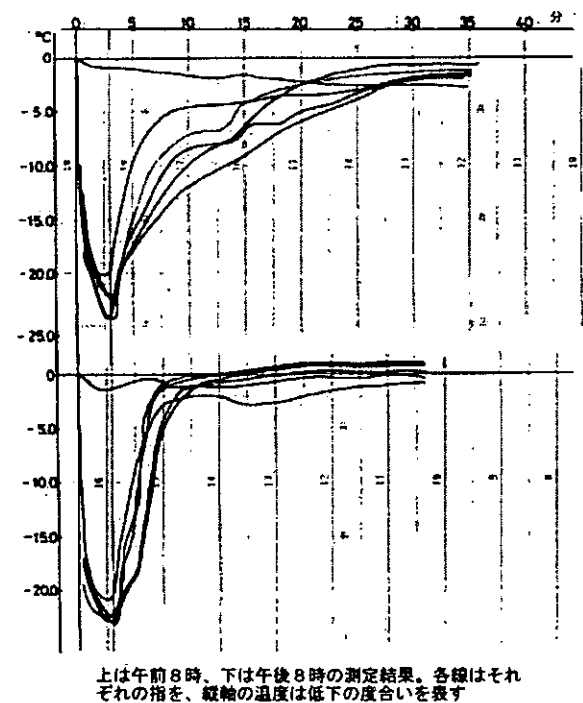
②手を冷水に浸けると交感神経が刺激されて血圧があがるが、その程度は朝のほうが夜よりも大きくなる（図4の一番上）。

③水浴でなく、冷水シャワーでの全身冷却

刺激による皮膚温の回復経過も同様な動きを示した（図4の上から3番目）。

④25°Cやそれ以下の水温で、全身冷水浴を行うと、化学的産熱反応として体の震え反応が起こるが、朝の加温相でのほうが、夕方の冷却相での場合より震えが早く起こる。心拍数も朝に増加し、夜の場合にはむしろ減少する例も見られる。

図3 右手を4°Cの冷水中に3分間浸けた後の指先の皮膚温の動き

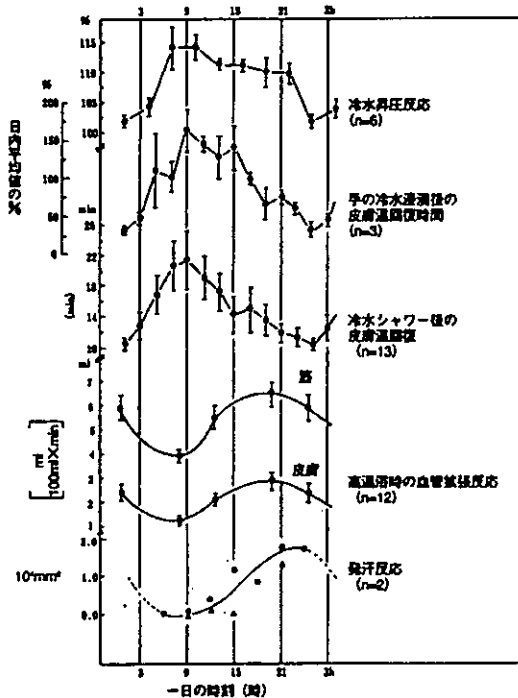


2. 温熱刺激に対する反応^{2, 4)}

① 高温全身浴の血管拡張反応をみると、筋でも皮膚でも夜の高温浴のほうが朝の場合よりもその程度が大きい（図4の下から2番目）。

② 発汗を促すために熱いお茶を飲み、前額部の発汗反応をみると、朝に比べて、夜のほうで発汗が開始するまでの潜伏時間が短く、また発汗量も多い（図4の下）。

図4 温度刺激に対する生体反応の概日リズム



V. ホルモン分泌は入浴の時間帯で異なる

われわれの体の機能は、さまざまな臓器からホルモンが分泌されて活動が調節されている。多くのホルモンは、その基礎分泌それ自体に概日リズムを示す。しかも、種々は刺激に対する分泌反応に、朝と夜で異なるものが多い。

ここでは、全身入浴による温熱刺激への分泌反応について、われわれが行った研究結果の一部を紹介する。

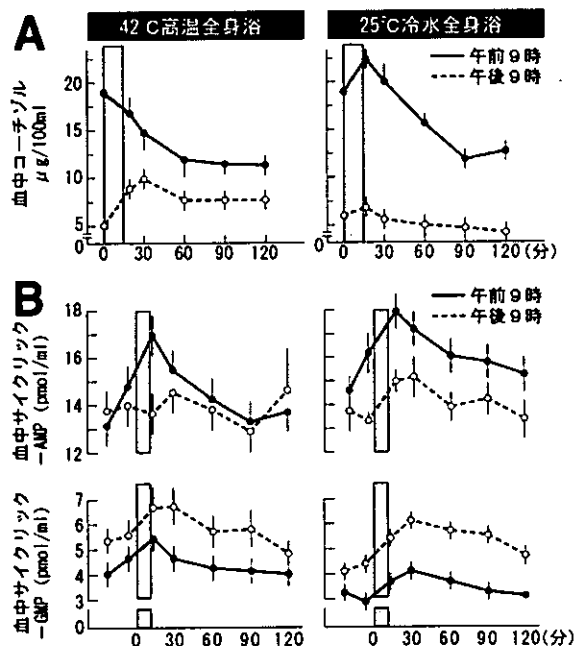
健常な青年男性を対象として、一晩絶食後の午前9時と、夕食3時間後の午後9時に、水温42℃の全身高温浴と、25℃の全身冷水浴を長座位（背中を直立させ、手足を伸ばした体位で、顎以下を水中に浸す）で各10分間行った。経時的に肘静脈から採血し、血中ホルモン濃度を測定した。

1. Cortisol (副腎皮質ホルモン) の変化 (図5)

上)

血中 cortisol は、午前6時頃に最高値となり、深夜0時頃に最低となる概日リズムがある。いま、高温浴を午前9時に行うと、浴後の cortisol はほぼ本来の概日リズムの動きに沿って低下する。しかし、午後9時の高温浴では、有意に増加する。一方、25℃の冷水浴では、朝は浴後に明らかに上昇するのに対し、夜ではほとんど変動しない。このことから、体温調節機構からみて、朝の加温相での冷却刺激に対して副腎皮質は感受性が高く強く反応し、分泌反応が活発に起こると考えられる。また、夜では、末梢血管は拡張傾向にあり、熱放散が大きい冷却相になり、この位相では42℃の高温浴に対する感受性が高くなっている。つまり、夜には高温刺激に対して分泌反応が強くみられると考えられる。このように、副腎皮質ホルモンの分泌は、体温調節機構の位相（時間帯）で反応が異なるといえよう。

図5 午前9時と午後9時に高温浴、冷水浴を行ったときの、血中ホルモンの経時変化



2. 自律神経系に関するホルモンの変化(図5の下)

(1) 自律神経系の機能状態を生化学的に示す指標となるホルモンに Cyclic-nucleotide がある。このホルモンは、交感神経系(緊張系)の状態を表す cyclic-AMP と、副交感神経系(リラクセス系)の状態を表す cyclic-GMP の2つから構成されている。

前述のような全身浴での温度刺激に対して、cyclic-AMP は高温浴、冷水浴ともに、朝には明らかに増加するが、夜には両温度刺激でも有意の変動はみられなかった。一方、cyclic-GMP は高温浴、冷水浴いずれの場合でも、朝には変動せず、夜には増加している。

この結果から、交感神経系の優位な朝での高温と冷温両方の温度刺激に対して、交感神経系の感受性が高まっており、副交感神経系が優位になっている夜では、高温・冷温両温度刺激に対して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。

(2) Catecholamine の水浴性温度刺激に対する反応の日内差異⁵⁾。

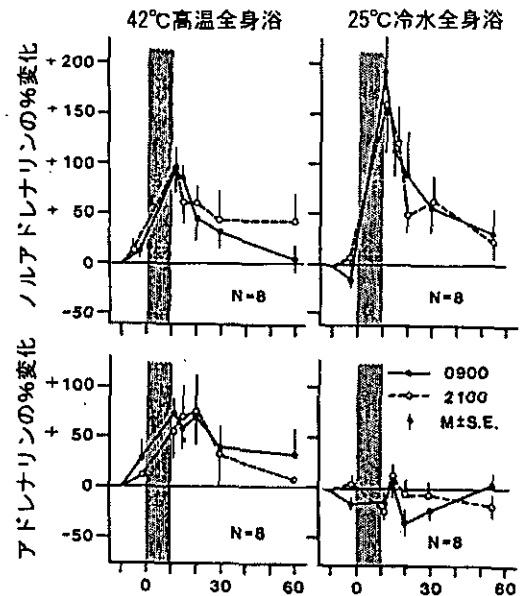
Catecholamine には神経末端から分泌される noradrenaline (NA) と、副腎髄質から分泌される adrenaline (A) がある。

水温 42°C 全身高温浴では、血清 NA 濃度は、午前 9 時と午後 9 時での反応の程度に有意差はなく、ともに 10 分間の入浴直後に明らかな増加があった(図6)。

25°C での冷水浴では、朝と夜の入浴で 42°C 高温浴時より明らかに強い増加反応を示したが、朝と夜とではその程度に差はなかった。

血清 A は、朝夜の高温入浴後で同程度で有意の増加をみたが、25°C 冷水浴では朝夜とも明らかな変動を示さなかった。

図6 高温浴(42°C、10分間)と冷水浴(25°C、10分間)による血中ノルアドレナリンとアドレナリン反応



3. Prolactin の反応^{6, 7)}

Prolactin は脳下垂体前葉から分泌されるホルモンの一つで、脳下垂体前葉の機能状態を示すほか、女性で催乳刺激作用がある。ヒトでは女性だけでなく男性でも分泌され、魚類などでは体内水分の分布調節に関係しているとも言われている。

42°C の全身高温浴をすると、朝(午前9時)、夜(午後9時)ともに一過性ではあるが、血中濃度が急激にしかも著明に増加する。この場合、夜のほうが朝よりも増加度が大きい。しかし、25°C の冷水浴では、分泌はむしろ抑制される(図7)。高温水浴での prolactin 分泌増加は、温熱刺激以外にも、たとえば静水圧の影響の存在も考えられる。

図7 午前9時と午後9時に高温浴、冷水浴を行ったときの、血中プロラクチンの経時変化

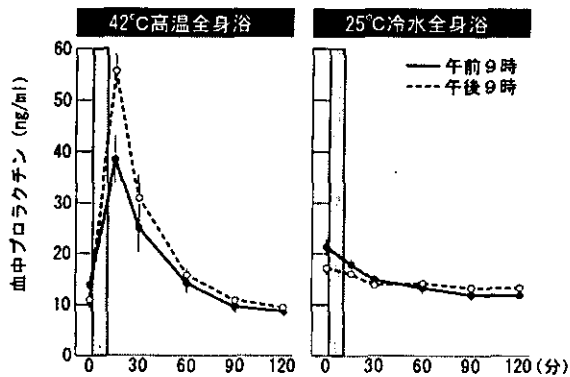
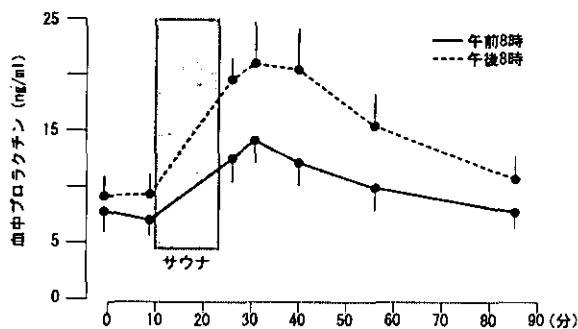


図8 午前8時と午後8時にサウナ浴 (90°C、相対湿度 5~10%、15 分間) を行ったときの、血中プロラクチンの経時変化



しかし、静水圧がなく、もっぱら温熱刺激のみが作用する乾式サウナ浴 (90°C、相対湿度 5~10%、15 分間) で検討した結果では、図8のように浴後に著明に上昇する。しかも、夜のほうが朝に比べて有意に増加している。これから prolactin は、高温刺激で分泌が促進され、特に夜でより増加する。冷温刺激では分泌は抑制されることがわかる。

4. 水分代謝に関するホルモンの反応⁷⁾

(1) Renin 活性 (図9上)

高温浴では、朝で一過性の著明な上昇を見たが、夜は軽い上昇傾向のみである。冷水浴

ではむしろ低下した。熱刺激に対する renin 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係する体内血液分布の日内差異などとの関係を考慮すべきであろう。

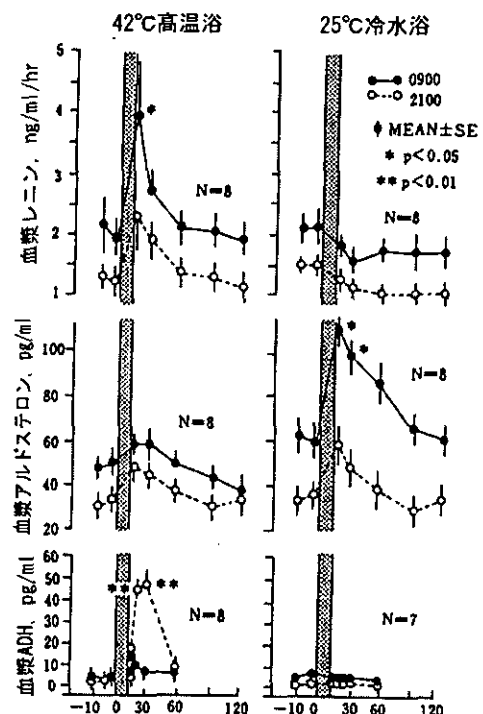
(2) Aldosterone (図9中)

高温浴では朝、夜ともに軽度の上昇をみるが、有意ではない。冷水浴では、明らかな上昇を特に朝の水浴でみられた。

(3) 抗利尿ホルモン ADH (図9下)

高温浴で上昇するが、夜のほうが朝に比べて強くみられた。冷水浴ではむしろ分泌抑制がみられた。高温浴による ADH 分泌増加は、renin 活性の場合と同様に、体温調節と循環調節機構などの概日リズム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。

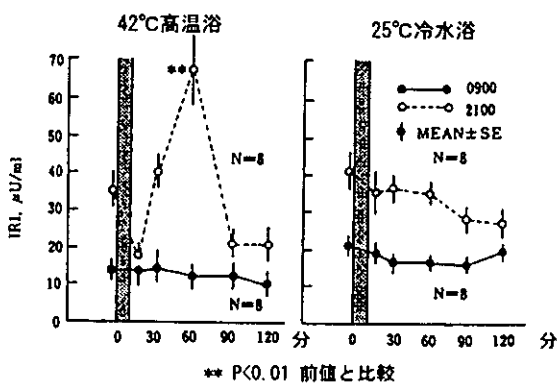
図9 高温浴 (42°C、10 分間) および冷水浴 (25°C、10 分間) による血中レニン活性(上)、アルドステロン (中)、ADH (下) 反応の日内差異



5. 糖質・脂質代謝系の反応

血糖値は高温浴、冷水浴によりともに一晩絶食後の午前9時の水浴では変動しないが、夕食後3時間目の午後9時の高温浴では上昇、冷水浴では一過性の低下をみた。遊離脂肪酸は血糖とは対照的に朝の高温、冷水浴で上昇、夕食後3時間目の午後9時の水浴では変動しなかった。血中 insulin は午後9時(夕食後3時間目)の高温浴で明らかに上昇し、食後の高温浴が膵からの insulin 分泌刺激効果のあることが示唆された(図10)³⁾。Glucagon は両温度刺激に対して有意の変動をみなかった。

図10 高温浴(42°C、10分間)および冷水浴(25°C、10分間)によるインシュリン反応の日内差異



これらの糖質・脂質代謝に関係するホルモンや代謝基質(血糖や遊離脂肪酸など)の反応の日内差異があるというのには、温度刺激ばかりでなく、入浴のどの位前に食事を摂ったかといった食後時間 postpradial の入浴の関連も十分考慮しなければならない。すなわち、午前9時の入浴は一晩絶食後に行い、午後9時の入浴は夕食後3時間目に行ったことが、その差異がみられた原因かもしれない。

6. 水浴性温度刺激に対する内分泌反応のまとめ⁶⁾(図11)

我々が行った条件下(水温42°Cと25°Cの全

身浴を、午前9時と午後9時に10分間行う)で、水浴性温度刺激に対するホルモンや代謝基質反応の日内差異を検討した成績を図11でまとめた。

図11 午前9時と午後9時に、42°C高温浴と25°C冷水浴を10分間行ったときの血中ホルモンと代謝物質濃度の動き

	水浴	時刻	
		午前9時	午後9時
コルチゾル(♂)	42°C	—	↑
	25°C	↑	—
コルチゾル(♀)	42°C	↑	↑
	25°C	—	—
成長ホルモン	42°C	↑	↑
	25°C	—	—
プロラクチン	42°C	↑	↑
	25°C	—	—
甲状腺刺激ホルモン	42°C	—	—
	25°C	—	—
黄体刺激ホルモン	42°C	—	—
	25°C	—	—
抗利尿ホルモン	42°C	↑	↑
	25°C	—	—
レニン	42°C	↑	—
	25°C	—	—
アルドステロン	42°C	—	—
	25°C	↑	—
インスリン	42°C	—	↑
	25°C	—	—
ノルアドレナリン	42°C	↑	↑
	25°C	↑	↑
アドレナリン	42°C	↑	↑
	25°C	—	—
サイクリックAMP	42°C	↑	—
	25°C	↑	—
サイクリックGMP	42°C	—	—
	25°C	—	↑
Na	42°C	—	—
	25°C	—	—
K	42°C	↓	↓
	25°C	↓	↓
血糖	42°C	—	↑
	25°C	—	—
遊離脂肪酸	42°C	↑	—
	25°C	↑	—
乳酸	42°C	↑	↑
	25°C	—	—

↑上昇 —変化なし ↓低下

(1) 42°C高温浴で日内差異のあるもの: Cortisol, prolactin, ADH, Renin 活性, insulin, cyclic-AMP, cyclic-GMP, 血糖、遊離脂肪酸、乳酸など。

- (2) 25°C冷水浴で日内差異のあるもの：
Cortisol, aldosterone, cyclic-AMP, cyclic-GMP, 血糖、遊離脂肪酸など。
- (3) 温度刺激に対して分泌増加反応はあるが、日内差異がないもの：
成長ホルモン、noradrenaline, adrenaline など。
- (4) 温度刺激に有意に反応しないもの：
LH, FSH, TSH, glucagon, 甲状腺ホルモンなど。

VI 入浴時の物理的刺激に対する反応

入浴での生体作用には、浴水温による温度刺激ばかりでなく、浮力、静水圧などの浴水の物理的要素の作用も重要である。

とくに、静水圧の影響は心臓や循環系に大きな影響を与える。静水圧によって、腹部や手足の末梢血管や血管壁の柔らかくて変形しやすい静脈が圧迫されて静脈還流（末梢から心臓に帰っていく静脈血液の流れ）が増加して心容量が増す。これに対応して右心房の内壁にある伸展・容積受容体が刺激され、この部分から心房性ナトリウム利尿 peptide (Human Atrial Natriuretic Peptide, HANP) が分泌されたり、renin-angiotensin II-aldosterone 系の抑制、さらには抗利尿ホルモン Anti-Diuretic Hormone (ADH) の分泌抑制などの一連の反応によって水浴性利尿が起こる。

この利尿効果は1日の水浴する時刻によって差異があり、午後3時が最大で、午前3時の水浴で最小になる（図12の上）。

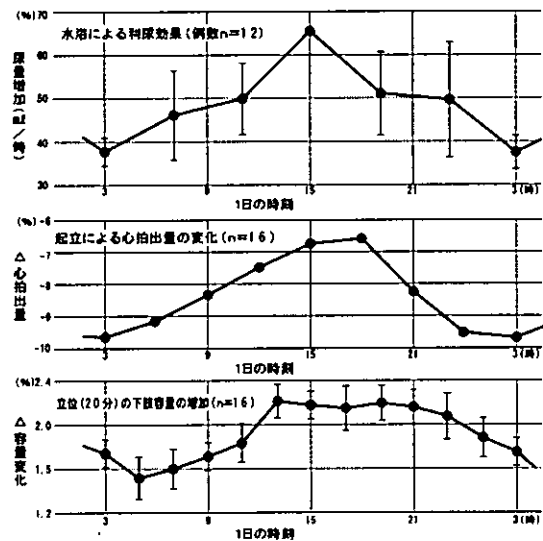
VII 体内水分分布調節機能の概日リズム^{2, 4)}

(1) 入浴ではないが、体内水分分布調節機能に関連して、体位を急に変化させて循環動態に対する反応を、寝ていた状態（臥位）から急に起き上がって立位の状態になった時の

心拍出量が減少する割合は、午後3~6時が最小で、午前0~3時で最大となる（図12中）。

(2) 20分間立ち続けた後の下肢容量の増加度（むくみ）は、午後から夜にかけて最大となる（図12下）。なお、起立性失神（たちくらみ）が起こるのは夕方から夜にかけて多いことがわかっている。

図12 水浴時の利用、起立時の心拍出量、立位20分後の下肢容量変化の概日リズム



VIII 水温による微小循環の反応

不感温度（感覚的に熱くも冷たくも感じないで、機能的にも最も変化の少ない環境温度）から、水温が熱くなったり、冷たくなったりすると、その程度に応じて生体反応の程度も変わってくる。その刺激（温度など）への適応現象としての生体機能が反応する場合には、時間を要し、時間構造（周期、振幅、位相）も変わる。しかも、新しい特徴をもったリズム性の変化がみられるようになる。これが機能の反応性リズム functional reactive period という。

さて、末梢循環系の血流の性質を観察するのに、多くの場合、レーザー・ドップラー法による微小血流の測定が用いられる。浴水温

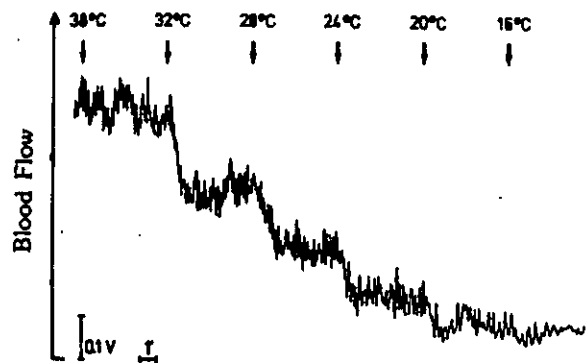
度の刺激や、温泉や人工浴剤などによる末梢血流への影響をこの方法で測定、検討した論文の多くは、血流の増減の程度を単に数値で比較している。しかし、これら末梢微小循環動態の変化は、反応性リズムという視点からみると、それを質的にも評価することが出来る。

微小循環動態には、1分間に1~10回の周期で自動的に拡張・収縮をするリズム性の変動現象 *バゾモーション vasomotion* がある。

①ヒトの背中中の皮膚面に、恒温装置をつけたレーザー・ドップラー血流計のプローブを当て、皮膚に接触する浴水温度が *vasomotion* にどう影響するかをみた成績がある。

図13は、皮膚表面の温度をいろいろ変えて *vasomotion* をみたものである。不感温度域から温度が高くなると、基線が上昇し、リズム変動の周期が短くなる特色がみられる⁸⁾。

図13 ヒト背部を段階的に冷却した場合の皮膚微小循環 *Vasomotion* の変化 (レーザー・ドップラー法)



また、振幅が増加し、頂点位相 (位相のうちで最も高いところ) が上昇する。一方、より冷たい刺激に対しては、周期が長く、振幅が減少してくる。このことから、浴水温度によって循環系のリズム性変動の時間構造が変化することがわかる。

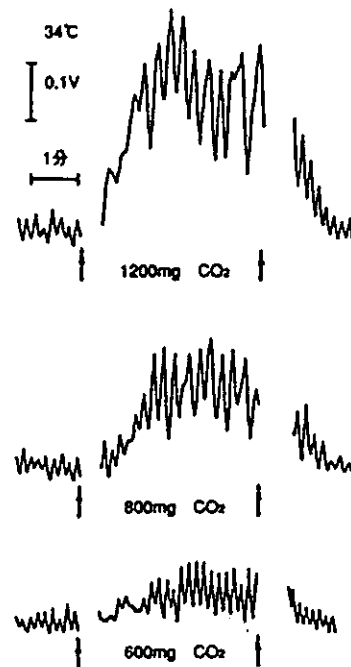
②銭湯などでの入浴では、ハーブや塩分の人工浴剤を用いることがある。

図14では、浴水中に炭酸ガスを溶かし、浴水中の炭酸ガスの濃度が *vasomotion* にどう影響を与えるかみたものである^{8,9)}。

炭酸ガスは末梢血管拡張作用、血流増加作用がつよく、温泉では二酸化炭素泉 (通称炭酸泉) として末梢血管拡張や血圧降下作用が強いことで知られているものである。

皮膚表面の温度を34°Cという一定条件下で、浴水中に溶けている炭酸ガス濃度を増加させると、濃度依存性に振幅の増加、頂点位相値の上昇がみられる。このような現象は硫化水素ガス (温泉では硫化水素泉) でもみられる。

図14 水溶液中のCO₂ガス濃度と皮膚血流 (レーザー・ドップラー法による)



IX おわりに

銭湯での入浴でも、その入浴時刻によって、いろいろな生体機能の反応に異なった強さの影響を与えたり、場合によっては逆の反応を示すこともある。したがって、入浴により最

大の効果や効率、あるいは副作用や危険性を最小にする時刻や方法を考慮した時間的に最適の入浴法の処方やアドバイスが望まれる。これが時間治療 Chronotherapy である。

文献

- 1) Agishi Y. Hildebrandt G: Chronobiological Aspects of Physical Therapy and Cure Treatment. 北海道大学医学図書シリーズ 22、pp1-80、1989
- 2) Hildebrandt G: The significance of cure treatment as a modern medicine, In Agishi Y. and Ohtsuka Y(eds) Recent Progress in Medical Balneology and Climatology, 北海道大学医学図書シリーズ 34、25-42、1995
- 3) 阿岸 祐幸：温泉療法と生体リズム。総合リハビリテーション、17:561-567、1989
- 4) 阿岸 祐幸：温泉療法と生体リズム、imago 5: 158-167、1994
- 5) Agishi Y: Endocrine and Metabolic Aspects of Balneotherapy, Int J Biometeorology 29(Supplement 2): 89-103, 1985
- 6) 阿岸 祐幸、中谷 純：温泉療法と生体リズム2。みんかつ 180: 44-49、2004
- 7) 阿岸 祐幸、美甘 達：生体リズムからみた温泉療法と内分泌動態、ホルモンと臨床 39:601-609、1991
- 8) Schnizer W, Ernst E, Erdl R: Neuere Erkenntnisse zur den Wirkmechanismen von Kohlensäurebadaern. Z Phys Med Baln Med Klim 15: 1063-1064, 1986
- 9) 阿岸 祐幸、中谷 純：温泉療法と生体リズム4。みんかつ 182: 36-39、2004

V. 入浴と入浴環境の心理・感覚的效果

阿岸 祐幸 北海道大学名誉教授
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

入浴や浴室など入浴環境による心理的・感覚的效果とその評価法につき概観した。(1) 脳波測定による評価で、家庭でのユニットバスより、銭湯の大きい浴槽での入浴の方が α 波の出現頻度が大であった。(2) 「感性スペクトラム分析法 (ESAM)」での検討では、流水浴、小さいより大きな浴槽での入浴、ラベンダー浴などで、ストレス解消ならびにリラックス効果が大であった。(3) 連続2週間の強力流水浴で、脳波から診断された軽度アルツハイマー性痴呆の予防・改善効果がみられた。(4) 温熱感覚指標として、温度感覚、快適感覚、PMV などのスケールがある。(5) 主観的心理評価法として、POMS, SF36, NACLM 法などがある。(6) 銭湯を色彩心理学からみて、その特色を考察した。ものを大きく見せる膨張色としての「水色」、実際の位置より遠く見える後退色、また距離感をあいまいにして場所を広くみせる面色としての「青」の効果が巧みに応用されていることがわかる。

I はじめに

入浴の身体への生理学的効果については、温熱生理、循環・呼吸生理、内分泌生理などの分野で広く研究されていて、多くの最新の医科学的手法による客観的な評価成績が蓄積されてきている。しかし、入浴の心理的效果の評価には、入浴前後でのアンケート形式による主観的申告法（たとえば POMS、Profile of Mood States）などが主であるが、快適環境下で出現する脳波の α 波の出現頻度などで、数値的に表す試みもみられるようになった。

ここでは、入浴の心理的および感覚的效果とその評価について概観する。

II 脳波を用いた心理評価

1. 銭湯におけるフィールドワーク

われわれは、まず、日常的に利用する銭湯で、浴槽の大きさによって快適さに差があるかど

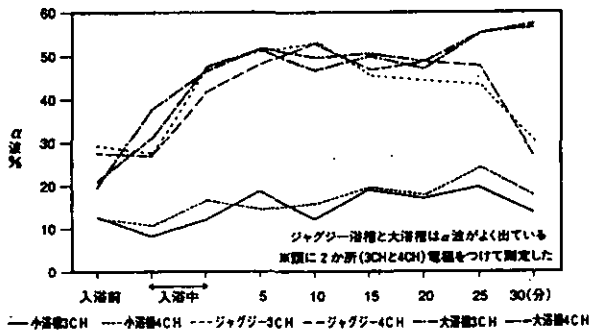
うかを同じ銭湯浴室で入浴し、脳波測定により比較検討した。

被検者は健常な男性6人で、年齢は19~45歳であった。入浴法は浴水温41°Cの小浴槽と、大きい銭湯浴槽に6分間頸部まで水中に浸かる座位とした。

入浴は朝食後2時間以上経った午前10時から12時の間に行い、毎回、脱衣室で入浴前に30分間安静を保った後に実験を開始した。1日目は小さい浴槽、2日目は大きい銭湯浴槽、3日目はジャクジー浴の3種の浴槽で入浴するという順序で3日間にわたった。

図1は脳波測定の2部位(チャンネル3-3CHとチャンネル4-4CH)での α 波の出現頻度%を示したものである。

図1 脳波（α波）の占める割合の変化



両チャンネルともα波の出現頻度は、入浴中と入浴後で、小浴槽入浴群は入浴前に比べて変化しないが、大きな銭湯浴槽とジャグジー入浴群では明らかな増加した¹⁾。

2. 実験入浴による脳波測定

(1) 浴槽の大きさや脳波²⁾

入浴の大きな目的のひとつは精神的なリラクゼーションを得ることである。一般に、家庭の浴槽での入浴に比べて、銭湯や温泉でのような大きな浴槽に入浴すると、より快適な気分になる。そこで、心理的快適性を脳波で測定し、浴槽の大きさが快適性にいかに影響するかを、実験環境条件をより厳密にした大学研究室で検討した。

対象と方法：

10人の健康青年男性(21~31歳、平均22.8歳)を対象とした。実験日を異にした同じ時刻で、午前8時から午前10時までの間に行った。使用した浴槽と入浴法は、小浴槽(膝を屈しなければ入浴できないサイズで、長さ60cmX幅70cmX深さ60cmのポリバス、TOTO製)での入浴は、頸部まで湯に浸かる全身浴とした。大きい水中運動用浴槽での入浴は、四肢を十分に伸ばした半寝浴位で、頸部以下を湯に浸ける全身浴とした。浴室内は、室温を26℃、相対湿度を55±5%の条件で、浴水温は39℃とした。

一晩絶食後に、実験浴室内で水着着用のみで20分間の安静を保ち、その間に頭部に脳波計電極を6箇所装着した。脳波は、無線 EEG トランスミッターを用いてデータレコーダーで記録した。

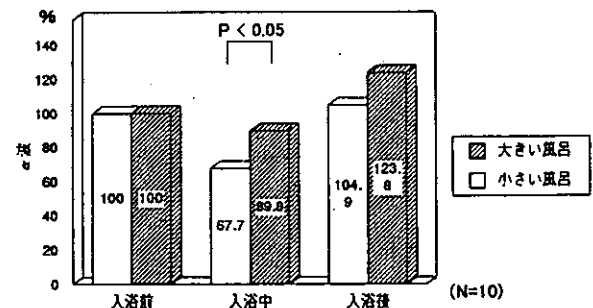
電極装着して5分間の安静後、10分間入浴し、出浴後10分間、連続的に脳波を記録した。その間、原則として軽く閉眼状態を保つようにした。

脳波は Power Array Program (NEC 三栄) で解析し、チャンネル3, 4, 5, 6の脳波でα波は1分毎にその出現頻度を計測した。入浴の前後1分間のデータは眼を開いていたので除外した。結果は入浴前のα波の出現頻度値を100としてその増減率で表した。統計処理は Stat View (Abacus Concepts, Berkely, USA) を用い、平均値の比較は Wicoxon' s rank sum test 法に従った。

結果：

小浴槽での入浴では、α波は入浴中に明らかに減少した ($p < 0.01$) が、出浴後に回復した。大きな浴槽での入浴では、入浴中もα波の出現頻度は変化せず、出浴後に上昇傾向がみられた。入浴中のα波は大浴槽入浴で小浴槽入浴に比べて有意に増加した ($p < 0.05$) (図2)。

図2 浴槽の大小と脳波α波の出現頻度
入浴前を100とした。



考察：

本研究では、浴槽サイズによる心理学的影響を脳波の測定で、数値的にその差異を客観的に比較しようと試みた。

脳波には、その周波数に従って α 波(8~13Hz)、 β 波(14~30Hz)、 θ 波(4~7Hz)、 σ 波(0.5~3Hz)に分けられが、そのうち、 α 波は心理的に安静した状態やリラックスした状態で多く見られる。従って、本研究でみられたように、大きな浴槽を設けてある銭湯や温泉での入浴は、普通の家庭の小浴槽での入浴に比較して、よりリラックスできると考えられる。

3. 「感性スペクトラム分析法」による入浴の心理効果

(1) 脳波の解析で感情を数値で表現できる³⁾

最近、脳・神経科学分野で、「こころ」の源は脳にあり、感情の変化は脳波の変化として現れることから、脳波による工学的手法を用いて、人の感情(感性)を脳波測定で数値的に解析することが可能となった。特に「こころ」の状態としての感情の変化を客観的に表現する「感性スペクトラム分析法(Emotion Spectrum Analysis Method, ESAM)」が武者らによって開発され注目されている³⁾。

ESAMは、頭皮上に10-14個の脳波用電極を付け、多点部位で取った脳波から、デジタルアナライザーなどを通して得られる「感性マトリックス」を用いて、「こころ」の中で起こる感情の起伏を数量的に捉える。現在は人の感性・心理評価、ストレスコントロールなどの評価などに応用されるようになった。

(2) ESAMによる入浴の感情要素の変化

我々は、最近武者らによって開発されたこのESAM法を用い、脳波をモニタリングすることによって、感情状態を「ストレス(怒り)」、

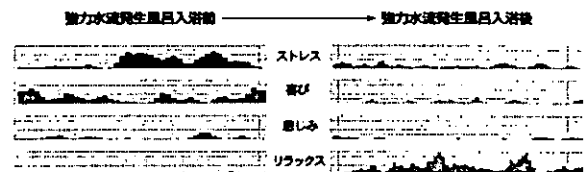
「喜び」、「悲しみ(落ち込み)」、「リラクゼーション」の4要素に分け、いくつかの入浴条件によるそれぞれの要素の程度と変化を数量化し、グラフに表示・視覚化したので、その成績の一部をここに紹介する。

以下の入浴実験は、いずれも長崎県平戸市にある日本ヒーリング科学研究所における実験浴室で行ったものである⁴⁾。

①流水浴

まず、典型例として、流水発生浴槽で入浴(38°C、1.5~2.0m/sec、30分)した前後のESAM解析の結果を図3で提示した。入浴により、ストレス要素の減少と、リラックス要素の増加が明らかに見られた。

図3 強力流水浴の心理的効果(ESAM法)



②浴槽の大きさによる比較

標準的な家庭用ユニットバス(1.5m²、深さ1m)で、膝を屈曲させて肩まで入浴した場合と、大きな浴槽(約8m²、深さ0.5m)で、手足を十分伸ばした長座位で入浴した場合とで比較した。対象としたのは、近所に生活する15~32歳男性5人と女性6人の計11人で、日を変えて上記の2浴槽での入浴(浴水温38.5°C)をそれぞれ20分間行い、浴室と脳波計測室の室温を25°Cに設定した。脳波測定用に装着した電極は12個で、入浴前後で脳波を測定した。

結果：

典型例を図4で示した。大きな浴槽で入浴した例8Fでは、明らかにストレスが減少し、