

暑熱順化の形成過程に関する研究

—サーモグラフィ装置によるヒト発汗部皮膚温測定—

大渡 伸, 小坂 光男, 土屋 勝彦,
井元 孝章, 藤原 真理子, 山口 浩*

長崎大学熱帯医学研究所疫学部門

Studies on Heat Adaptation —Measurement of Sweating Skin Temperature with the Use of a Thermograph—

Nobu OHWATARI, Mitsuo KOSAKA, Katsuhiko TSUCHIYA, Takaakira INOMOTO, Mariko FUJIWARA and Hiroshi YAMAGUCHI (Department of Epidemiology and Environmental Physiology, Institute for Tropical Medicine, Nagasaki University)

Abstract: A new thermograph (Thermoviewer), an equipment available for the determination of body surface temperature in the studies on thermal adaptation was delivered in the Institute for Tropical Medicine, Nagasaki University in 1982. The principle and developmental process of thermography and its application to medical research field were theoretically and experimentally explained in this paper. In an environmental control chamber (room temperature: 28°C, and its humidity: 60%), for testing the performance of the thermograph, the experiments on the measurements of sweating skin temperatures were carried out on ten healthy subjects. In order to induce thermal sweating, all subjects naked to the waist were submitted to heat stress for immersing their lower extremities into a hot water bath of its temperature at 43–44°C. Then, “Hemihidrotic phenomenon”, that is the inhibition of thermal sweating in human subject as a consequence of postural changes as well as of pressure stimulus was elicited by mechanical pressure (3kg/20cm²) applied to a portion of the lateral chest skin. The time courses of the changes in sweating skin temperatures during reflex inhibition of thermal sweating were measured with the use of the thermograph. Further, the central mechanisms of skin pressure reflex as well as of habituation of sweating observed in the process of heat adaptation were discussed from a view of current investigations concerned with temperature regulation.

Key Words: thermograph, thermal sweating, hemihidrotic phenomenon, heat adaptation.
Tropical Medicine, 25(1), 37–45, March, 1983

*長崎大学医学部学生

長崎大学熱帯医学研究所業績 第1,361号

Received for publication, February 15, 1983.

〈はじめに〉

当部門では暑熱順化の中樞性・末梢性機序を解明すべく、暑熱・寒冷順化動物（ウサギ・ラット）を用いて体温調節反応の誘発を試み、これらの反応指標を同時記録し、データ処理装置（ATAC 450）にて解析を試み所期の研究目的を達成している。暑熱順化の形成過程における初期の体温調節反応を検索すると、熱産生反応の抑制や熱放散反応の亢進と共に、これら体温調節反応の発現温度閾値の高温側移動が観察される（Brück *et al.*, 1970）。この現象は暑熱ストレスが生体の体表皮膚を介して急性の神経性反応や亜慢性的の内分泌性反応を誘起した結果であると考えられる。暑熱ストレスの長期暴露による暑熱順化に伴って、生体内には代償性の器質変化が出現し、この時期には上述の体温調節反応は次第に減弱し、終局的には Habituation（慣れの現象）が生じると考えられている（小坂ら, 1932）。これら一連の研究を推進するために、昭和57年度の文部省特別設備として新規納入されたサーモグラフィ装置（サーモビューア〈規格, JTG - IBL〉・日本電子株式会社）は物理環境と接する生体の皮膚表面における体熱移動を広範に亘る温度分布像として連続的にカラー表示することが可能である。本論文ではサーモグラフィの原理（Barnes, 1963）やシステムについて概説し、さらに本装置の基礎・臨床医学分野における応用例を紹介しつつ、現在当部門で進行中の温度順化及び体温調節研究の熱放産反応指標として特に重要と考えられるヒトの発汗現象をサーモグラフィ装置を用いて解析した結果を報告する。

〈サーモグラフィ装置の原理〉

物体は固有の放射率と温度に対応した強さの電磁波（赤外線）を放射している。絶対温度 T [K]、放射率 ϵ の黒体から放射している単位波長当りの電磁波のエネルギー量は

$$W\lambda(\lambda T) = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot [\exp(C_2/\lambda T) - 1]^{-1}$$

T: 絶対温度, λ : 波長, C_1 C_2 : 定数
 $C_1 = 3.7402 \times 10^{-12}$ watt \cdot cm²
 $C_2 = 1.43848$ cm \cdot deg

で表わされる。

総エネルギー量は上式を全波長で積分して得ら

れ、Stefan - Boltzmann 法則として、(1) 黒体の 1cm² の表面から 1sec に放射されるエネルギー量として

$$W(T) = \sigma T^4 \dots (1)$$

W: エネルギーの強さ
 σ : Boltzmann 定数
 T: 絶対温度

と表現される。

(2) 被測定物体が黒体でない場合は、測定される電磁波は環境からの電磁波をひろうこととなり、物体の放射率を ϵ とし、反射源となる環境の温度を T_a [K] とすると、

$$W(T, T_a) = \epsilon \sigma T^4 + (1 - \epsilon) \sigma T_a^4 \dots (2)$$

の式で表わされる電磁波のエネルギー量として測定されることになる。

したがって被測定物体の真の温度を得る為には放射率補正及び環境反射補正が必要である。放射率補正は物体が環境に比し高温であったり、放射率の高い物体の時に必要となる。一方、環境反射補正は物体温が環境温より低い場合に必要となる。因みに、上記(1)、(2)式のいずれにも距離を示す項はなく、或る範囲を限れば測定距離に関係なく被測定物体の表面温を表現することとなる（桜井, 1983）。

今回新規納入されたサーモグラフィ装置の本体は放射率補正及び環境反射補正の機構を内蔵しており、高精度に温度解析が可能である。本装置の特徴の一つは、物体から放射される赤外線強度を赤外線検出器で検知し、高速度の多点測定を行って温度分布像を作り、これをカラー表示していることである。Fig. 1. はサーモビューア本体を含むサーモグラフィ・システムのブロック図を示している。図中、Camera, Display, Interface, VTR の4つの機器の組合せは、野外・実地研修にも適用できるポータブル・セットである。

〈サーモグラフィ装置の医学分野への応用〉

サーモグラフィ装置の開発はアメリカ宇宙開発計画の一環であるマーキュリー計画の中で考案され、この装置に関連の技術が医療面に応用されたのは1957年、アメリカの R. B. Barnes が「人体温度測定用サーモグラフィ装置」を作成したのが最初である。ヨーロッパではイギリスの Bofors 社及び

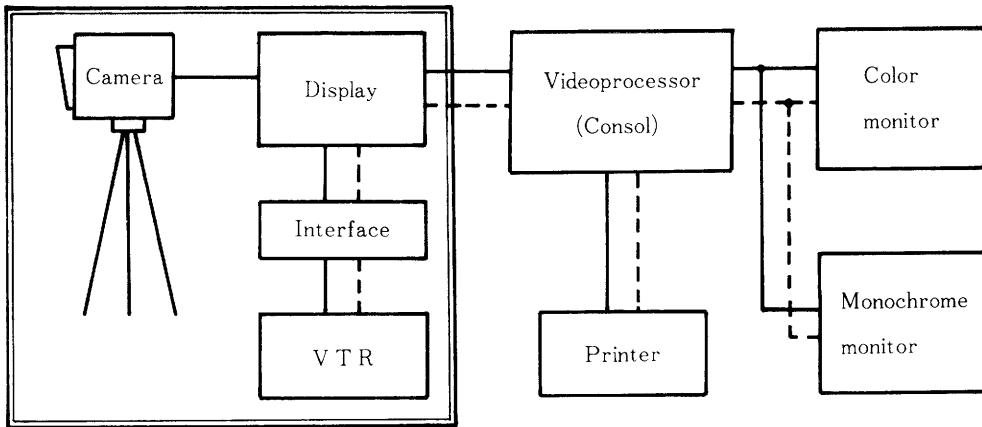


Fig. 1. Block diagram of thermography system

- Portable sets for field work
 — Typical connections of experimental applications
 - - - - Transcription for results

Table 1. Application of thermography to medical research field

サーモグラフィの基礎医学研究への応用*
<ul style="list-style-type: none"> • 体表温の数理モデルの研究 • Heat Flux Transducer の体表温解析への応用 • 皮膚温測定時の室温条件設定 • 血流量に依存する体表温を得るためのサーモグラム撮影条件の検討 • サーモグラフィと深部温の関係 • ウサギ耳介における生体組織の動的放熱特性 • 振動刺激による皮膚温変化に関する研究 • 振動工具使用者の温熱負荷による手背皮膚温変化 • 体位変換による胸腹部サーモグラムの変化 • サーモグラムによる顔面・頸部・手の熱像図 • 局所麻酔及び血管収縮剤の皮膚表面温度に及ぼす影響について • 発汗部皮膚温測定に関する研究**

* 第8～11回日本医用サーモグラフィ研究会資料から抜萃

** 本研究課題

Table 2. Application of thermography to clinical research field

サーモグラフィの臨床医学分野への応用*
<p>①皮膚温度</p> <ul style="list-style-type: none"> • 東洋系物理療法のサーモグラフィによる研究 <ul style="list-style-type: none"> — 鍼灸治療対象患者のサーモグラフィ所見— • 脳卒中後遺症患者の下腿サーモグラム <ul style="list-style-type: none"> — 両下腿温浴後の皮膚温の経時的変動パターン推移— • 陰のう内疾患におけるサーモグラフィの応用 • らいに於けるサーモグラフィの経験 • 上肢の末梢神経損傷におけるサーモグラフィ

②末梢循環

- ・サーモグラフィによる四肢血行障害の診断への応用
- ・サーモグラムによる下腿循環の観察
- ・糖尿病性末梢循環障害におけるサーモグラフィ検査
- ・進行性全身性硬化症における四肢サーモグラムの経時的変動
- ・植移組織（微小血管吻合による）の生着に関するサーモグラフィによる検索

③乳 腺

- ・乳癌のサーモグラフィ診断結果と予後の関係
- ・乳腺疾患補助診断法としてのサーモグラフィ
- ・性周期における乳房温とその血管像に関する検討

④整形外科領域

- ・サーモグラフィによる慢性関節リウマチの関節炎の定量的表現とそれに及ぼす抗リウマチ剤の影響
- ・サーモグラムよりみた膝関節疾患
—変形性膝関節症を中心として—
- ・サーモグラフィによる関節炎の活動性の数値化のこころみ
- ・手指再健術症例におけるサーモグラフィと組織血流量の比較

⑤其の他各疾患例

- ・脊髄小脳変性症におけるサーモグラム所見
- ・口腔外科疾患のサーモグラフィ診断
- ・甲状腺腫瘍によるサーモグラムパターン
- ・眼科サーモグラフィの研究
—正常者・角膜面における温度分析
- ・消化管手術におけるサーモグラフィの応用

*第8～11回日本医用サーモグラフィ研究会資料から抜萃

スウェーデンの AGA 社で製造されているが検出器はサーミスタ・ポロメータを用いており検出時間の長い点が短所である。本邦における医療用サーモグラフィ装置の第1号機は1968年（日本電子株式会社）に完成し、大阪大学に納入され、今日では富士通・ニコン・キャノンなどのメーカーで作られており、光子検出型の検出器を使って検出時間の短縮をはかっている。表1.および表2.には最近におけるサーモグラフィ装置の基礎医学・臨床医学分野への応用例がまとめられている。表1の基礎医学研究例の中でサーモグラフィ装置を用いた発汗部皮膚温測定に関する研究は従来のミノール法や和田-高垣法などの着色法を用いた発汗測定が困難である有色皮膚からの発汗の有無を温度変化から捉えている点に特色があり、熱帯地における発汗測定に有用な装置で、野外実験にも供される。

〈ヒト発汗部皮膚温度に関する研究〉

体温調節の熱放散反応として重要な意義をもつ発汗はヒトにおいて極めて高度な発達をしたものである。高温高湿環境下、特に気温が36°Cを越えると

ヒトが生理的に体温を37°Cに恒温維持するための放熱機構は発汗にたよる以外にはない。この意味において①発汗の開始や汗量が生体のどんな因子によって支配されているのか、②暑熱順化の形成過程において発汗はどの様に変化するのか、といった疑問は環境生理学上の主要な研究課題であり、特に熱帯医学の研究で見逃すことのできない重要問題を含んでいる。

今回の実験は発汗に関する一連の研究課題の中から皮膚圧迫反射 (Takagi and Sakurai, 1950) に関する半側性発汗現象の誘発や、その消長推移を着色法やサーモグラフィ装置によって観察した。

〈方 法〉

- (a)被験者：男子10名、年令25～31才
- (b)環境制御実験室内条件：
 - ①温度25°C、湿度60%（中性温度時）
 - ②温度28°C、湿度60%（発汗誘発時）
- (c)皮膚温度刺激法：上半身裸体の被験者を丸椅子に座らせ、43～44°Cの温湯に両下肢を膝関節の10cm下までつけさせて局所皮膚温度刺激とし、発

汗を誘発する。

(d)皮膚圧迫刺激：発汗開始前より一側の側胸部に約 $3\text{ kg}/20\text{ cm}^2$ の圧迫刺激 (Kosaka, 1969) を持続的に加え、経時的にサーモグラフィ装置にて非発汗部一、発汗部一皮膚温分布を計測。

(e)汗の着色法：和田一高垣法 (Minor 変法)，

①試薬 (A液：ヨード2～3g を無水アルコール100ml に溶かしたヨード・アルコール液，B液：可溶性澱粉50～100g をヒマン油100ml との混合液)

②発汗開始前に上半身皮膚面にA液を塗布し十分乾燥させた後にB液を薄く塗る。発汗開始で汗孔に一致してヨード澱粉反応の結果、ごく微小な濃紫色の着色点が見られる。B液に含まれるヒマン油のために排出汗の蒸発が防げるので着色点は汗量の増加に伴って大きくなる (大原, 1977)

(f)実験過程：

①中性温度条件に set した人工気象室内で、上半身裸体の被験者を椅子に座らせ安静を命ずる。

②上述の(e)汗の着色法②に記載した如く、上半身にA液，B液を塗る。

③人工気象室内温度条件を 28°C ，60% に reset し、両下肢を温湯に浸す。同時に左側胸部の所定の皮膚圧迫を持続的に加える。

④室温上昇，体温上昇に伴って右上半身に発汗が開始し，肉眼的にも濃紫色の着色点として判別できる。

⑤以上の実験過程で着色法によらず，サーモグラフィ装置にて経時的に発汗部皮膚温分布状況を平行的に計測する。

＜結 果＞

後出の Fig. 2. は和田一高垣の着色法を用い，左側胸部皮膚圧迫刺激によって誘発された中等度発汗時にみる半側性発汗現象 (Hemihidrotic phenomenon) の典型的な一例を示す。皮膚圧迫側の左胸部皮膚に着色点は殆んど観察できず発汗抑制の状態を示す。一方，前胸正中部を画して対側の右胸部皮膚は発汗の促進がある。一般にこの発汗現象は胸部のみならず顔面・背部・腕・腰腹部にまで広範囲に及ぶ。皮膚温熱刺激が持続し強度発汗になると皮膚圧迫側にも発汗が現われ，圧迫による発汗抑制効果にも限界のあることが知られている (発汗の普現性)。

以下，Fig. 3.～Fig. 7. は着色法によらず，サーモグラフィ装置による半側性発汗現象の経時的観察記録である。

温度測定に関するサーモグラフィ装置の設定条件は

①Fig. 3.～Fig. 4. における各温度はカラーによる10段階表示である。即ち

31.2°C 以下 (黒) $31.2\sim 31.7^{\circ}\text{C}$ (濃紫)

$31.7\sim 32.2^{\circ}\text{C}$ (紫) $32.2\sim 32.7^{\circ}\text{C}$ (青)

$32.7\sim 33.2^{\circ}\text{C}$ (淡青) $33.2\sim 33.7^{\circ}\text{C}$ (濃緑)

$33.7\sim 34.2^{\circ}\text{C}$ (緑) $34.2\sim 34.7^{\circ}\text{C}$ (黄)

$34.7\sim 35.2^{\circ}\text{C}$ (橙) $35.2\sim 35.7^{\circ}\text{C}$ (赤)

$35.7\sim 36.2^{\circ}\text{C}$ (桃) 36.2°C 以上 (白)

の 0.5°C ステップ (step)，フル・スケール (full scale) 5°C ($31.2\sim 36.2$) の温度を表示している。

放射率1.00，一つの画像を作るのに要するフレーム・タイム (frame time) は2秒。

②Fig. 5.～Fig. 7. では $31.7\sim 36.7^{\circ}\text{C}$ の 5°C を 0.5°C ステップで10段階表示し，フレーム・タイムは2秒であった。各図中の左端のグラフは図の縦軸正中部の温度分布曲線を示し，下端のグラフは胸部圧迫部位近傍の横軸中央線上の温度分布曲線を示す。Fig. 3. は非発汗時かつ，皮膚圧迫刺激前の対照データである。Fig. 4. は発汗開始初期の記録で，左側胸部皮膚圧迫刺激を開始して6分後の結果を示す。Fig. 5. は皮膚圧迫開始27分後で前胸部正中線の左・右で著明なカラー変化が観察され，左胸部皮膚温は汗の蒸発による気化熱の喪失のため左胸部皮膚温に比し 3°C 近く下降している。Fig. 6. は皮膚圧迫刺激終了後6分目，Fig. 7. は同じく21分目の記録を示している。左側胸部皮膚圧迫刺激終了に伴い左側胸部皮膚に発汗の出現，右側胸部皮膚の発汗減少が生じ，次第に左右差が縮まってゆく様子が理解されよう。

＜考 察＞

①サーモグラフィ装置による温度測定熱画像に影響を及ぼす因子には皮膚温度変化の放射率や装置の変化が考えられる。皮膚温を決定する内的因子には局所血流，組織の熱産生と熱伝導があり，外的因子としては皮膚と周囲の温度差に基づく熱伝導，風や気流による対流・蒸散，皮膚に当る熱放射の有無な

どが考えられる (大原, 1975)。

白熱電球, ストープなど放射源は熱画像に著しい影響を与えるが, 蛍光灯がガラスを通過した赤外光は影響がない。体表面に放射率の異なる化学物質, 治療薬の塗布や体表面に風を当てたり, 体温より高温または過度の冷却で, 熱画像は著しく変化する。

腋窩, 耳の内側, 指の間などの様に皮膚と皮膚が対向していて, 一方の皮膚からの放射が他方で吸収される場合には温度が高くなり, これを *skin to skin cross radiation* (Barnes, 1967) と呼んでいる。耳の内側の凹のある部分の実効放射率は皮膚の放射率よりさらに1に近くなるので, この *cross radiation* を最小にすべく配慮すべきである (内田, 尾内, 1983)。

②有色人の皮膚では着色法による発汗測定が困難な場合も有るので, このサーモグラフィ装置の使用は極めて有効である。赤外線は0.72~1,000 μm 波長範囲の電磁波であり, 一般にヒトの皮膚は3~16 μm の波長範囲の赤外線についてはほぼ黒体とみなしてよい。皮膚の放射率は水のそれと近似であり, 3 μm 以下の波長に対する皮膚の放射率はその水分含有量 (通常 \approx 70%) に関係すると考えられている。1 μm 以上の波長の赤外光については, 有色人, 白人の皮膚の色による差は認められず, ヒト発汗の強弱を皮膚温度という反応指標から推察することは体温調節研究上からも意義がある。

③暑熱順化の形成過程にみられる発汗能の変化を究明した報告は多い。暑熱刺激に対する発汗反応で, 皮膚の短期暑熱鍛練では発汗量は増加, 季節的には夏期は冬期に比して汗量の増加及び汗の電解質濃度 (Na^+) の低下と報告 (Ohara, 1972) されている。発汗開始の直腸温度は夏期は冬期に比し低温側に移動 (閾値変化) するとの報告 (丹羽ら, 1981) があり, 一般に暑熱刺激の量 (強度 \times 時間) が小さい場合, 発汗は一過性に促進することを示唆するデータである。しかし, 熱帯地気候条件下で長

期生活しているフィリピン人は日本人に比し, 同じ暑熱刺激に対して発汗量が極めて少量であると報告 (久野, 1975) されており発汗にも *Habituation* の現象が観察されるという (Kuno, 1956)。発汗に関するこの種の一連の研究は従来着色法, 汗滴プリント法, 全身総発汗量測定法 (人体天秤使用), 沪紙法, 乾燥気通気法, 皮膚電気抵抗測定法などによるが, そのいずれもが発汗測定の際, 皮膚に何らかの人為的操作を加えている。本サーモグラフィ装置は発汗部皮膚との接触がなく, この特徴を生かし, 今後の研究推進をはかりたい。

④発汗現象にみる普現性とは, 発汗は一旦, 全身に及ぶとその後の発汗量の増減の様相は全身的に同期し, もし体の一部に加温・冷却の温度刺激を加えても発汗の増減は全身的に一樣となる (Kuno, 1956; 久野, 1975; 小坂, 1978)。これは温熱性発汗中枢が通常, 全身に一樣の統制を行うことを示唆したものである。本実験で誘発した局所性発汗促進・抑制現象に関しては臨床的には古くから多数の症例が観察されていたが, その誘発法については長い間, 不明であった。側臥位では身体の正中線の上部半側の発汗量は下部半側に比し多くなることは体位変換による局所性発汗の研究 (Kuno, 1956; Ogata and Ichihashi, 1935) として有名だが, この半側性発汗現象 (*Hemihidrotic phenomenon*) は側胸部を側臀部の皮膚圧迫刺激によっても再現されることから皮膚圧一発汗反射と名づけられている (Takagi and Sakurai, 1950)。この反射の神経経路は今日尚, 不明としかいえないが, 皮膚圧迫効果が発汗を含む自律神経機能のみならず, 錐体外路運動系にまで影響を及ぼしていることから, この反射の求心路・遠心路は現代の中国における針麻酔の原理とも相当複雑に絡みあっていると考えられている (Kosaka *et al.*, 1967; Kosaka, 1969; 高木, 1972; Chang, 1973; 小坂, 1975)。

謝 辞

本サーモグラフィ装置の交付・納入までの過程において多大なる御尽力を頂いた長崎大学熱帯医学研究所長の松本慶蔵教授および前所長の片峰大助名誉教授に衷心より謝意を表わすると共に, 本装置の構成・設置に際し, 御協力を頂いた日本電子株式会社および日本光電九州株式会社の長崎出張所の諸氏に深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) Barnes, R. B. (1963): Thermography of the human body. *Science*, 140, 870-877.
- 2) Barnes, R. B. (1967): Determination of body temperature by infrared emission. *J. Appl. Physiol.*, 22, 1143-1146.
- 3) Brück, K., Wünnenberg, W., Gallmeier, H. & Ziehm, B. (1970): Shift of threshold temperature for shivering and heat polypnea as a mode of thermal adaptation. *Pflügers Arch.*, 321, 159-172.
- 4) Chang, H. T. (1973): Integrative action of thalamus in the process of acupuncture for analgesia. *Scientia Sinica*, 16, 25.
- 5) Kosaka, M. (1969): Reflex inhibition of cold shivering by pressure on the eyeball and the ear-root of the rabbit, and its afferent pathway. *Jap. J. Physiol.*, 19, 149.
- 6) 小坂光男 (1975): 痛覚の抑制に関する神経生理学的考察. *現代医学*, 23(2), 199-203.
- 7) 小坂光男 (1978): 発汗異常, 盗汗. *臨床と研究*, 55(6), 1730.
- 8) Kosaka, M., Takagi, K. & Koyama, Y. (1967): Reflex inhibition of shivering by pressure to the skin and the histological investigation of its afferent spinal pathway. *Experientia*, 23, 458.
- 9) 小坂光男, 大渡 伸, 土屋勝彦, 井元孝章 (1982): 温度適応に関する研究. 第3回健康科学研究集会, 「研究会」九州大学健康科学センター編, 22-24.
- 10) Kuno, Y. (1956): *Human perspiration*. Thomas Springfield, London.
- 11) 久野 寧 (1975): 発汗器官の鍛練と風土馴化. 汗の話. 142-151, 光生館, 東京.
- 12) 丹羽健市, 中山昭雄, 緑川知子 (1981): 女子における生温調節反応の日周変動. *日生氣誌*, 18(3), 13.
- 13) Ogata, K. & Ichihashi, T. (1935): *J. Orient. Med (in Japanese)*, 23, 1127.
- 14) Ohara, K. (1972): Salt concentration in sweat and heat adaptability. (In, *Advances in Climatic Physiology*, ed. by Itoh, Ogata, and Yoshimura), 122-133, Igaku shoin, Tokyo.
- 15) 大原孝吉 (1975): 体温調節・発汗. *生理学Ⅱ*. 竹中, 大原著, 現代医学業書, 149-175.
- 16) 大原孝吉 (1977): -発汗の観察の測定法-V. 体温・代謝・発汗生理に関する実験. *生理学実習書*. 日本生理学会編, 130, 南江堂.
- 17) 桜井靖久 (1983): 医用サーモグラフィの原理. *日本医学生物学サーモグラフィ研究会誌特集号*, サーマグラフィの臨床使用と診断法, 6-10.
- 18) 高木健太郎 (1972): 生体の調節機能. 中公新書, 300, 中央公論社.
- 19) Takagi, K. & Sakurai, T. (1950): A sweat reflex due to pressure on the body surface. *Jap. J. Physiol.*, 1, 22.
- 20) 内田 勲, 尾内能夫 (1983): サーマグラフィ法の物理的側面. *日本医学生物学サーモグラフィ研究会誌特集号*, サーマグラフィの臨床使用と診断法, 11-17.

Fig. 2. Hemihidrotic phenomenon induced by mechanical pressure on the (left side) lateral chest skin (sweat staining by Wada-Takagaki method)



Fig. 3. Thermogram of human body before skin pressure (control)



Fig. 4. Thermogram of hemihidrotic phenomenon (during skin pressure, 6 min)



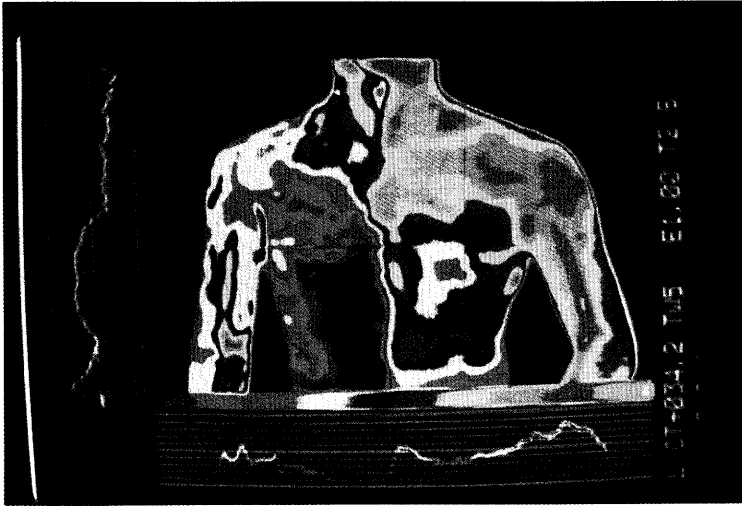


Fig. 5. Thermogram of hemihidrotic phenomenon (during skin pressure, 27 min)

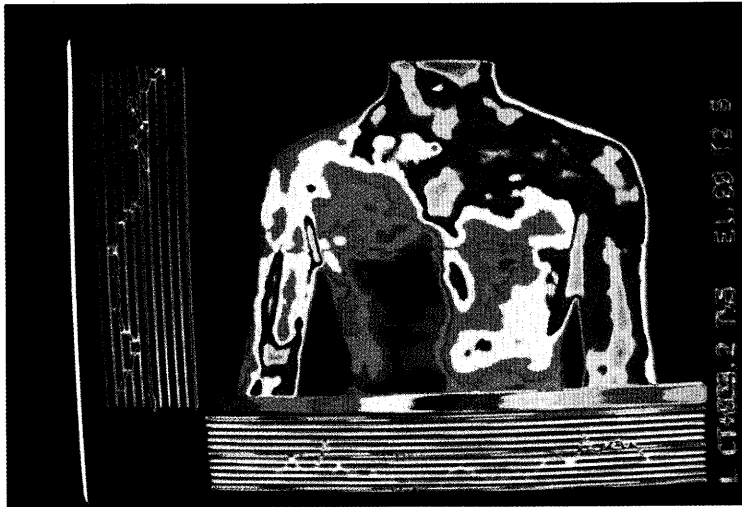


Fig. 6. Thermogram of hemihidrotic phenomenon (after skin pressure, 6 min)

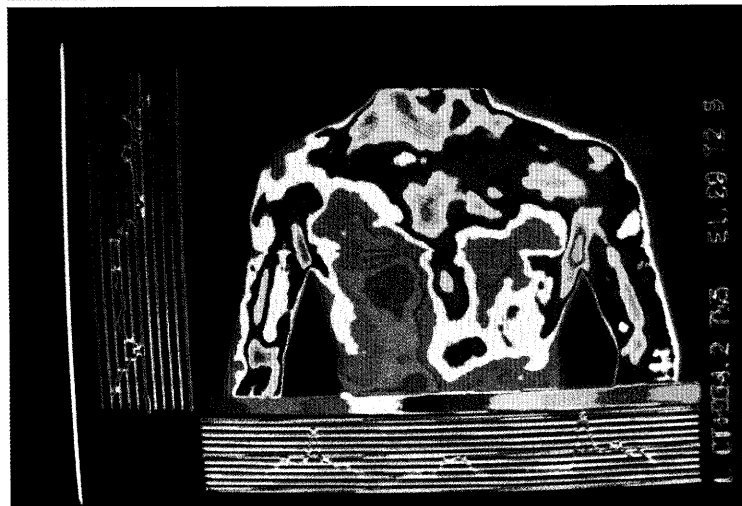


Fig. 7. Thermogram of hemihidrotic phenomenon (after skin pressure, 21 min)