

体温とその測定

Body Temperature and its Measurement

山田絵美, 會川義寛

Emi YAMADA, Yoshihiro AIKAWA

(お茶の水女子大学)

1. はじめに

人体の温度は均一ではなく、場所や時間によつて異なる。しかしながら体腔の温度は、環境の変化に拘らずほぼ一定に保たれてをり、これを核芯温 core temperature といふ。またこの温度一定の部位を核芯部といふ。

核芯温を一定に保つてゐるのは人体の温度制御機構であり、核芯温の変化は人体生理状態の変化を反映する。従つて核芯温は重要なバイタルサインとなつてゐる。

核芯温の測定には、直腸温 rectal temperature や食道温 esophageal temperature, 鼓膜温 tympanic temperature を用ゐるが、これらの測定は面倒なので、臨床では常用しない。替りに、腋窩温 axillary temperature や口腔温 oral temperature, 耳温 auricular temperature などを常用する。しかし腋窩や口腔、耳道は核芯部ではないので、これらの温度は単に核芯温の指標に過ぎない。しかもこれらを指標として役に立たせるには、① 温度計感温部を腔内の正しい位置に挿入する、② 腔を密閉する、③ 密閉腔温度が変化しなくなつたときを測定温度とする、の3つの条件を守らなくてはならない。本稿ではこれらの体温の概念について解説する。

2. 体表温度と体腔温度

(1) 体表温度 (平均皮膚温)

体表温度は各体表部位によつて異なる。従つて各部位の皮膚温を測定して、その重み付き平均値を以て平均皮膚温を定義する。平均皮膚温にはいくつかの定義が提案されてゐるが、8点法と4点法とが常用される。これに用ゐる各体表部位の重み係数を Table 1 に示す。

Tablr 1 Weighting coefficient for mean skin temperature

部位	8点法	4点法
顔面	0.20	
胸	0.09	0.3
背	0.10	
腹	0.15	
上腕	0.12	0.3
前腕	0.08	
大腿	0.14	0.2
下腿	0.12	0.2

(2) 体腔温度 (核芯温度)

① 直腸温 rectal temperature

直腸温は肛門より6 cm 以上深い所で測定する。最も簡便な核芯温の測定法である。それより浅い部位の温度は環境や循環条件に左右されて、核芯温度にはならない。

② 食道温 esophageal temperature

食道温は体温計感温部を心臓の高さに置き測定する。何 cm 位飲み込むとその位置に達するかを推定して、飲み込むカテーテルの長さを調節する。

③ 鼓膜音 tympanic temperature

鼓膜温は感温部を鼓膜に接触させて測定しなければならない。従つて鼓膜を損傷する可能性があり、法的には医師しか測定してはならない。

そこで、鼓膜と接触せずに、鼓膜から輻射される赤外線を利用して鼓膜温を求める赤外線耳温計 infrared auricular thermometer が工夫された。しかしこの赤外線が鼓膜からの輻射であるという保証は必ずしもないので、これによる測定は、鼓膜温ではなく、耳温 auricular temperature として区別し、核芯温としては扱はない。

(3) 体温の指標温度

① 腋窩温 axillary temperature

腋窩温測定は臨床で常用される。体温計感温部を腋窩中央において腋窩を閉鎖し、最短でも5分、普通は10分、正確には(0.1°Cの精度)30分待つてから測定しなければならない。

核芯部 T_c から閉鎖腋窩 T への熱傳達係数を k_b 、閉鎖腋窩 T から外界 T_0 への熱傳達係数を k_0 とし、閉鎖腋窩の熱容量 C とすると、

$$C \frac{dT}{dt} = k_b(T_c - T) - k_0(T - T_0)$$

が成り立つ。ここで、 $k = k_b + k_0$ とし、さらに

$$x_c = k_b/k, \quad x_0 = k_0/k$$

として、平衡温度 T_e と緩和時間 τ をそれぞれ

$$T_e = x_c T_c + x_0 T_0 \quad (1)$$

$$\tau = C/k \quad (2)$$

と定義すれば、腋窩温度 T は

$$T = T_e + (T_0 - T_e) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

の様に約 τ の時間で T_0 に近づく。Fig. 1 に腋窩温度計測定温度の時間変化を示したが、ここでの平衡温度 T_e は $T_e = 36.8^\circ\text{C}$ 、緩和時間 τ は $\tau =$ 約3.3分である。

② 口腔温 oral temperature

口腔を閉じて鼻で静かに呼吸すると、口腔内温度自体は約1分の短い時間で平衡になる。これは核芯部から単位時間に口腔へ流入する血流量が腋窩に較べて多いことによる。上式で言へば k_0 が大きい。このため緩和時間 τ が短くなつてゐる。

しかし、口腔温測定には3-5分を要する。これは測定に用ゐる体温計の熱容量を温めるのに時間がかかるためである。Fig. 1 に示した例の口腔温緩和時間は約0.7分である。

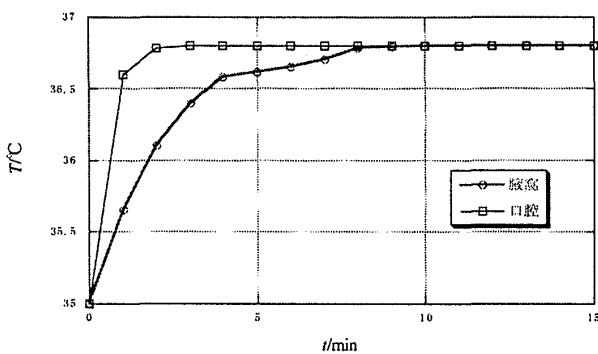


Fig.1 Measurement of axillary and oral temperature

腋窩から口腔、直腸と、核芯部に近づくにつれて (k_0 が大きくなるにつれて)、腔内の温度が核芯温に近づくのに要する時間は短くなる。これが体温計を暖めるのに必要な時間よりも小さくなると、測定時間は体温計を暖める時間で規定される様になる。そのときの(2)式における C は体温計の熱容量であり、 k は腔と体温計との間の熱傳達係数となる。

3. 核芯温の周期変動

上記の様に核芯温はほぼ一定温に維持されてはゐるが、それでも運動や食事摂取などによるわずかな変動がある。しかしそれらの行動に起因する変動とは別に、もつと基本的な固有の生理的原因に基づくいくつかの周期的変動がある。

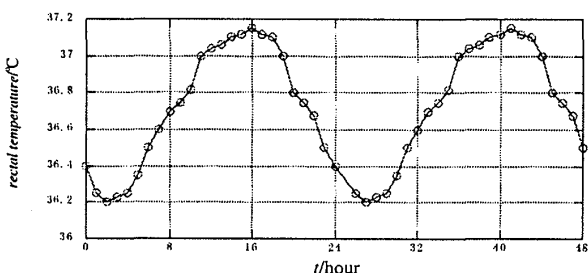


Fig.2 Circadian rhythm of body temperature (48hours)

(1) 概日周期

人の自発概日周期は24.6 hrであるが、告時因子 Zeitgeber (明暗周期, 定時の給餌, 時計など) により位相同調して24.0 hr周期となつてゐる。これを概日周期変動 circadian rhythm といふ。その温度変化は基本波のみの単純なものであり、

$$T(t) = T_0 + A \cos(\omega t - \delta) \quad (4)$$

として表はされる。ここで $T_0 = 36.8^\circ\text{C}$, $A = 0.5^\circ\text{C}$, $\omega = 2\pi/24$ hr, $\delta = 4\pi/3$ である。従つて午前および午後10時に平均温度となり、同じく午前および午後4時に最高および最低温度となる (Fig. 2)。

(2) 概月周期

女子月経周期に伴ふ体温変動を概月周期変動 circalunar rhythm といふ。その温度変動は正弦波といふよりもむしろ矩形波的であり、周期は約28日である (Fig. 3)。

月経開始日より14日間は卵巣の卵胞期 follicular phase で、卵胞ホルモン estrogen 濃度は増加し続ける。卵胞ホルモンの末梢血管拡張作用により核芯温は低下する。低温相に相当する。

卵胞ホルモン濃度が臨界値を超えると (14日目)、性腺刺激ホルモン (特に黄体形成ホルモン) の一過性の鋭いピークの増加が生じ、これにより排卵 ovulation が起こり、黄体期 luteal phase に入る。黄体ホルモン progesterone は視床下部体温中枢に働いて核芯温を急に 0.4°C 上昇させて、高温相に入る。

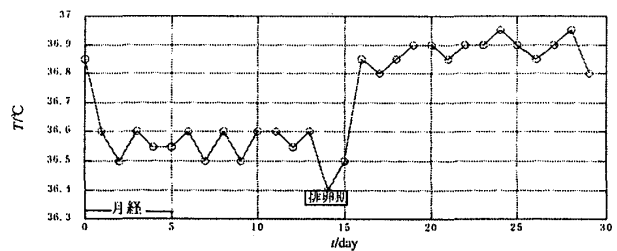


Fig.3 Circalunar rhythm of body temperature (women)

(2) 概年周期

基礎代謝は冬には亢進し、夏には低下する。しかし体温の概年周期に関してはまだよくわかつてゐない。

4. おわりに

人体でほぼ一定値を示すのは核芯温であり、これこそが人体生理の直接の制御対象である。その指標には測定が安全・簡便な直腸温を常用する。核芯温の制御には体表温が基本的に重要な要素となるが、これは部位によつて値がまちまちである。そこで平均皮膚温が考慮された。核芯温と平均皮膚温とを適度に合わせた概念として体温があり、その指標として腋窩温が常用されてゐる。