【総 説】

対寒反応をとおしてみた鍛練とその効果

熊本大学名誉教授

緒 方 維 弘*

A CONSIDERATION ON EFFECT OF TRAINING THROUGH THE
RESPONSES OF COLD EXPOSURE

KOREHIRO OGATA

I 鍛練への考察の出発点

本篇は筆者がその主研究課題としている体温調節機能のうち、寒冷への反復曝露をおのずからなる対寒鍛練とみなし、これを通じてよびおこされる反応の消長を通じて、身体鍛練とその効果についての筆者なりの考え方をまとめてみたものである。

すべて生体では刺激に対応して反応することがその調節機構としての基礎的な特性をなしている。しかし単に生物の刺激に対する反応という限りでは、それが形態的であるか、あるいは生理学的なものであるかにかかわらず、刺激に対する直接的な応答を意味するにとどまる。ところが刺激がすでに習慣していた範囲を越し、かつその刺激が長くつづいて、既得している反応だけでは、それに対処することができなくなった場合は、その生物の官能の平衡は破れざるをえない。このような事態に対しては生体はその平衡を再建し維持しようとする能力を賦与されている。これを生体の適応能というが、かかる能力を駆使して、対象となっている生物官能をより高い次元において活動させるように積極的な促進を意図するところに鍛練の意義を有する。したがって鍛練の実施に際してまず留意しなければならないのは、目標とする生体官能が、負荷しようとする鍛練に対して適応する性能を俱有しているものであるか否かの点である。両者がもしも無縁のものであるならば、たとえ鍛練が負荷されたとしても、ただ困憊と疲弊のみが残されることになる。ひいては鍛練効果の

完璧を期するためには、まずその適応成立機序に対する正確な判断を持っていなければならない。例えば 1951 年にニューヨークで行なわれた「寒冷障害に関するシンポジウム」の席上、この領域の権威者である Western Ontario 大学の Burton 教授¹⁾は、動物の組織の熱遮断度が冬季に大きくなる現象をさして、それは寒さに対する適応となすよりも、むしろ暑さに対する適応現象の一面であると解すべきであると発言しているが、そのいずれの解釈をとるかによって対寒適応に占むる組織の熱遮断という大きな反応への対処の方向がおのずから制約をこうむらざるをえない。さらに同会合の席上、寒暑を対象とする生理学研究に生涯をささげられている Rochester 大学の Adolph 教授²⁾は「寒さに向っての適応現象は動物においてはたしかに存在しているが、ヒトにおいては認めがたい」とされている旨が記載されている。そのよって来るところは、対寒適応の本体をなすものは、体熱産生能力の増進でなければならないが、動物では歴然たる産熱増進があるのに反して、ヒトでは温度感覚的に中正な環境条件下では基礎産熱量の増大はもたらされないというのである。すなわち非ふるえ性産熱の増進がヒトにも存するか否かが問題になっている。現在のところこの意味での適応はヒトにも存するとなす研究者も多くなっているが、Adolph 教授の如き大先達の言が、この領域の研究の方向づけと進歩に大きく貢献したことはたしかである。

対寒反応に適応現象が存在することを単的に示す 1 つの好例として、凍瘡(しもやけ)に関する

* 現熊本女子短大栄養生理学教室 教授 Dept. of Nutrition

久野教授一門の報告⁴⁾がある。そもそも凍瘡は組織の凍結を前提条件とせず、比較的軽い寒冷によって真皮の血管が拡張して、その壁を透して血液の水分が多量に組織間へ滲出することによっておこる障害である。したがって酷寒地よりもかえって湿暖な日本などでよく見受けられる。しかもその発症は厳寒季よりもむしろ晩秋から冬にかけてのころか、あるいは冬を越した早春に多い。いずれにせよ本症は本来寒さに出会うことによってからこおこる障害であるのに、上述のような発症期を呈することは見方によっては奇異の感を受ける。久野教授はこの発症期についてつぎのような見解を述べている。すなわち「しもやけが寒感未だ烈しからざる初冬に頻発し、しかもその大半が厳冬の頃に入れば自然に治癒することは、これは寒気の鍛練がしもやけに対する抵抗力を増すためであろうという推定を喚起させる事実である」。このことは凍瘡の発症機序に立脚して、外来侵襲と耐性増進との相対的優劣がもたらした結果を明示しているものである。早春凍瘡も春温による耐性の消退時に襲われた春寒によるものと考えたい。

しかしこのように対寒鍛練による効果の存在はたしかであるとしても、鍛練そのものは元来生体にとっては未習熟の侵襲をくりかえされることにちがいないのであるから、これは在来の生体官能平衡からすれば、まず異化的作用をよびおこすものであることをまぬかれない。そこには当然鍛練の至適負荷量という問題がおこってくるし、この問題こそが生活の実際にとっては最も身近なものとして考えなければならなくなる。

II 耐寒性の出身地別の差異に関する一実験

対寒鍛練の至適負荷量に関する検討のたつき台的な実験例として、筆者ら^{6,7)}が1940年に経験した北満佳木斯で同地の医大生についての耐寒性の出身地別の差異に関する成績をかかげる。出身地別の観察をまずとりあげたのは、生来くりかえされた環境気象の影響がそれぞれの土地の住民におのずからなる対寒鍛練の相異をもたらしたであろうことが想像されるからである。

この実験の主体を佳木斯医大生に求めたのは、被検者がこの実験に臨むまでに経歴した生活様

式、換言すれば寒冷に対する馴れの程度の差をうかがおうとすることが実験目的の第1であるから。実験時の生活条件は可及的に等しい者を集めなければならないが、この点この被検者たちはすこぶる好条件をそなえていたことに因る。すなわち彼らは第1に18~19才の日本内地人に限られているのであり、第2には全員ともその年の4月にはじめて渡満し、最初の満洲の冬を経験しつつあったこと、第3に全員同大学寄宿舎に居住しており、その起居はすべて軍隊式に一律に行なわれていたこと、さらに第4には食事、衣服は全部官給であったからである。かくして北海道および東北地方出身者を北方出身者とし、関西以西九州出身者を南方出身者と認め、実験は毎回両群から1名ずつを選び、同時同一条件のもとに、こんな組合せ10組につき、1組については2回ずつ対寒反応比較

図1 寒冷曝露比較試験

附 表

被 験 者 出 身 地	身 長 cm	体 重 kg	皮下脂肪 mm	酸素消費量cc (毎分平方m)			代 謝 型 式	皮 温 型 式
				出 前	寒 冷	入 後		
(I 南	174.0	54.5	8	135	151	—	144	I 別
(D 北	172.5	59.0	8	127	145	185	138	I 中
(H 南	168.2	63.5	10	141	149	153	121	II 同
(A 北	161.0	58.5	15	135	157	—	152	I 同
(E 南	167.5	64.0	16	129	148	158	130	II 同
(B 北	168.0	67.0	12	127	159	139	132	I 同
(F 南	166.1	65.0	16	128	156	146	141	I 中
(C 北	169.4	57.0	12	125	150	150	120	II 別
(G 南	171.7	76.5	15	130	162	147	154	III 中
(D 北	172.5	59.0	8	128	135	—	137	III 同
(I 南	174.0	54.5	8	121	125	138	137	I 別
(A 北	161.0	58.5	15	130	147	161	136	I 同
(F 南	166.1	65.0	16	135	151	191	142	I 同
(B 北	168.0	67.0	12	141	147	150	130	II 同
(E 南	167.5	64.0	16	130	142	161	134	I 同
(C 北	169.4	57.0	12	132	136	172	127	II 別
(A 北	161.0	58.5	15	129	—	147	123	II 中
(C 北	169.4	57.0	12	131	—	154	131	II 別
(H 南	168.2	63.5	10	129	137	142	122	III 同
(G 南	171.7	76.5	15	136	161	153	146	III 中

試験を行なった。被検者の服装は毛シャツ2枚に統制し、下半身および手、耳介などは十分に防寒させた。実験当日の朝食はこれを廃し、15~20°Cの室中に1時間以上、つづいて-15°C、ほとんど無風の屋外に50分間さらし、再入室後さらに約1時間、すべて仰臥位をとらせて、直腸温、胸部皮膚温および前腕皮膚温を連続測定した。また各人につき寒冷曝露前1回、曝露中2回、温暖室復帰後1回の計4回酸素消費量(産熱量)を測定した。

図1はその1例で実験状況を示すものであり、また附表はその全成績を集めて表示したものである。

皮膚温は寒冷曝露とともに著落する。その落ち方は四肢の温度が軀幹部のそれに比し著しく急激かつ低温にまで下降する型のものと、両者の差が比較的少なく、ともに程度の差こそあれ同一経過をたどって下降する傾向の強いもの、さらに両者の中間を行くものがあるのであって、前者を別行型、次者を同行型、後者を中間型とし、附表にはその状況を別、同、中の略号を以て記入し

た。このような分け方をしてみたのは、重要臓器を蔵する軀幹部の温度は可及的に不変にたもち、四肢の温度は下降させることによって身体からの放熱量の減少をはかるものの方が耐寒上有利ではないかとの考えによるものである。結果は皮膚温下降の絶対量でも、またこのような皮膚温下降の型でも、各個人では毎回同じ経過をとる傾向が強いが、出身地および体格との相関は認めがたかった。ただ皮膚温の高低と皮下脂肪の厚さの間には、皮下脂肪の厚い者は薄い者に比して6.5対2.5の割合で低いという関係が見られた。

直腸温については寒冷曝露前における値に対する曝露後の比較高において、皮下脂肪の厚い者は薄い者に比して7対2の割合で高くあらわれたが、出身地別的にながめると、6対2の割合で南方出身者の方が初温に比して高く保った成績をえたのであったが、これは附表に示すように、南方出身者の方に皮下脂肪の厚い者が多かった影響のあらわれとみるべきである。

酸素消費量は寒冷曝露とともにいずれも上昇するが、これを体表面積単位でながめると、多少の

相異は認められるが、出身地、体格などの差によっては特に認むべき相異を呈してはいない。さらに寒冷曝露から再び温暖所に帰った場合の状況に差があるのではないかをうかがうために、寒冷曝露前温暖所において測定した酸素消費量に比べて、寒冷曝露後再び温暖所に復帰した後20分目のそれが上昇しているが、曝露中よりは明らかに低下しているものをⅠとし、当初のそれと等しいか、あるいはかえってそれ以下に減少しているものをⅡとし、入室後もなお著しく亢進しているものをⅢとしてながめた。しかしこれも出身地および体格との相関は認めがたく、ただ同一人では毎常等しい型をとる傾向が強く、またそれとともにその時の環境条件がこの型を規定するのにかなり関与する傾向がうかがわれた。

結局、以上の成績では各被検者の耐寒性はその出身地の南北の別は各人の個人差を越すほどのものはないと判ぜざるをえない。そうするとここに3つの問題が持ちあがってくる。すなわち、その1は日本人における耐寒性の個人差はどうなっているのかであり、その2はこの耐寒性比較実験でもちいた負荷寒威の強さが出身地の南北がもたらす程度の差異判定の手段としては大に過ぎたのではないかということ、さらにその3は -30°C にもおよぶ北満の寒威は出身地のいかに越して、すべての人々を到達しうべき適応の限界点にまで等しく持ち来たしていたのではなかろうかということである。

III 耐寒性の個人差と耐寒性判定にあたっての至適負荷刺激強度

耐寒性の個人差判定は1965年からはじまった国際生物学事業計画(IBP, International Biological Programme)の「ヒトの適応」部門での全世界の各人種についての耐寒性ならびに耐熱性の比較計画に関連してくる。IBPではこの目的のために、世界各地において、同一な判定法と基準のもとに測定値を比較することが要求せられたわけであるが、筆者らもこれに参画して、耐寒性の判定法として被検者を低温に曝露させている間の皮膚温の下降度(ΔT)と産熱増進度(ΔM)の相関から決定する方法を提案した⁹⁾。この方法を考えた基盤は、従来の経験から、耐寒性の強い者は弱い者

に比して冬季の通常生活中に遭遇する寒冷曝露程度なら産熱増進度が小さいのを通則とすることにある。この方法は米国の Carlson 教授²⁾によっても全く同範疇の提案がなされているのであって、現在、日本において筆者らの判定法をもちいた研究成績がかなり多数に報告されている。

図2はこの方法に準拠した方法($\Delta M/T_s$)をもちいて日本人の耐寒性強者群(J-1)と弱者群(J-2)の成績を Carlson 教授の集めた白人ならびにエスキモーの平均値と比較したものである。これによってうかがわれることは、日本人の耐寒性の強い者のうちには、通常の日本の冬季の低温中の

図2 耐寒性の個人差

薄着装で全身平均皮膚温が $33^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$ を呈する程度の寒威では、反応を全然呈しなかったオーストラリア原住民にはおよばないが、エスキモーの平均値に優る者があるとともに、弱い者が白人のそれに劣っているものもあるのであって、日本人の耐寒性に大きな個人差があることがうかがわれる。

ところが筆者らの経験では、本図の成績は曝露される低温環境としては $+10^{\circ}\text{C}$ 、着装は1.7cloをもちいたものであるが、これを $+5^{\circ}\text{C}$ 、1.7cloとすると $\Delta M/\Delta T$ で表わされる被検者の耐寒性の差の程度はずうっと小さくなり、各個人間のバラツキが接近してあらわれることに気づいた。そう

すると小さい個人差までもをつかまえるためには $+10^{\circ}\text{C}$ 環境をもちいた方が $+5^{\circ}\text{C}$ 環境よりも好ましいということになる。これは耐寒性比較試験には負荷すべき寒冷の強さということが大きく関係することを物がたっており、そうすると上記の提訴その 2, すなわち鍛錬効果の判定にあたっての負荷刺激には求むる対象の種類によって定まる至適強度の存することを意味することとなる。

IV 鍛錬効果の限界

筆者はさらに上記の佳木斯実験の結果とあわせて、対寒適応の限界という問題についてつぎのような経験を持っている。それは北満双城堡（ハルピン近郊）の中国人の貧しい農民について12月に観察したものである⁹⁾。当時の外気温は $-20^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ であったのに、この被検者たちの居住する家屋の1日平均室温は 6.1°C であり、しかも彼らの着装は手足の直接凍傷にかかりやすいところは守っているが、その他は上下とも木綿の下衣に綿入れの上衣1枚であって、外套類を所持せず、いわば常にわずかな全財産を身につけている状態であった。このような生活様式をもってしても、彼らがもし十分に北満の冬季に耐えうるとすれば、その強靱な耐寒性は感服に値し、また自然のうちに獲得したものと考えられる対寒鍛錬の効果に対しては目をみはらねばならぬことになる。なんとすれば寒冷に曝露される場合には、曝露前に比較的高温な室に居住した者は、そうでない者に比して感覚的に楽であるのみならず、代謝亢進の程度も小さく、また低温室滞在時間が短かいが、あるいは十分に防寒具を身につけている時はこれまた代謝亢進は小さいことが明らかにされているが、この被検者たちの場合はそのいずれにも該当しないからである。

図3はかかる農夫A, Bの2名と、対照として南満からやってきた筆者らの1人Cとを同時に寒冷にさらした場合のふるえの消長を産熱量の大きさから比較したものである⁹⁾。AとBには、上記のような彼らの日常の外出服装をつけさせているのに対して、対照者Cでは筆者らの常識的な冬季服装であるモメリヤス上下各1枚、背広冬服、それに外套で、両者とも防寒帽、防寒靴、防寒手袋はつけている。こうして 10.1°C の室内に3人を

A, B 中国人農夫酸素消費量
C 日本内地人酸素消費量
室内 $10^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$ 寒冷 -19°C

図3 寒冷曝露比較試験

1時間留置し、しかる後に $-16^{\circ}\text{C} \sim -19^{\circ}\text{C}$ の戸外に155分間椅子に坐らせた。その成績は室内においてすでに薄着のAとBはCよりも値が高く、また寒冷曝露中も終始Cの方が代謝亢進の程度が小さい。感覚的にも120分を過ぎるころからA, B両人は深刻な寒苦を訴えつづけたがCはこれに比すればはるかに自覚的にも楽であった。

以上の成績は、秋よりはじまる貧農A, Bの彼らの生活様式から強いられる対寒鍛錬の効果も、特別の鍛錬は行なったことのない南満居住の医師Cのこの程度の服装に著しく劣ることを示しているものであって、満洲のような寒冷地に居住する者たちにとっては、それが北満であるか南満であるかにかかわらず、特に鍛錬を行なうことがなくても、天然の季節の影響はすでに十分な強度において居住者の身体に強く作用しているものと解してさしつかえないであろう。これに類する事象として、筆者らはさらにつぎのような経験を持っている。それは満洲居住の中国人で、1年中を高温な職場で働いている支那風呂の三助と、終日夜半までも厳冬でも屋外にたたずんで客待ちをする人力車夫の2人を、同じ服装で同時に真冬の寒さにさらしてみた。定めし車夫は三助より強かろうと想像していたのに、両者の間にはまったく差異は認められず、一方が寒さにまいった時には、他方もおなじく弱ってしまったのであった。

このようにながめてくると、いたずらな鍛錬は単に鍛錬のための鍛錬とでも称すべき心理的な問題の範囲にとどまる場合を生じうるのではないかと考えられる。ただしこのような判断は日本人と

中国人を同一程度の耐寒性を遺伝的に有する者たちであるという基盤の上にながめた場合の話であって、この他の実験成績からも筆者は両民族が同程度の耐寒性を持つものと推察している。しかし同じ満洲に住む民族のうちでもオロチョン族のごときははるかに強い耐寒性を有することが想像できる。

V 鍛練効果限界内での比較

上述した佳木斯実験の寒冷条件よりも緩和な条件下の実験と目されるものに北大の伊藤真次教授一門の成績がある³⁾。同氏らは(1)本州出身札幌在住者(札幌在住平均5年)6名、(2)北海道内出身札幌在住者19名、(3)北海道上川郡風連町出身同地在住者15名の男子について、空腹時血漿脂質濃度を比較した。その中でも夏冬にはっきりした差異を呈する遊離脂肪酸濃度を比較した。その結果は風連居住者が最も低く、北海道生れ札幌在住者がこれにつき、本州生れ札幌在住者が最も高い。同氏はこのような事象は対寒産熱増進の熱源として利用されるために必要な脂肪の交替(turnover)の活発さの相異を意味するものとなしている。さらに寒冷昇圧反応にも各群の間に歴然たる差異があるという。

以上の成績は北海道出身者と本州出身者との間に対寒反応の態勢に差異を有することを示しているものである。そうするとこれは上述した佳木斯実験の成績と照しあわせると、適応には達しうる限界が存するという考え方のたしからしさがますます濃厚になる。

伊藤教授はまた本州および北海道出身者おのおの25名ずつの男子学生について、0°Cの冷水にひたした示指皮膚温の変動を測定し、この反応に関しては両者の間に差異がなかったことを報告している。冷水の中に手指を入れると、その部の皮膚温は急激に下降するが、やがて周期的な寒冷血管開張反応(hunting reaction)が現われる。これは指に存在する動静脈吻合枝という血管が寒冷に際会する場合に現わす反応であって、皮膚温の異常下降に対する防衛機転である。吉村寿人教授⁸⁾はこの反応をもちいて耐凍傷性を判断する凍傷ポイントテスト法を考案しているが、この方法をもちいて氷水浴の反復はこの反応を増強させること

を証明しているし、またそれよりもさらに久野教授一門⁴⁾は京都の鴨川の冷流中で友禅さらしに永年従事する職人の足指温が冷水中で著しい反発性の上昇を招来していることを明らかにしている。ところが上述の伊藤教授らの成績では本州出身者と北海道出身者間に脂肪代謝や、寒冷昇圧反応には差異があるのに、寒冷皮膚血管反応は有意差がないという。これは寒冷血管反応の方は両群ともにすでに鍛練効果の上限値的な反応出現にまで達しており、ひいては現象的にはかえって両者の差異が認めにくくなったものと解される。伊藤教授は全身性の寒冷適応にくらべて局所性のそれは比較的容易に獲得されるものであるかも知れないとされているが、筆者もそれとまったく見解を同じくする。

VI む す び

上述の諸事象を通じてうかがわれる対寒鍛練効果なるものには、少なくとも2つの面が共存していることを認めざるをえない。すなわちその1つは鍛練はたしかに大きな適応効果をよびおこすること、もう1つはその効果にはおのずから一定の限界が存しているらしいことである。そうすると鍛練の効果は寒冷の害のようやく現われようとする一定範囲の条件内に限り、その偉力をひきおこすことができるものであって、その範囲を越えた鍛練は役に立たないのみならず、身体障害をひきおこすものになることである。害を受けずに利益ばかりを受けようとするところに鍛練の要点はなければならない。この関係は病気の治療に劇薬がもちいられる場合と同じことで、薬量が適当であれば著功があらわれるが、分量を過すと命とりになりかねない。しかもむづかしいことには、寒さでの分量決定は、薬のように何グラムでは計れない。それかといって手びかえしたのでは最上の鍛練効果は望めない。やるかぎり、少なくともその効果が十分に発揮されるまでやらねばならぬ。

このことに対処する目やすとしては、筆者はつぎのように考えている。すなわち鍛練の適量とは、その強さを考慮することも必要であろうが、それにもましてそれを行なう時間をいくばくにするかにあると思う。鍛練だ鍛練だ、1日中のべ

つ幕なしに寒さに身をさらしていたり、過ぎた薄着や火の気なしの冬季生活を鍛練のように心得ていたのでは、日本の冬をわざわざ満洲にし、あるいは南極にして暮らすことになりはしないであろうか。もっともこのような鍛練も、満洲でくらし、あるいは南極で越冬することそのものがその行動の目的であるような特例的な場合に限っては通ずるかもしれないが、通常人にとってはそこにはおのずからこれとは異なった鍛練に対する考え方が打ち出されてきよう。

すなわち、普通の健康者である限りにおいては、裸体操も結構、乾布摩擦、冷水摩擦もまたよし、しかしそれには厳に適当な一定時間だけに限らなければならないということが肝腎であろう。この一定時間の鍛練の間に獲得した効果を生かしながら、それ以外の1日の大部分を占める生活時間中では、防寒具結構、暖房もまたよしで、あらゆる文明の恩恵に守られながら、作業能率の増進をはかるところに、最も有効な現代人の生活が開されるべきものであることを信ずる。

引用文献

- 1) Adolph, E.F., Burton, A.C. (1951) Cited

from Ferrer, M.I. : Cold Injury, Transactions of the first Conference, sponsored by the Josiah Macy, JR. Foundation, New York, p. 181-187.

- 2) Carlson, L.D. (1965) Cold, in Edholm, O.G. and Bacharch, A.L. : The Physiology of Human Survival, Academic Press, London and New York, 15-51.
- 3) 伊藤真次 (1970) 寒さに対する人体の適応, Medica, 7, 1852-1856.
- 4) 久野 寧 (1949) 気候と人生, 創元社, 大阪,
- 5) Ogata, K. (1971) Physiological approach to the adaptability to cold and heat, Bull. Inst. Constit. Med. Kumamoto Univ., 21, Suppl., 1-62.
- 6) 緒方維弘 (1946) 寒冷と体温調節, 南条書店, 東京.
- 7) 緒方維弘 (1973) 適応—気候風土に対する適応, 医歯薬出版社, 東京.
- 8) Yoshimura, Y. and Iida (1952) Studies on the reactivity of skin vessels to extreme cold, Jap. J. Physiol., 1, 147-159 and 2, 118-121.