寒冷曝露時及び回復時の心拍数,

体温変動の特徴

栃原 裕・大中忠勝・山崎信也・田中正敏・

吉田敬一

昭和大学医学部衛生学教室

要約 15名の成人男子被検者を、90分間 15°C の寒冷下に曝露し、その後60分間毛布で保温して回復を観察した。実験期間中、心拍数、血圧、産熱量、直腸温、9部位の皮膚温を連続測定した。寒冷曝露により減少した心拍数は、回復期にさらに減少した。回復期の心拍数の減少は、回復期の平均皮膚温、体幹部皮膚温がなお低い水準にある者ほど著しい。寒冷曝露時に示された、上肢と下肢の末梢部皮膚温の差異は、回復期にさらに広がり、指先は趾先にくらべ高い皮膚温を保った。寒冷曝露により低下が認められた直腸温は、回復期にさらに大きな低下を続け、回復60分間では上昇に転じる例はなかった。回復期の直腸温低下度と皮膚温変化度との間には、前額部をのぞいて有意相関は認められなかった。

緒 言

急性寒冷曝露の人体生理反応への影響を論じた研究は数多く報告されており、人類学領域においても最近対寒反応の個人差をめぐっていくつかの研究報告が見受けられる(石井, 1976; 石井, 1977; 横山, 1978)。しかしながら寒冷曝露後回復期の生理反応を含めて論じた研究は少ない。特に心拍数の変動については、寒冷曝露により減少した心拍数が、寒冷曝露後さらに一時的に減少するとしたもの(相浦, 1967; 栃原, 1979)、逆に増加するとしたもの(阿部, 1959; 大森ら, 1966)の報告とがあり、見解が定まっていない。さらにこれらの報告は、寒冷室から回復室への移動がいずれも歩行等の体動を伴う方法で行なわれており、心拍数変化が温熱的变化だけで生じたかどうか明らかでなかった。また直腸温の場合では、回復期の直腸温低下は、“after-drop”現象として知られている(BUDD & WARHAFT, 1966; 緒方, 1973; GOLDEN & HERVEY, 1977; MACLEAN & EMSLIE-SMITH, 1977; HARNETT *et al.*, 1980)ものの、

論文番号 8152

この直腸温低下が他の生理反応との関係で論じられたことはまれであった。本研究では、被検者は寒冷曝露時、回復期とも安静を保ち、回復期も同一姿勢を続け、寒冷曝露後の温熱条件の変化が、心拍数、直腸温を含めた体温の変動に及ぼす影響をより正確に把握しようと試みた。

本研究の目的は、青年男子を対象として、急性寒冷曝露時及び回復時の心拍数、体温変動の特徴を明らかにし、かつこれらの変動に影響を与えた種々の生理反応の影響度が経時的にどう変わるかを、寒冷曝露後の回復期をも含めて検討することである。

実験方法

実験は7, 8月に健康な男子大学生15名を被検者として行なった。被検者は、すべて特別な身体トレーニングを行なっておらず、東京に4年間以上居住している。被検者の年齢と身体的特徴を表-1に示す。被検者の寒冷曝露は、気温 15°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$), 相対湿度 60% ($\pm 5\%$), 気流 20 cm/s 以下に設定した人工気候室において行なった。気候室内で、被検者の頭顔面部をのぞく他の身体部位を毛布で充分に保温して、

Table 1. Physical characteristics of subjects

(N=15).

	Age (year)	Ht (cm)	Wt (kg)	BSA* (m ²)
Mean	24.1	171.1	66.6	1.73
SE	0.5	1.4	3.6	0.04

* Body surface area estimated from FUJII
MOTO's equation (1968).

30分間以上の安静を取らせ前値を測定した。次に毛布を取りさり短パンのみの裸体で90分間寒冷に曝露し、後再び毛布で保温して60分間の回復期を観察した。合計3時間の実験中被検者は網状ベッドで仰臥位の安静を保ち、体幹と四肢とが重ならない様に留意した。食事による産熱量の影響をさける為に、実験は食後少なくとも3時間以後に開始した。

血圧は、Riva-Rocci 型血圧計により、15分毎に上腕部において測定した。平均血圧(MBP)は次式により求めた。

$$MBP = (SBP + 2DBP) / 2$$

ただし、SBP は収縮期血圧、DBP は拡張期血圧である。呼吸量は連続呼気流量計(フクダ産業 CR-20)により、呼気中の O₂, CO₂ 濃度は呼気自動分析計(フクダ医理化)により15分毎に、3分間にわたり測定した。心拍数は呼気採集時における胸部誘導心電図により測定した。肛門内 10 cm の直腸温(TR)と身体9部位の皮膚温、すなわち前額(Thead)、腹(Tabdomen)、前腕(Tarm)、手背(Thand)、大腿(Tthigh)、下腿(Tleg)、足背(Tfoot)、第2指先(Tfinger)、第2趾先(Ttoe)は、サーミスタ温度計により5分毎に測定した。平均皮膚温(MST)は、以下の HARDY-DuBois の式(TEICHNER, 1958)により算出した。

$$MST = 0.07 \text{Thead} + 0.35 \text{Tabdomen} + 0.14 \text{Tarm} + 0.05 \text{Thand} + 0.19 \text{Tthigh} + 0.13 \text{Tleg} + 0.07 \text{Tfoot}$$

実験結果

図-1に心拍数と平均血圧を平均値と標準誤差で経時的に示した。寒冷曝露前(以後前値とする)に65.8±2.0 拍/分であった心拍数は、寒冷15分には前値より有意(P<0.001)に低値を示し、以後寒冷45分まで減少を続けた。寒冷60分以後には、寒冷45分値より増加するか一定を保ち、結局寒冷90分には前値より11%減である58拍/分の水準まで減少した。寒冷曝露後の回復期15分には、心拍数は寒冷90分値よりも平均値でさらに4拍/分の有意(P<0.01)な減少を生じ、30拍/分台の心拍数を示す例も認められた。回復期45分以後の心拍数は、その後やや増加するものの、回復期60分においてもなお寒冷終期にくらべ有意(P<0.05)に低値を示した。血圧は、寒冷曝露とともに収縮期、拡張期血圧とも前値にくらべ有意(P<0.01)な上昇を続け、寒冷90分には、平均値で収縮期圧が36 mmHg、拡張期が28 mmHg、平均血圧が13 mmHg の上昇を示した。回復期の血圧は5分目に急速に低下するものの、以後の回復期55分間の変動は小さく、回復期60分値はなお前値より有意(P<0.05)に高値を示した。回復期の平均血圧は、ほぼ寒冷15~30分値に相当した。

図-2に直腸温と平均皮膚温の変動を示した。直腸温は寒冷曝露により、当初一定を保つかわずかに上昇した後、寒冷45分に初めて前値より有意(P<0.05)な低下を示した。以後漸減し寒冷90分には、前値より平均値で0.38°C の低下を生じた。回復期10分には、寒冷90分値よりもさらに有意(P<0.01)な低下を生じ、回復期60分まで全例とも上昇に転じることなく、寒冷終期よりもさらに平均値で0.34°C の低下が生じた。寒冷曝露の最後30分間の直腸温低下度は0.18°C に対し、回復期当初30分間の直腸温低下度は0.24°C で、有意(P<0.05)に直腸温低下度は回復期が大であった。前値の平均値が35.0°C であった平均皮膚温は寒冷曝露により急速に低下し、寒冷90分には平均値で27.9°C

Fig.1. Time response curves of heart rate and mean blood pressure before, during and after exposure to cold.

に達した。回復期には上昇を示すものの、回復期30分以後には回復程度がゆるやかになり、回復期60分値は、ほぼ寒冷10～15分値の水準であった。

前額部、指先部、趾先部皮膚温の変動を図-3に示した。前額部皮膚温は他部位皮膚温にくらべ寒冷による変化は小さい。寒冷曝露35分以後に前値に対し有意 ($P < 0.01$) な低下を示し、寒冷90分間の皮膚温低下は平均値で 0.9°C であった。回復期の前額部皮膚温は、5分目に寒冷90分値よりも平均値で 0.4°C の有意 ($P < 0.01$)

Fig.2. Time response curves of rectal temperature and mean skin temperature before, during and after exposure to cold.

な低下を生じた。寒冷曝露終期25分間の皮膚温低下度 0.16°C に対し、回復期当初25分間の低下度は 0.59°C で有意 ($P < 0.05$) に大きい。末梢部の指先と趾先皮膚温は寒冷曝露により急速な低下を示す。寒冷曝露当初には指先皮膚温低下度の方が趾先よりも大きいものの、以後指先皮膚温は趾先皮膚温にくらべ有意 ($P < 0.001$) に高値において安定することが示された。また寒冷90分の指先皮膚温の変動係数 0.10 に対し、趾先皮膚温のそれは 0.05 で個人間のバラツキも指先の方が大きい。回復期には、指先皮膚温は急速な上昇を示すが (7.9°C/hr)、趾先皮膚温は回復程度が遅く (1.6°C/hr)、両部位皮膚温の平均値の差異が寒冷90分で 2.2°C であったも

Fig.3. Time response curves of forehead, finger and toe skin temperatures before, during and after exposure to cold.

のが、回復60分には 8.5°C に広がった。

酸素摂取量を呼吸商で補正して体表面積当たりで求めた産熱量の変動を図-4に示した。産熱量は前値の $41.6 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$ から寒冷90分の $55.4 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$ まで漸増し ($P<0.01$) 前値の33%増加が示された。回復期には、すぐに前値水準まで戻り、回復期15分値と前値の産熱量との間には有意差はない。なお、被検者の自覚した「ふるえ」の訴えによれば、寒冷60分に全員が「ふるえ」を自覚し、回復期に「ふるえ」をいくぶんかでも感じたのは、回復15分時に15人中

Fig.4. Time response curve of heat production before, during and after exposure to cold.

3人、30分時に2人、45分以後は1人であった。

寒冷曝露及び回復期の生理反応の変動を明確にする為に、前値を基準として次の様に諸生理反応の変動を求めた。前値に対する寒冷曝露時及び回復期の各測定時の心拍数、平均血圧の百分比をそれぞれ $\text{HR}(\%)$ 、 $\text{MBP}(\%)$ とした(石井, 1977; 横山, 1978)。また、寒冷曝露前産熱量に対する各測定時産熱量の変化量を ΔM 、寒冷曝露前前値に対する各測定時体温の下降量を各々、 ΔT_R 、 ΔM_{ST} 、 ΔT_{thead} 、 $\Delta T_{\text{abdomen}}$ 、 ΔT_{arm} 、 ΔT_{hand} 、 ΔT_{thigh} 、 ΔT_{leg} 、 ΔT_{foot} 、 ΔT_{finger} 、 ΔT_{toe} とした。

心拍数変化と産熱量、血圧、体温変化との関係が寒冷曝露時及び回復時にどう変化するかを調べる為に、 $\text{HR}(\%)$ と各パラメータとの相関係数を経時的に求め、有意相関 ($P<0.05$) が得られた代表的パラメータについて係数の変動を図-5に示した。相関係数 (r) は、 $|r|>0.49$

Fig.5. Dynamics of the correlation coefficient of ΔM , ΔTR , ΔMST and $\Delta Thand$ with $HR(\%)$.

で5%水準で有意、 $|r| > 0.62$ で1%水準で有意である。 $HR(\%)$ と ΔM との間には寒冷45分以後、有意 ($P < 0.05$) な正相関が認められ、特に寒冷75分、90分には相関係数は、ほぼ0.9に達し、産熱量の増大が大きい者ほど、心拍数の減少は小さいという結果が得られた。この関係は回復期15分までは存続したものの、以後は有意関係は見い出せなかった。 $HR(\%)$ と

ΔTR との間には、寒冷30分のみに有意 ($P < 0.05$) な正相関が認められ、直腸温の初期上昇が大きい者ほど、心拍数の減少が大きいことが示された。 $HR(\%)$ と ΔMST との間には、寒冷曝露時には有意相関は認められず、回復期に有意 ($P < 0.05$) な負相関が得られた。この相関係数の変動傾向は、 $HR(\%)$ と ΔT_{thigh} , $HR(\%)$ と $\Delta T_{abdomen}$ にも認められ、回復期の

Fig. 6. Dynamics of the correlation coefficient of ΔT_{head} and HR(%) with ΔTR .

平均皮膚温, 大腿部皮膚温, 腹部皮膚温の上昇が小さい者ほど, 心拍数減少が著しいという結果が得られた。一方, HR(%)と ΔT_{hand} との間には, 寒冷15分のみにおいて有意($P < 0.01$)な正相関が認められ, 寒冷による手背部皮膚温低下が大きい者ほど, 心拍数減少が小さいことが示された。なおこの傾向は, HR(%)と ΔT_{arm} の間にも見られた。HR(%)とMBP(%), ΔT_{finger} , ΔT_{leg} , ΔT_{foot} , ΔT_{toe} の間には, 寒冷曝露時, 回復期ともに有意な関係は見い出されなかった。

ΔTR と有意相関($P < 0.05$)が得られた ΔT_{head} , HR(%)との相関係数の経時的変動を図-6に示した。 ΔTR と他パラメータとの間に

は実験期間中有意な関係は見い出せなかった。寒冷75分以後には ΔTR と ΔT_{head} の間には有意($P < 0.05$)な正相関が得られ, 直腸温低下が著しい者ほど前額部皮膚温低下が大きく, 回復期にはこの傾向がさらに続いた。また前述した様に ΔTR とHR(%)の間には, 寒冷30分時のみ有意正相関が認められた。

考 察

寒冷ストレスに対する心臓血管系の反応, 特に心拍数については, 諸家により研究されているものの, 統一的な見解は得られていない(石井, 1977; RAVEN *et al.*, 1970; 横山, 1978)。本実験では, 寒冷曝露時の心拍数は, 全期間にわたり前値にくらべ有意に低値を示し

た(図-1)。しかしながら、寒冷45分以後には、減少からやや増加傾向が認められ、これは被検者全員が「ふるえ」を自覚した時点でもあった。また寒冷45分以後にはHR(%)と ΔM の間には有意な正相関が認められた(図-5)。寒冷曝露の前半は、冷刺激による副交感神経性の抑制により心拍数の減少を生じ、以後は「ふるえ」による筋の酸素摂取量増大に伴った交感神経性の促進を生じ、両者の拮抗作用により心拍数は一定もしくは増加傾向が得られたものと考えられる(横山, 1978)。

寒冷曝露後の心拍数変動を論じた報告は少数で(阿部, 1959; 相浦, 1967; 大森ら, 1966; 栃原, 1979), しかもこれらの報告は、寒冷室からの出室が歩行等により行なわれており、心拍数の変動が温熱条件の変化のみによる影響であるかは明らかでなかった。本実験では、温熱条件の変化は体動なしで得られており、寒冷曝露により減少した心拍数のさらに有意な減少は興味深い。回復期の心拍数変化(HR(%))と有意な相関を示したのは、 ΔMST , ΔT_{thigh} , $\Delta T_{abdomen}$ で、回復期に全身的な温熱状態を示すとされている平均皮膚温やそれに近似した反応を示す部位(O'HANLON & HORVATH, 1970)の皮膚温が低い水準にある者ほど心拍数の減少は大きい。本実験で認められた、回復期の心拍数再減少は、寒冷曝露による全身の冷えの程度が大きく、回復期も直腸温や体幹部皮膚温が容易に前値に戻らない場合に生じる様である。事実、寒冷曝露後に心拍数の減少を示さなかった阿部(1959)の報告では、寒冷曝露後の直腸温の再低下は生ぜず、体幹部皮膚温はほぼ前値水準まで戻っており、また顔面の冷風刺激により徐脈を生じさせたLEBLANC *et al.* (1976)の報告では、冷風を止めると心拍数はすみやかに元的水準に戻っている。

RAVEN *et al.* (1970) は、裸体で5°Cの寒冷に2時間曝らす実験を行い、寒冷曝露時にも酸素摂取量と心拍出量との間には高い正相関が

あり、酸素摂取量の寒冷時増大は、寒冷曝露中の心拍数や動静脈酸素較差に変動が少ない為、主として一回拍出量の増大によりもたらされることを示した。寒冷の程度に差はあるものの、この報告により、本実験での寒冷曝露中の産熱量の増大は、心拍数の減少にもかかわらず、一回拍出量の増大により補なわれたであろうことが示唆される。また、本実験では60分間の回復期時間内では、平均皮膚温、平均血圧は前値水準まで戻っておらず(図-1, 図-2)、皮膚血管の収縮が引き続いて生じており、central circulationへの末梢血管からの血液の送りが多く(RAVEN *et al.*, 1970)、一回拍出量は依然として前値にくらべ高い水準にあると推測される。回復期の心拍数のさらに大きな減少は、この高水準にあると推測される一回拍出量によって補われたものと思われる。

寒冷曝露当初をのぞけば、指先皮膚温は趾先皮膚温にくらべ、有意に高い皮膚温を保ち、かつ個人間変動が大きいことが示された。このことは、O'HANLON & HORVATH (1970)も指摘した所であるが、本実験では寒冷時のみならず回復期に両末梢部皮膚温の差異が特に認められた(図-3)。この上・下肢末梢部皮膚温の変動の差異は、上肢長と下肢長の解剖学的な短長の差に加え、末梢血管収縮神経の緊張度が、両部位では異なることを示すものとも思われる。

急に寒冷に曝されると、直腸温が一時的に上昇することが知られており、これは末梢血管収縮に伴う、内臓器官の代償的血管拡張によるものとされている(BUDD & WARHAFT, 1966; 緒方, 1973)。 ΔTR とHR(%)との間に有意な相関が認められたのは、寒冷30分のみであった。この関係は石井(1977)によっても報告されており、直腸温の初期上昇と心拍数変化率との間に比較的高い相関を示し、直腸温の初期上昇が大きい者ほど、心拍数の減少が大きいとされた。この現象を明確に説明することは難かしいが、O'HANLON & HORVATH (1970)は、

寒冷曝露時に平均皮膚温や大腿部皮膚温の低下が大きい者ほど直腸温初期上昇が大きいことを示し、また RAVEN *et al.* (1970) は皮膚温低下（皮膚血管収縮）に伴う血圧の上昇は、心拍数の抑制をもたらすとした。末梢血管のより強い収縮がより大きな直腸温初期上昇と、心拍数のより大きな減少をもたらしたと推測される。

寒冷曝露終期の直腸温低下度に対し、回復期当初の直腸温低下度は有意に大であった。この様な寒冷曝露後回復期のより大きな直腸温の再低下 (after-drop) の事実は、いくつか報告されており、GOLDEN & HERVEY (1977) はブタを使って after-drop について実験を行い、回復期に直腸温には大きな after-drop が生じるものの、大静脈血液温度には低下は生じなかった事などから、直腸温の after-drop は伝導による熱の移動が主因であると唱えた。一方、after-drop の原因は、血管収縮解除によって、血液が冷たい末梢組織を通して深部へ流れ込むという説がある (BUDD & WARHAFT, 1966; 緒方, 1973; HARNETT *et al.*, 1980)。HARNETT *et al.* (1980) は、低体温からの初期治療法を種々試み、直腸温の after-drop を出来るだけ小さくしようとした。その中で、全身加温よりも、四肢をのぞく体幹のみを温水浴させる方法で after-drop を最小に出来ることを示し、after-drop が冷却された末梢部を通して戻る血液循環の結果生じることを強調した。本実験では、寒冷曝露によりあまり影響を受けないとされる前額部皮膚温 (BUDD & WARHAFT, 1966) が、寒冷曝露後の頭部をのぞく全身の再暖化により、顕著に低下した。この前額部皮膚温変動と直腸温低下との相関は高く、前額部皮膚温低下が大きい者ほど直腸温低下も著しい。回復期の前額部皮膚温の急な低下は、伝導による熱移動の為とは考え難く、これらの結果は直腸温の after-drop を論じる上で興味深い。

BUDD & WARHAFT (1966) は、より大きな直腸温の after-drop は、寒冷時のより大きな皮膚血管収縮の結果生じると考えたが、皮膚温との関係ではこの考えを確証するまでには至らなかった。本実験においても、直腸温の after-drop の大小を決定する因子として、寒冷時の平均皮膚温、末梢部皮膚温、回復期の平均皮膚温上昇度、末梢部皮膚温上昇度等を考え、それらとの関係を調べたが、いずれも有意な相関は見い出せなかった。直腸温の after-drop に関するより詳細な生理学的研究が今後望まれる。

本研究の一部は文部省科学研究補助費によってなされたものである

文 献

- 阿部捨次郎, 1959: 寒冷作業に関する労働衛生学的研究 第1編耐寒性の実験的研究, 北方産業衛生, 23: 1-20.
- 相浦辰猪, 1967: 低温下労働に関する実験的研究, 北海道医学雑誌, 42: 65-74.
- BUDD, G. M. and N. WARHAFT, 1966: Body temperature, shivering, blood pressure and heart rate during a standard cold stress in Australia and Antarctica. *J. Physiol.*, 188: 216-232.
- 藤本薫喜, 渡辺孟, 坂本淳, 湯川幸一, 森本和枝, 1968: 日本人の体表面積に関する研究 第18篇三期にまとめた算出式, 日衛誌, 23(5): 7-14.
- GOLDEN, F. St. C. and G. R. HERVEY, 1977: The mechanism of the after-drop following immersion hypothermia in pigs. *J. Physiol.*, 272: 26-27.
- HARNETT, R. M., E. M. O'BRIEN, F. R. SIAS and J. R. PRUITT, 1980: Initial treatment of profound accidental hypothermia. *Aviat. Space Environ. Med.*, 51(7): 680-687.
- 石井勝, 1976: Lower critical temperature 等を指標とした日本人被検者の耐寒性の評価, 人類誌, 84(2): 93-104.
- 石井勝, 1977: 対寒反応の個人差に関する研究, 人類誌, 85(2): 123-130.
- LEBLANC, J., B. BLAIS, B. BARABE and J. COTE,

- 1976: Effects of temperature and wind on facial temperature, heart rate, and sensation. *J. Appl. Physiol.*, 40(2): 127-131.
- MACLEAN, D. and D. EMSLIE-SMITH, 1977: Accidental hypothermia, Blackwell Scientific Publications, Oxford: 193-196.
- 緒方維弘, 1973: 適応—気候風土に対する適応—, 医歯薬出版, 東京, 48-51.
- O'HANLON, J. F., Jr. and S. M. HORVATH, 1970: Changing physiological relationships in men under acute cold stress. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 48: 1-10.
- 大森薫, 伴武人, 桜間悟一, 塩原康司, 小林剛, 山口隆之助, 上野豊, 1966: 低温作業の労働衛生学的研究—皮膚温との関連よりみた労働基準の一考察—, *横浜医学*, 17(3,4): 246-250.
- RAVEN, P. B., I. NIKI, T. E. DAHMS and S. M. HORVATH, 1970: Compensatory cardiovascular responses during an environmental cold stress, 5°C. *J. Appl. Physiol.*, 29(4): 417-421.
- TEICHNER, W. H., 1958: Assessment of mean body surface temperature. *J. Appl. Physiol.*, 12: 169-176.
- 柄原裕, 1979: 局所加温時の体感温度, 文部省科学研究費総合研究報告書「日本人の温熱環境への適応能に関する総合的研究」: 67-71.
- 横山真太郎, 1978: 寒冷適応に関する研究(I) 心拍数変化および局所筋産熱の観点から, *人類誌*, 86(4): 347-355.

(1981年 9月16日受付)

Heart Rate and Body Temperature Responses during and after Exposure to Cold

Yutaka TOCHIHARA, Tadakatsu OHNAKA, Shinya YAMAZAKI,
Masatoshi TANAKA and Keiichi YOSHIDA
Department of Hygiene, School of Medicine, Showa University

In summer, 15 male students wearing only shorts were exposed to 15°C for 90 minutes in supine posture (exposure period), and then they were covered with blankets for 60 minutes (recovery period). Heart rate, blood pressure, heat production, rectal temperature and skin temperatures at 9 sites were recorded on subjects before, during and after exposure to a cold environment.

Heart rate decreased significantly under the cold exposure, and in the recovery period, it decreased further significantly. In the recovery period, subjects with the lowest mean skin temperature tended to decrease their heart rate most. Skin temperature at finger was maintained at a higher level due to active vasomotor tone than that at toe during cold exposure, and increase rate of temperature at finger (7.9°C/hr) was larger than that at toe (1.6°C/hr) in the recovery period. Rectal temperature fell by 0.38°C by the end of the exposure. For 60 minutes in the recovery period, while the skin temperatures rose quickly, rectal temperature fell steeply to 0.34°C below the end of exposure value. In the recovery period, subjects with the lowest forehead skin temperature tended to fall their rectal temperature most, there was no significant relationships between fall in rectal temperature and change in skin temperatures of other sites.