寒冷適応について

上 田 五 雨

信州大学順応医学研究施設順応生理教室

§1 前おき

寒冷に対する生体の適応能力を検査するための標準的な方法としては、睡眠中に行う全身曝露テストと覚醒時に行う全身曝露テストの他に、寒冷昇圧反射、手指の寒冷血管反射等をみる局所的なものがある。その生理学的、人類学的計測の標準術式は WEINER 及び LOURIE (1969) により紹介され、各種人類間の相違などの客観的比較も可能となっている。

寒さの影響は、日常生活の際にも問題となり種々検討されているが (日本生気象学会, 1968), 船などの沈没による冷水中への浸水の際の救助の問題等とも関連して (KEATINGE, 1969), 実用的な面からの重要性が認識されている。

従って、その解説も多く表われていて (ITO, 1974; ROBERTSHAW, 1974), 寒冷適応の存在を認めるべきか否かなどの基本的議論さえも行われている (MONTEITH & MOUNT, 1974)。

寒冷に対する生理的な応答を順応として、適応と区別する場合もあるが、ここでは全て適応の用語を用いた。また、英語では寒冷のみの応答は *acclimation* であり、寒冷気候に対する応答は *acclimatization* であるが、日本語では順化とか馴化と呼ばれ、余り両者は区別されていない。*acclimatization* の場合には、寒冷、湿度、風等の総合的な影響が体に表われたものである。また、南極の影響のような場合には明暗のリズムの変調も重複してくるので、結果の解釈は複雑である一面、屋内作業従事者は外界の影響をうけないので、季節による寒冷の現象をうけにくくなったという結果等も表われている (榎山, 1971)。

§2 形態学的適応

動物が寒冷に適応すると大型化して行く事はよく知られているが、人の場合には肥満者の耐寒性がすぐれているという報告がある (唐杉他, 1975)。また女性は皮下脂肪が多く、男性より耐寒性が強い。ただし、海女では皮下脂肪は放熱の遮断材として働くと共に、その脂質は動員されて産熱を高めるのにも役立っている (井上, 1970)。しかし、人の場合、寒冷刺激によって動物のように体表面が毛深くなるというようなこ

とはみられない。

§3 生理学的適応

寒冷刺激がくり返し加えられると、その反応は次第に弱まり、慣れの現象がみられる (GLASER *et al.*, 1959)。刺激を 0°C , 30分とし中指の皮膚温の *hunting reaction* から耐寒性を判定しようとする試みは、しばしば応用されている。日本人 (長島・上田, 1955; 油座, 1973), アイヌ人 (伊藤, 1971) 以外でも、インドネシア人 (戸田, 1969) 等のデータが知られ、多くの成果が得られていて、吉村の点数法は、わが国では最もよく知られている (YOSHIMURA & IIDA, 1950)。

全身の耐寒性については、平均皮膚温低下 4T s に対し、産熱量の増大 4M がどの程度であるかが、一つの指標として用いられる。簡単な指標としては、心拍数の減少、血圧の上昇、 Ht 値の増大等が測定される。

寒冷刺激に対する適応の成立を、単に受動的に待つだけではなく、積極的に鍛錬によって適応を高める問題も重要であり、しもやけが冬よりも、晩秋に多いのは寒冷に対する適応が不十分なためである等と解釈されている (緒方, 1973)。

しかし、人の場合には実際には生理的な適応現象を生ずる前に、人為的に衣服によって保護したり、住居や暖房によって寒冷を防いだり、或いは寒をさけて暖い土地へ移住したりするので、純粋な適応現象がみられないことも多い (能登, 1966)。特に小型漁船の乗組員に対し、三浦らは、耐寒耐水服を考案し、耐寒性の測定が 5°C の条件下で行われている (三浦他, 1972)。

生理的な適応の限界をこえて寒冷が局所に加わると凍傷が起り、全身に影響が及ぶと凍死に到る。凍傷の発生機転については、生物学的な面からも詳しくしらべられている (MERYMAN, 1957, 1966; 根井, 1971)。

§4 生化学的適応

寒冷曝露に際し、副腎皮質、副腎髄質、甲状腺等の内分泌系が反応し、体熱の産生機構を高めることはよく知られている (BAJUSZ, 1969)。特に、甲状腺に関しては中枢神経を介して行われる急性の反応と、下垂体を介して行われる慢性の反応とが考えられている (山

田・女屋・小谷, 1973)。

非ふるえ産熱の機序に対してノルアドレナリンの関与は極めて重要で、アドレナリンよりも産熱には有効であるとみなされている。従って、自律神経遮断剤により、産熱効果が減殺されることも観察されている。このようなカテコールアミンの低温に対する代謝性適応における役割の他に、適応の初期には腎皮質ホルモンの関与が大であることがネズミの実験で示唆されている。

クラーレで骨格筋を麻痺させた正常ネズミでは4°C曝露で、体温の低下がみられるのに反し、寒冷適応ネズミでは、同条件下でもO₂消費量を増し、正常体温を維持し得る。

これらの点からも化学的産熱機序の存在は確かである。中でも結局次の3種類の変化が注目されている。すなわち、脂質の代謝が寒冷曝露によって増加することはよく知られているが(土居, 1972; VINCENT-FALQUET *et al.*, 1972), アミノ酸, 糖などの代謝も幾らかの影響をうける(伊藤, 1972a, 1972b)。

脂質, 特に遊離脂肪酸(FFA)については最終的には細胞内ミトコンドリアで酸化が行われるので、細胞外でのFFAの増加のみではなく、細胞内のFFAも増加している筈であるが、実際は非ふるえ産熱が亢進している寒冷順化ネズミでは血漿FFA濃度がむしろ低いようなこともある。ところで、血漿ケトン体もまたエネルギー源として重要であると言われている。食餌に関しては、寒冷適応には低蛋白食は不利である。また、アミノ酸からの糖新生の増加なども報告されている。かつブドウ糖は特にふるえ産熱に重要である。

§5 総括

南極とか高山(BLATTEIS, 1966)での生活を全うするには身体の寒冷適応のみではなく、異常環境に対する十分な科学的装備が必要である。南極越冬の医学的研究は各国で盛に行われているが、わが国の報告も、かなりの成果を収めている(吉村, 1972; 蜂須賀, 1972)。

生体は、寒冷に対してそれに適応し、克服するというだけではなく、ある場合には積極的にその刺激をあたえて、むしろ各種の疾患が治療されるということも知られている(太田・杉江, 1975; 上田, 1975)。

寒冷に対する適応の問題は多くの立場から論じられているので、ここでは各分野から入手し易い文献のみをあけて紹介した。

文 献

油座信男, 1973: 全身耐寒性と局所耐寒性との関係。航空医学実験隊報告, 14: 147-160。

BAJUSZ, E., 1969: Physiology and Pathology of Adaptation Mechanisms. 1st ed., Oxford.

BLATTEIS, C. H., 1966: Thermogenic Processes during Cold in Hypoxia. Fed. Proc., 25: 1271-1274.

土居勝彦, 1972: 脂質代謝の面からみたアイヌの寒冷適応性。北海道医誌, 47: 152-167.

GLASER, E. M., M. S. HALL & G. C. WHITTOW, 1959: Habituation to Heating and Cooling. J. Physiol., 146: 152-164.

蜂須賀弘久, 1972: 南極における人の適応能に関する研究。医学のあゆみ, 81: 673-681.

井上太郎, 1970: あまの体温調節。日本温泉気候物理医誌, 34: 46-47.

伊藤真次, 1971: 寒さへの適応。北海道医誌, 46: 483-490.

伊藤真次, 1972a: 寒さへの適応(11) アミノ酸。北海道医誌, 47: 133-141.

伊藤真次, 1972b: 寒さへの適応(12) 糖代謝。北海道医誌, 47: 335-342.

ITOH, S., 1974: Physiology of Cold-Adapted Man. 1st ed., Sapporo.

唐杉敬他5名, 1975: 肥満者の耐寒性に関する研究。日本生理誌, 37: 208.

KEATINGE, W. R., 1969: Survival in Cold Water. 1st ed., Oxford and Edinburgh.

MERYMAN, H. T., 1957: Tissue Freezing and Local Cold Injury. Physiol. Rev., 37: 233-251.

MERYMAN, H. T., 1966: Cryobiology. 1st ed., London and New York.

三浦豊彦他3名, 1972: 耐寒耐水服の効果と被験者の耐寒性に関する研究。労働科学, 48: 601-637.

杉山政子, 1971: 疾病と地域季節。第1版, 東京。

MONTEITH, J. L. & L. E. MOUNT, 1974: Heat Loss from Animals and Man. 1st ed., London.

長島長節・上田五雨, 1955: 寒冷血管反応。体育学研究, 9: 608-615.

根井外喜男, 1971: 低温生物学概説。第1版, 東京。

日本生気象学会, 1968: 生気象学。第1刷, 東京。

能登志雄, 1966: 気候順応。第1刷, 東京。

緒方維弘, 1973: 耐寒反応をとおしてみた鍛錬とその効果。体力科学, 22: 125-131.

太田里美・杉江三郎, 1975: 低体温法。Low Temp. Med., 1: 81-83.

ROBERTSHAW, D. (Editor), 1974: Environmental Physiology. Vol 7, 1st ed., London.

戸田嘉秋, 1969: インドネシア人の寒冷血管反応につ

- いて. 生気象誌, 4: 7.
 上田五雨, 1975: 低温療法とその基礎. 現代医療, 7: 91-93.
 VINCENT-FALQUET, J. *et al.*, 1972: Free Fatty Acids as the Major Fuel for Thermogenesis in Dogs. *Life Science*, 11: 725-732.
 WEINER, J. S. & J. A. LOURIE, 1969: *Human Biology*. 1st ed., Oxford and Edinburgh.
 山田隆司・女屋敏正・小谷雅宣, 1973: 寒冷時における視床下部-下垂体-甲状腺系の活動変動について. 最新医学, 28: 1075-1081.
 吉村寿人, 1972: 南極越冬の医学シンポジウム. 医学のあゆみ, 81: 406-408.
 YOSHIMURA, H. & T. IIDA, 1950: Studies on the Reactivity of Skin Vessels to Extreme Cold. *Jap. J. Physiol.*, 1: 148-159.
 (1977年9月21日受付)

On the Cold Adaptation

Gou UEDA

Institute of Adaptation Medicine, Shinshu University

To investigate the cold adaptability, standard techniques including both methods of local and/or general stimuli were established and introduced by WEINER and LOURIE. The results obtained by this kind of study are of values from the practical as well as the theoretical point of view. The word "adaptatin" mentioned above is sometimes distinguished from the words, adjustment, acclimatization and acclimation, but it will be used here in the most comprehensive way. As for the types of adaptation, mainly four types such as morphological, biochemical and artificial adaptations can be distinguished.

One of the outcomes of cold adaptation is the increase of metabolic heat production and the other is the decrease of heat loss from the body surface. As for the local index of cold tolerance, the parameters of a vasomotor reaction can be used. In this case, it is usually considered that the larger the hunting reaction due to the cold stress, the stronger the local cold tolerance.

As for the biochemical adaptation, hormonal secretions caused by thyroid and suprarenal reactions play very important roles. The changes of metabolisms of free fatty acid, amino acid and glucose are also noticed.

In the case of humans, the adaptation can be achieved by behavior, clothing, housing and heating. These artificial adaptations are sometimes intentionally devised on a very specialized way. When the stress over a limit of cold tolerance is applied, diseases or death will take place. After all, the living in the cold such as antarctic area is also recently becoming possible by physiological and artificial adaptation.