

# ストレス作用要因に対応する 防衛反応の研究

～単独寒冷刺激について～

瀬戸 進

## I 緒言

高度の経済成長にともなって国民の経済的ないし物質的な生活改善と向上がもちたされたがはたして、それが個人ないし大衆の真の幸福につながったものであろうか。

私はこれについてただ健康の一点の立場から考察してみたい。まず、我が国民の平均余命は幾分上昇の過程にあるといってもその内容をつぶさに検討するとき、諸々の問題を含んでいる。たとえば、成人病といわれる糖尿病、高血圧症、脳卒中、心臓病（心筋硬塞、狭心症、心不全）などがますます増加しつつあり、<sup>(1)</sup> 学徒においても体格は大きくなりつつある反面、かえって体力は減退する面も<sup>(2)(3)(4)(5)</sup> みられている。

とくに、最近では精神と身体との両方にまたがる病気が激増しつつあり、<sup>(6)</sup> いわゆる心身症が医学界の大きな課題となり、学徒らにおいては「不定愁訴症」<sup>(9)</sup> が教育者、医学者らの重要な関心事となってきた。

なお、従来からみられていた精神神経症（ノイローゼ）また、最近では思春期病などがますます増加する傾向がみられる。その間、症状的にみると自律神経失調症<sup>(10)</sup> または心身相関の無感情症などの新しい病名も新生されるなど、精神神経系の症状をもったものがやっかいで対策困難な問題を提起しつつある。

## 2 ストレス作用要因に対応する防衛反応の研究（瀬戸）

ふり返って、一般社会人について考えても健康上の諸問題をかかえているものが以外に多く、昨年の東京都の都民健康調査において約53%の者が健康に対する不安をもち、その中には「疲れやすい」「運動が不足していて、眠りにくい」などの訴えが極めて多かった。

1975年の労働省の調査<sup>(11)</sup>においても全く元気に働いているはずの勤労者のうち、約70%の者が「疲れやすい」「元気がない」などという自覚を持ち、約30%の者がなんらかの「慢性持病」をもっているといっている。

これらはいわば、半健康人あるいは半病人ともいわれるべき存在であって、決して、W・H・Oの健康を定義した「身体的、精神的そして社会的にも完全に良好の状態」にあるとはいえないであろう。

事実、国民の総医療費は年々増加し、1975年のそれは約6兆4千779億円に達し、国民1人当りの年間医療費は約5万7千円にもぼっている。これを前年度に対する比率から考えると、国民所得の伸び率が年間約12%であるのに対し、医療費の伸び率は年間約20%を越えている。しかも、1976年には約7兆7千300億円と推定される。

国民生活の物質的、経済的向上が常にとげられているのに、また、医学が日進月歩の向上をとげているのに、なぜ、このような国民の防衛体力の低下が招来されているのであろうか。

私は現代生活の矛盾の重要なものとして、物的条件の過重視即ち、精神面の軽視、それらと並んで各個人の自己内省の等閑視があげられるのではなかろうか。仏説に「三界唯一心」といわれているようにとくに、心身の発育期にあるもの<sup>(12)</sup>に対しまず、健康と生命の尊厳性を指導することが第一義諦と思う。

現代の若者達は社会、公衆に対する過大評価の下に自己の生命や生活について反省するところが少ないのではないかといえないだろうか。<sup>(13)</sup> わずかな社会的条件の低下や些少のストレス作用などによって容易に身体の防衛能力を失い病

気、虚弱、失望、落胆などにおちてゆく者が少くない。

そしてなかには絶望、虚無感の実態のあきらかにされないようなケースの自殺<sup>(14)</sup>、あるいはその未遂者が増加していることが社会的問題となっている。この際とくに、年少者の自殺が多いことを注目しなければならない。考えようによればこれらは先にも述べたごとく、自分自身の社会的適応のわきまえない者達の衝動的行為ともみられるが、その責任は家庭、学校、社会の全体がおうべきものとも考えられる。しかしながら究極的には各個人の自覚ないしは生命に対する認識の諸問題であることから彼らに対する精神的陶冶あるいは自己訓練などによる防衛体力の増強の指導を強化すべきである。

本研究はまだようやく初段階に達したという状況に過ぎないが、今回は心身<sup>(15)(16)(17)(18)(19)(20)(21)</sup>の発育発達の配慮を行ないながら寒冷刺激に対する防衛体力の側面を観察し、あわせて、その維持、増強の方法などについても検討することとした。

ここに、その結果の一端を報告しておおかたの御批判を仰ぎたい。

## II 目的

カナダの Hans Selye<sup>(22)</sup> は Stress 学説を唱え、生体に刺激 (Alarm stimule) を加えると非特異的な生体反応を生ずることを Adaptation syndrome といい、心身に刺激をおこしたものを Stressor<sup>(23)</sup> という概念で体系づけようとした。これには物理的作用因子として、寒冷・暑熱・輻射線・騒音などがあり、化学的作用因子としては、酸素欠乏・ビタミン欠乏・ホルモン・諸種の薬品摂取などがある。また、生物学的因子として、細菌・その他の病原体の感染などがあり、さらに、精神的要因としては、精神感動・精神的恐怖・憂悶などがあげられる。

これらに対する生体の Stress 相を3期に分けて、第1期を警告反応 (Stage of alarm reaction) とし、これをさらに、ショック相、カウンター・ショック相の2相に細分している。第2期を抵抗期 (Stage of resistance)、そして、第3

#### 4 ストレス作用要因に対応する防衛反応の研究 (瀬戸)

期を疲憊期 (Stage of exhaustion) としている。

現代の社会機構の中で人々は肉体的労働の機会を軽減され、生活環境も次第に改善されつつあるが、それに反して、精神的には過緊張状態におちいり、精神的・心理的ストレスはますます複雑多様化しつつある。これが先に述べた半健康人化傾向の深刻な背景になっているようである。

ここに、心身におよぼす諸種のストレス作用要因の本質と実態を些少なりとも究め、これに対応する方策をそれぞれの発育発達段階に応じて、心身の防衛体力を高めようと意図するものである。

そこで、本研究においてはすべて人体実験とし、ストレス作用を与えるものとして、作用条件を一定にしやすい寒冷ストレッサー(冷水 $5^{\circ}\text{C}$ )を用いることとした。なお、発育発達段階に応じた被験者即ち、青年層、中年層の男女及び老年層の男子を選び、冷水の中に両脚の下腿中程までを6分間浸漬するという、同一ストレス作用を与えることによって起る生体反応(防衛反応)の消長を追究して、適切な鍛練方法などをみいだそうとするものである。

ここでは主に、血圧、心拍数、指尖容積脈波、呼吸、体温、皮膚温及びこれらと心拍効果とを総合的に観察した生体防衛反応の時間的推移を中心に報告する。その他に心電図、筋電図、眼振電図などを同時に観察した。

図および表は編集の都合上巻末に一括して掲載してある。

### III 実験の方法

#### a 実験の対象

すべて人体実験とし、被験者の年齢階層別は青年層(大学生18~22歳)の男女それぞれ5名ずつの10名、中年層(体育教官30~45歳)の男女5名ずつの10名、老年層(55~65歳)の男子3名の計23名とした。

測定場所は主に大谷大学保健体育相談室及び日本生活医学研究所、その他京

都大学医学部附属病院老年科研究室に於いて実施した。なお、実験の環境条件としてはほぼ室内の中等気温(20~24°C)を保つことにとめた。その他、気流については十分に配慮し気湿、気圧も測定した。

#### b 測定装置

① 三栄測器製のテレメーター方式(271)・8チャンネル多用途監視記録装置(Polygraph)を用いて、筋電図(2ch)、心電図、呼吸曲線、眼振電図(2ch)を紙送りスピード1秒間に30mmで自記した。②血圧測定はリパロッチ(Riva-Rocci)の水銀血圧計を用いた。③ 指尖容積脈波は福田製の二段較正形光電式脈波計(PT-551A)に心電計(RS-102F)を連動して紙送りスピード1秒間に25mmとし、スケール4分の1で自記した。④皮膚温はNCS式(THR-C) Thermistor(図2)を用いた。⑤体温は仁丹の1分計を用いた。

#### c 測定の姿勢

台上椅座の水槽移動方式(図1)を採って被験者の測定姿勢と記録の安定をはかった。台上椅座としては両脚の足底が床面より約40~45cm離れるように自然に垂下し、水槽への両脚の出し入れに際しては、被験者の主動的動作が加わらないように補助者によって水槽の移動を行なった。

手の位置は被検指の前腕部が心臓の位置になるように肘台で調節し、肘関節以遠の内側部及び手掌部が平盤上に軽く密着するようにして安定をはかった。

#### d 測定条件の設定

ストレッサーとしては、冷水5°Cを用い、作用部位は両脚の下腿中程までを浸漬した。

作用条件は6分間浸漬した後、直ちに退水して40分間解放し、その間の浸漬6分間及び解放40分間の生体反応を観察した。

測定部位としては①血圧は左上腕部で測定した。②心拍数は指尖容積脈波の波幅10個の平均値より算出した。③指尖容積脈波は右手のひとさし指の指尖の

## 6 ストレス作用要因に対応する防衛反応の研究 (瀬戸)

爪床部に光源が当るように「受光セル」(検出装置)を装着した。④呼吸曲線は端子を鼻腔口に装着し、呼吸数は波幅の5個の平均値より算出した。⑤体温は舌下温で測定した。⑥皮膚温は左手ひとさし指の爪床部内側と左脚腓腹部中央の浸漬境界部直上の2点とした。皮膚温測定<sup>(41)(42)(43)(44)(45)</sup>の留意点としてはNCS式 Thermistor の指針が安定するのに10数秒を要することから、手及び脚のそれぞれに Thermistor を用いて安静時、浸漬時及び回復時の実験期間中、測定部位にエレメントを密着させたまま目盛を読んだ。なお、検者の指の温度の影響を防ぐ<sup>(46)</sup>ために、エレメントより遠い部分即ち図2にみられるように端子の太い部分を持つことに留意した。その他に、⑦筋電図は双極誘導でペストを用い、右脚の腓腹筋及び前脛骨筋とした。⑧心電図は胸部2点間誘導(C5-C5R)でペストを用いた。⑨眼振電図は双極誘導でペストを用い、左・右の目尻及び片眼の上・下とした。

なお、測定の初めにあたっては被験者に20分間以上の安静時間を確保した。

### e 測定項目及び指標の算出方法

青年層・中年層・老年層の年齢階層別、性別に安静時、浸漬時及び回復時における測定値、変動値及び変動率を求めた。①血圧は最大血圧、最小血圧及び脈圧とし、1分毎に測定した。②指尖容積脈波曲線によって波幅(10個の平均値)から心拍数、波高(10個の平均値)及び心拍効果をそれぞれ30秒毎に求めた。③呼吸曲線によって波幅(5個の平均値)から呼吸数及び波高(5個の平均値)を30秒毎に求めた。④体温は舌下温で3分間はかっては繰り返し測定した。⑤皮膚温は左手指及び左脚下腿腓腹部中央で30秒毎に測定した。

生体反応を総合的に観察するために①心拍効果、心拍数及び血圧と②心拍効果、心拍数及び皮膚温などから検討した。

安静時の値：A 浸漬時・回復時の値：B

変動値：B-A 変動率(%)： $\frac{B-A}{A} \times 100$

分時心拍効果<sup>(47)</sup>：被検者の波高(5個以上の平均)  
 健常者の若年標準波高(40 mm) × 分時心拍数

脈圧値：最大血圧値－最小血圧値

#### Ⅳ 実験の結果

##### (1) 指尖容積脈波の原理と応用<sup>(48)</sup>

原理；指尖容積脈波は心拍ごとに生ずる動脈圧の変動が末梢に伝わり，末梢血管に容積変化を起こさせる。この容積変化を光学装置を用いて電氣的エネルギーとして検出し，これを脈波曲線として記録する装置が光電式脈波計である。この脈波曲線から非観血的に心臓ならびに動脈管についての動脈状況の情報がえられる。

本来，脈波形はある水準の血液量が量的変動を生じた変化部分だけの様相を表わしている。したがって，量的変動の母体である水準血液量が変わってくると，波の振幅の大きさも変わってくる。

このようにして脈波の形，大きさ，振幅などを知ることによって，末梢における毛細血管の容積変化を通して，その流量を推測するのがこの脈波計の原理である。

臨床的に，吉村らは①波高の正常値(臥位)は30～50mm(3.0～5.0mv/v)であり，30mm以下の場合には心拍出量の病的減少あるいは末梢循環障害でも波高は低くなるとしている。②心拍効果の正常値(臥位)は60～70で，心不全では40以下が多く，貧血患者のように心拍出量の多い対象では90以上になるとしている。なお，心拍出量と心拍効果は強い正の直線相関を示すことが確かめられている。

応用；ストレス現象特有の変化を究明するには，循環器系においては末梢の毛細血管血流の消長及び心拍出量の動向を把握することが重要であると考えられる。その方法として最近，臨床領域における循環器系疾患診断の一つとして用いられている指尖容積脈波計によって，種々の刺激を負荷する過程での変化を連続

的に自記することが、比較的簡易で適切であるという知見をえた。

指尖容積脈波に影響する諸因子のうち、体内の主として循環器系<sup>(49)</sup>としては①心筋の収縮力 ②心筋の収縮時間 ③心室の容積 ④心筋張力および縮張力の持続時間 ⑤弁口の異常などがあげられる。

さらに、体外的な因子<sup>(50)</sup>としては ①透過光線の局所 ②被検指尖の固定状態 ③被検指尖の位置（心臓とほぼ同じ高さ）④測定室温 ⑤精神・心理的影響などが考えられる。特に、被験者は実験台にのぼるとき無意識的な緊張をすることがあるので、それらの作用も前もって除外するように工夫しなければならない。

ここでは、体外的な因子を中心に2,3の事例について方法論的な検討を加えた。

## (2) 方法論的検討

### a 測定姿勢の変化による波形の動揺

図3よりみるに、1)は被検指尖部の受光セル装着の不完全やその部位が支持台よりういている場合の不安定な波形である。4)および5)は、両脚を冷水中に浸漬中に脚を動かしたり、話をした場合の波形の乱れである。2), 3)および6)は両脚を水槽に出し入れしたときの波形である。2)は椅座している椅子と同一床面に水槽を置いた場合で、そのときには上体や下肢の動きが大きく変化するので波形の乱れも激しく、安定した脈波に戻るのに時間を要した。3)では、2)のような身体の動揺を防ぐために、図1の台上椅座とし、補助者によって水槽を移動する方法をとったが、なお、被験者が主動的に脚の出し入れをすると、まだ波形に短時間ではあるが乱れを生ずる。そして、6)では補助者による水槽移動にまかせて、被験者の主動的動作が加わらないように指示して行なったもので、この場合には、波形にほとんど乱れがみられず、正確で再現性のよい脈波が得られた。乱れた脈波が正常に戻るのに3～5秒を要した。



**b 精神的・心理的影響による脈波の変化**

精神的ならびに心理的な影響を、みるために行なわれた実験の結果は次のようである。

図4の上図Aにおける脈波は左半分が平常時で、右半分が安静時であるが、これは定形的な実験前および冷水浸漬直後にみられると同様な、脈波高のスタイルを示すものである。これに対し、下図Bの左半分は安静時で、右半分は冷水浸漬直後であるが、すでに、安静時中に冷水浸漬の自己暗示を受けて、あたかも冷水浸漬のような反応を示した。すなわち、実際は浸漬していないにもかかわらず、心理効果としては、すでに、冷水浸漬の感受作用を受けた脈波高があらわれている。

図5はいずれも先と同様に、心理的效果を検討するための実験結果である。

A図は冷水浸漬から解放後、7分頃の回復曲線であるが、B図においては、「もう一度冷水浸漬をしよう」と、いって、他から暗示を与えたときに示した脈波高で、再度浸漬と、ほとんど同じような変化をあらわしている。

C図は心理的ストレスを受けたままの脈波高を示しているときに、「再度浸漬は止めよう」と、声をかけたときの解放感による、脈波高の回復状態を示す。

D図はストレスの心理効果が、まだ、充分回復していないとき、「0°Cの浸漬をはじめよう」と、警告を与えたときのショック相の脈波高である。

以上によって、人体がいかにかに心理的あるいは精神的な暗示ないし警告によって、重大な身体的ストレス作用を受けるか、ほとんど予期以上ともいふべき、指尖容積脈波による衝撃波形の受像をみることができた。換言すれば、外部からの心理的なストレス作用は、物理的作用と、ほとんど同様な強い循環器系の障害を受けることを知った。

**c 浸漬時間および観察点の検討**

図6は寒冷刺激の作用時間および観察点の時間間隔、そしてストレス作用に

よる最低値発現の様相を検討するための実験である。

被験者は男子 T.I. 例(21歳)の同一人についての3分間浸漬と6分間浸漬における、脈波高(A図)および心拍効果(B図)の消長を同時に示したものである。

A図は脈波高を示し、タテ軸に波高を4分の1スケールでとり、ヨコ軸に時間経過をとった。浸漬中のショック相と思われる様相を観察するために、連続的に記録した波高10個の平均値で、ほぼ10秒間隔に観察点として示したものであるが、最低値の発現が浸漬後1分間までに現われたことから、その後は30秒間隔で示した。

その結果をみるに、浸漬後波高は減少し、スケールを1としてみたとき、浸漬直後で約10 mm強であった波高が、その後30秒から1分の間でほぼ最小値となり、約10 mm以下となる。それ以後は浸漬中にもかかわらず、いわばカウンター・ショック相と思われる様相を示し、次第に波高は高くなって、約3分後より顕著な増大がみられ、ほぼ正常値に近い定常状態で推移している。

B図は心拍効果から血流の動向、すなわち、心拍出量を非観血的にみようとするものである。

その結果は浸漬直後で指数約25であったものが、浸漬30秒から1分の間では15から20と最小値になっている。3分を過ぎると顕著な増大を示して50から80に推移し、ほぼ正常値に近い状態で波高と同様の様相を示した。

以上の結果から、まず冷水浸漬の作用時間設定についてみるに、3分間浸漬して後解放した場合と、6分間浸漬した場合の両者とも、3分を経過する頃より波高も心拍効果も明らかに増大し、やがて正常値に移行する様相は両者ほぼ同様のパターンであった。これが同質のものであるかどうかについては、今後の追究が必要である。<sup>(64)</sup>

これらから、冷水刺激による最低値発現状態の、ストレス作用だけを観察しようとするならば、1分間内外の浸漬時間でもよいであろう。しかし、これを

ショック相と見做し、浸漬後3分過ぎからの波高および心拍効果の一時的増大を、カウンター・ショック相として解釈すれば、一連の生体防衛反応を観察しようとする場合には、少くとも3分から5分間の浸漬時間の設定が必要であろうと推論される。今回の実験では単独寒冷刺激に対応する防衛反応の追究ということから、冷水の作用条件として6分間の浸漬時間を設定することとした。

つぎに、観察点の時間間隔と各測定値の平均値の求め方であるが、臨床的診断における心不全などの心機能の判定の立場から、ばらつき誤差、すなわち再現性の問題が論じられている。指尖容積脈波は健常者では易変性があるので、再現性の評価には留意すべきことを指摘している。吉村らは30秒間の脈波をとって、その全部の測定値の平均値をとっているようであるが、今回は冷水浸漬直後から1分過ぎまでは、15秒間の全部の測定値の平均値とし、それ以後は30秒毎に、その前後の10秒から15秒間における、脈波10個の平均値とした。

### (3) 血圧の性別、年齢階層別の消長

血圧は最大血圧、最小血圧、脈圧について、寒冷ストレスに対する消長を時間的に追ってみた。

表1は浸漬時における最高値または最低値の発現状況を、性別に青年層、中年層、高年層別に血圧、指尖容積脈波(波高、心拍数、心拍効果)呼吸(波高、回数)皮膚温(左手、左脚)について、安静値、測定値、変動値、変動率を示したものである。なお、表中の直は直後値で浸漬10秒から15秒ぐらいまでのものであり、高は最高値、低は最低値である。

表2は冷水から解放後の回復時の血圧、指尖容積脈波における、数ヶ所についての観察点の値を示したものである。

#### a 血圧の全般的傾向

図7は青年層男・女、図8は中年層男・女、図9は高年層男子の最大・最小

## 12 ストレス作用要因に対応する防衛反応の研究（瀬戸）

血圧および脈圧の測定値の安静値、浸漬時6分間と冷水解放後の回復時15分間または40分間の消長について示したものである。全般的にはそれぞれの年齢階層、各項目いずれも冷水浸漬と同時に上昇し、ほぼ1分過ぎから3分で最高値に達して、それからは冷水に浸漬中にもかかわらず、次第に下降を続けて、冷水から解放後12分から14分でほぼ回復している。

### b 最大血圧

年齢階層別にみると表1の変動値からも解るように、最高値に達するのは青年層では冷水浸漬後3分で約30 mmHg上昇し、中年層ではやや早い傾向を示して、すでに1分30秒で約20 mmHg、高年層では3分で約49 mmHgも増加している。

図10は最大血圧の変動率を性別、年齢階層別にみたもので、表1の変動率と合わせて、これらの関係をみると、高年層が最も大で約42%、ついで青年層の約30%、そして中年層が最も小で約20%の順であった。

性別では女子は男子よりもわずかに高い傾向がみられた。しかし冷水解放後の回復時のほぼ12分以降になると、図10および表2の変動値、変動率からもほとんど性別や年齢階層別な相違は認められなかった。

### c 最小血圧

図11は最小血圧の性別、年齢階層別変動値の消長である。ほぼ冷水浸漬後2分で最高値に達し、それからは最大血圧に対応しながら、次第に減少して安静時に回復する。

年齢階層別に表1の変動値から最高値をみると、青年層では2分で男子が約23 mmHg、女子が約29 mmHgと上昇し、中年層では男子が2分30秒とやや遅く現われて約21 mmHg、女子では逆にやや早く1分30秒で現われて25 mmHgと最も増加が少なく、高年層男子では約27 mmHgであった。性別について図11および表1の変動率でみると、男子はいずれもほぼ30%代であるのに対し、

女子は約45%と10%から15%上昇率が高い。これを最大血圧と比較すると、高年層を除いて、男・女とも15%から20%高かったことは注目される。

回復時についてみると図11および表2の変動値，変動率からも明らかなように、冷水解放後5分以降では格別な性別，年齢別の相違が認められず，12分ではほぼ安静時に回復している。

#### d 脈圧

図12は脈圧の性別，年齢階層別変動率の消長である。

年齢階層別に浸漬時について，表1の変動値よりみるに，青年層では3分で約6 mmHg 上昇し，中年層では2分から3分で約1 mmHg と最も増加が少なかったのに対して，高年層では実に約26 mmHg と最大値を示している。

性別について図12の変動率および表1からみるに，中年層女子が浸漬時ならびに回復時を通して，ほとんどマイナスの様相を示していることは特徴的である。しかし高年層男子では，浸漬直後から急激な上昇を続け，安静時約46 mmHg であったものが，浸漬後3分には約72 mmHg と最高値に達して，それからゆるやかな下降曲線を描きながら，冷水解放後ほぼ12分で回復している。

### (4) 指尖容積脈波の性別，年齢階層別の消長

#### a 心拍数

図13は心拍数の性別，年齢階層別測定値，変動率の消長である。<sup>(6)(7)</sup>

年齢階層別にみるに，各年齢層とも浸漬直後に増加の傾向を示し，最高値発現時間では青年層男子および中年層男・女は浸漬直後であるのに対して，青年層女子は1分30秒，そして高年層男子は3分に現われている。しかも最高値発現後は浸漬中に，すでに回復の傾向を示して，冷水解放後においてもほぼ同様の様相で推移している。

表1より性別についてみると，測定値における最高値の比較では，男子より

も女子の方が1分間で約10回から15回多い値であった。つぎに、これを変動値でみると青年層男・女と中年層女子では約15回から18回、変動率にして約25%もの増大がみられたのに対し、中・高年層の男子では変動値で約3回から6回、変動率にしても約5%から8%とわずかな増大であった。さらに、図13の変動率の消長からみるに、男子では浸漬後4分頃より冷水解放後15分を経過してもマイナスの様相を示し、女子ではわずかながらプラス傾向で推移していることは、性差とも考えられる。

#### b 脈波高

図14は脈波高の性別、年齢階層別測定値の消長である。全般的にみると各年齢階層を通して、浸漬直後から急激な低下を示し、浸漬後30秒から1分間にして最低値に達し、それから次第に上昇して約3分から4分で安静値に回復するが、その後も依然上昇を続ける<sup>(6)</sup>。そして冷水解放後1分から3分で最高値に達し、それから約30分以上プラトー状態を持続している。

図15は青年層男・女脈波高の変動値、変動率の消長である。

つぎに、年齢階層別にみるに、図14の測定値および図15の変動値、変動率から青年層はゆるやかな低下曲線を示しながら、その最低値も大であるが、回復も比較的早く、図15からも解るように浸漬中2分30秒から3分30秒で、すでに安静値にもどる。とくに男子では浸漬時後半から冷水解放後5分頃まで、その波高がかなり大であることが注目され、表2の変動値、変動率からもうかがわれる。これに対し高年層は急激な波高の減退を示し、回復時は遅く、しかも回復後の波高もそれほど高くない。また中年層はほぼ両者の中間状態を保っている。

さらに、性別についてみるに、低下の速度の違いはみられないが、女子の波高の減退は各年齢階層ともかなり大である。しかも浸漬時後半に安静値に回復して後から、冷水解放後においても、表2の回復時の変動値、変動率からも

明らかのように、男子よりもかなり小でマイナス傾向すらみられる。

### c 心拍効果

図16は心拍効果の性別，年齢階層別測定値の消長である。全般的様相については先に述べた，脈波高とかなりよく似た傾向を示す。すなわち冷水浸漬後ただちに心拍効果は，減少し始め30秒から1分30秒の間に最低値となる。しかしその後回復に向い浸漬3分から4分の間に安静時の値に回復し，しかもそれからなお上昇傾向を示す。そして冷水解放後約15分間もプラトー状態を保っている。

図17は心拍効果の性別，年齢階層別変動率の消長である。年齢階層別についてみるに特有なスタイルがみられる。すなわち高年層では下降の傾斜が急激であるが，その程度は比較的小さくとどまるのに対し，青年層，中年層はゆるやかに下降しながらも，その程度は中年層が最も大で，青年層がこれについている。

性別についても図17の変動率よりみるに，浸漬初期における低下の傾向については，あまり大きな相違はみられなかったが，回復時間では青年層男子がやや早く浸漬時の2分30秒で，ついで青年層女子，最も遅かったのが中年層女子の浸漬時5分であった。高年層男子では浸漬2分で一端回復したようにみられたが，再びマイナス傾向となり，この様相が冷水解放後2分過ぎまで持続していることは，この程度のストレス作用に対する適応力の限界とも考えられる。ただ青年層男子の浸漬中に安静値へ回復した後，ひき続いて起るかなり著明な上昇の状態に特異な現象がみられた。これは心拍効果の測定値ならびに変動値からみてもほぼ同様の様相であった。

## (5) 呼吸の波高，回数の性別，年齢階層別の消長

### a 呼吸波高

図18は呼吸波高の性別、年齢階層別測定値の消長である。浸漬直後各年齢階層を通じて、おおむね下降するが、すぐに上昇カーブに転じて、およそ30秒から1分間で最高値に達した。ただ例外的な様相を示すのは青年層男子で、約5分後に最高値に達するまでゆるやかな上昇を示した。

年齢階層別にみると、青年層では約16 mmから22 mmで推移してかなり高いのに対し、中年層は低く男・女ともに約11 mmから14 mmにとどまっている。これを表1の浸漬時における最高値の変動値、変動率からみるとより明らかとなる。すなわち変動値では青年層の男子2.7 mmと女子8.3 mmに対し、中年層の男子では安静値よりも低い-0.6 mmと女子1.4 mmとなっている。さらに変動率では青年層の男子15.7%と女子の45.9%に対し、中年層の男子-4.2%と女子の11.4%となり、この両者からも青年層よりも中青層が低く、しかも性別には各年齢階層とも男子よりも女子のが大であった。

#### b 呼吸回数

図19は呼吸回数の性別、年齢階層別測定値の消長である。各年齢階層に共通した現象についてみると、浸漬直後ただちに上昇し、それから間もなく減退の一途をたどって約3分から4分で最低値になり、再び上昇して冷水解放直後に、浸漬直後よりもむしろ高いレベルで最高値に達する。その後、下降しながら解放後約6分から7分ではほぼ安静値に回復する。

年齢階層別を図19よりみるに、浸漬直後の第1ピークと冷水解放直後の第2ピークの間には青年層、中年層とも中だるみの様相がみられるが、中年層はその間ほとんど安静値を下まわることはなかった。しかし青年層では男・女ともに、一時安静時をかなり下まわるネガティブ・フェイスとも思われる様相がみられた。

これを生理学的に考察するとき、第1のピークは急激なストレスによるショック相とみてさしつかえないものの、青年層におけるネガティブ・フェイスは、



ただちにピークにひき続いて起ることから、これは生理的な補償現象とみることができであろう。

また第2のピークの現われるのは、ネガティブ・フェイスにおける不足をカバーするためか、それとも解放直後の呼吸の抑制因子、すなわちストレスからの解放とみるべきかは、なお防衛体力的には再検討が必要かと思われる。

性別にみるに、表1より安静値では1分間に、青年層男子18.3回と女子18.6回でほとんど差がみられず、中年層の男子が19.4回で最も多く、女子は17.5回で最も少なかった。しかし浸漬直後の最高値の変動値、変動率では各年齢階層とも、いずれも女子が大で、とくに中年層女子が変動値で4.8回、変動率で27.4%と最も増大していたことが特徴的であった。なお最高値発現についてみると、表1の浸漬直後と表3の解放直後の変動値、変動率の比較からも解るように、中年層の男子だけが変動値で3.3回と2.9回で浸漬直後の方が大であり、他は解放直後が大であった。

#### e 呼吸回数と波高との関係<sup>(63)</sup>

図20は呼吸回数と波高の性別、年齢階層別変動値の消長である。呼吸回数と波高とをクロスして観察するに、浸漬直後においては先にも述べた如く呼吸回数が急激に増加するのに対し、波高はそれに対応して急に低下する。その後回復時では回数はプラスのレベルにあり、波高はほとんどマイナスの様相を示している。このことは、この程度の寒冷ストレス下においては単に呼吸生理の上からみても、ショック相ないしカウンター・ショック相が、まだかなり適応性を維持していることを意味するものと考えられる。

#### (6) 体温の性別、年齢階層別の消長<sup>(64)</sup>

図21は体温の性別、年齢階層別測定値の消長である。時間的推移をみるに各年齢階層ともに、冷水浸漬中表1の変動値にもみられるように、0.1°Cから0.25

°Cの範囲でわずかながら常に上昇をみたことは、まちがいのない適応現象といえることができよう。しかもこれらの傾向は、表3の回復時の変動値にもみられるように、ほぼ浸漬解放後約12分過ぎまで続けられていることは注目される様相といえよう。さらに、中年層の女子では回復時に至っても徐々に上昇して、解放後12分からは約0.3°Cの上昇をみたまま持続し、解放後40分になっても約0.45°Cと高い相を保ち、安静値に低下することはなかった。

#### (7) 皮膚温の性別、年齢階層別の消長

##### a 手指の皮膚温

図22は左手皮膚温の性別、年齢階層別測定値の消長である。一般的にみると指先の表面温度の安静値は約29°Cから33°Cで、浸漬直後から次第に下降し、浸漬後2分30秒から3分30秒で変動値にして-0.2°Cから-0.9°Cと低下して最低値に達するが、その後ゆるやかに回復して安静値へもどり、さらに上昇を続けてかなり安定した高原状態を浸漬解放後約30分間維持している。

年齢階層別にみると、それほど特有なパターンはみられないが、青年層女子においては少しく異ったリズム曲線を示している。これが青年層女子の特有な様相であるかどうかは、さらに例数をふやして追究する必要がある。

性別に比較するとき、今回の測定では女子の指先の皮膚温が常に男子よりも、年齢階層を問わず低かったことは、一般的な傾向として承認できるものと思われる。

図23は左手皮膚温の性別、年齢階層別変動値の消長である。これを変動値で見ると時間的経過が一層はっきりする。すなわち冷水浸漬直後から最低値への下降曲線、それにひき続いて起る回復曲線、さらに上昇ならびにプラトーの推移が年齢階層別、性別に明瞭に現われている。

##### b 脚部の皮膚温

図24は左脚皮膚温の性別，年齢階層別測定値の消長である。全般的様相をうかがうに，当然のことながら冷水浸漬直後，脚部の表面温度は下降するものの，その下降の程度はかなりわずかで，遠隔作用としての手指の表面温度の低下よりも，むしろ少なかったことは予想外であった。

性別に脚部の表面温度の推移を観察すると，表1からもわかるように女子は男子よりも安静値で約 $1^{\circ}\text{C}$ から $1.5^{\circ}\text{C}$ 低く，さらに浸漬30秒では約 $1.3^{\circ}\text{C}$ から $2.1^{\circ}\text{C}$ と温度差が大になったにもかかわらず，時間の経過とともに浸漬5分以後，温度差が極めて接近しながら高原状態を持続している。この現象はあるいは女子の直接寒冷刺激に対する抵抗力とみることができるとも考えられる。

図25は左脚皮膚温の性別，年齢階層別変動率の消長である。性別の特徴を変動率の消長からみると，女子においては寒冷刺激に対する持続的な抵抗力が，男子よりも大きいことが一層はっきりする。男子ではこのように浸漬直上部の腓腹部の表面温度が，浸漬解放後も安静値に回復することが容易でないのは，浸漬による冷水の直接的な伝達作用の一面とみることができよう。さらに推測が許されるならば，この現象は女子の皮下脂肪の厚さにも関係しているものと考えられる。

## V 成績ならびに考察

### (1) 心拍効果，心拍数，血圧の<sup>(6)</sup>関係

指尖容積脈波による心拍効果および心拍数と最大血圧および最小血圧の関連について，図26から29を資料に考察する。

図26と27は青年層の男子および女子の心拍効果，心拍数，血圧の測定値の消長であり，図28は中年層男・女，図29は高年層男子のものである。

1) 心拍数と心拍効果；浸漬後心拍数はすべて増大してくるのに対して，心拍効果は一時的にはかなり著明な低下を示す。これは一応末端におけるショッ

ク相として観察することもできるが、全身的に考察するには、この期間における血圧の消長をみることも必要である。

2) 心拍効果と血圧；心拍効果は心拍出量と直線的な正の強い相関にあるといわれていることから、心拍効果が一時的に著明な低下をしている、この期間において最大血圧および最小血圧がともに上昇して、増大していることは全般的な不適応現象とは診断されないものと思われる。それを裏付けるように、一時低下した心拍効果は間もなく上昇して、むしろ平常値を上まわる様な傾向をみせるが、この頃になるとそれを補償するかのようになり、最大血圧および最小血圧は次第にゆるやかな低下現象をみせる。

そしてむしろ血圧が下降し、同時にある程度心拍数も低下の傾向を示すが、心拍効果は浸漬時後半から浸漬解放後しばらく平常値よりも高い高原状態を保ち、やがて安静値へもどる。

## (2) 心拍効果, 心拍数, 皮膚温, 体温の關係

図30と31は青年層の男子および女子の心拍効果, 心拍数, 皮膚温, 体温の測定値の消長であり, 図32と図33は中年層の女子および男子のものである。

1) 皮膚温と体温；この関連についてみるに、これらの現象を遠隔作用としての手指の先の急激な冷却現象と対比して考えるとき、末梢としての手指の先のすみやかな皮膚温の低下は、ショック相としてのやもえない生理作用とみられるのに対し、全身的な血液循環を意味する体温は、寒冷に拮抗して上昇したものと考えられる。

2) 左手皮膚温と心拍効果；左手における皮膚温の消長は、寒冷刺激による遠隔作用としての、一つの末梢現象として観察することができるが、同時にまた心拍効果は、末梢における循環機能のストレス現象として観察される。

末梢における皮膚温は、心拍効果とほぼ似たような曲線の様相を示すが、し

かしましたかなり異った特徴も現われている。すなわち皮膚温は極めてゆるやかな、しかも軽度の下降を示すのに対し、心拍効果は極めて短時間に、しかも急激な変化をきたすことがよくわかる。このことは寒冷刺激によるストレス作用で、循環機能に対しては条件反射的に作用し、遠隔作用としてまず四肢における毛細血管が急激な縮小を示すことを物語っている。これに対し皮膚表面温度は同じく、主として毛細血管の縮小、すなわち動脈血流の減退によって冷却するものの、それらの皮膚表面温度への伝達ないし対流効果の遅延によって、冷却期間を遅らせるものと推測される。

しかしいずれにしても Selye, H. の第1期警告反応期のショック相に引き続いて、カウンター・ショック相が現われることによって、まず心拍効果が急激に上昇するのに対して、やや遅れながら皮膚表面温度も次第に上昇して、第2期の抵抗期に相応する高原状態を招来するものと推察される。

3) 左脚腓腹部皮膚温と心拍効果；冷水に浸漬した下腿の直上の腓腹部における皮膚温は、予想に反して直後においてはほとんど下降しなかった。ただ女子においてはわずかな下降曲線のみせたが、それでもほんの一時的なもので、全体としてみるときはほとんど下降曲線を示さなかった。それは青年層、中年層においてもほぼ同様であった。

これらの関係をさらに詳細に検討するために、変動値および変動率でみると、浸漬時にわずかなマイナス値を示しながら、浸漬解放後5分以降でわずかながらプラス曲線を示している。ただし青年層の男子は浸漬時より終始マイナス値にとどまっていた。

これは先に述べた遠隔作用としての、手指の先の皮膚温とくらべてかなり対照的な傾向といえる。その根拠として考えられるのは、下腿の中ほど、すなわち腓腹筋の中央部に相当する部分は、身体の末梢(手指あるいは足指)から遠ざかっており、必ずしも全面的な末梢的適応現象が現われなかったとみることが

できよう。またこの部分においては指尖と異なり、かなり皮脂厚が大で、表面血管の影響もかなり現われにくい状態も考慮にいれなければならないだろう。

このようなことから、浸漬直上部における皮膚温の下降は、主として皮膚および皮下組織の伝達作用によるものであることを考えるとき、これらの熱伝導が極めて小さいことから、直上部の温度がむしろ指尖における皮膚温よりも冷却が少なく、変動の度合も小さいことは、生理的にも当然な現象としてうなづくことができる。

これが先にも述べた心拍効果の変動曲線と、必ずしも類同する傾向を示さない根拠でもあろう。

## VI 要約

1) すべて人体実験とし、ストレッサーとして冷水 5°C の中に両脚の下腿中ほどまでを6分間浸漬した後、直ちに退水して40分間を回復時とした。

2) 身体がどのようなストレス状態におちいるかをうかがうために、血圧、指尖容積脈波、心拍効果、心拍数、呼吸数、皮膚温(左手、左脚)、体温などによって同時に時間的推移から生体防衛反応を観察した。

3) 被験者は青年層、中年層の男・女各5名づつと、高年層の男子3名の計23名とした。

4) 血圧は浸漬直後から上昇するが、浸漬中にもかかわらず、やがて低減の様相を示し、浸漬解放後間もなく平常値に回復する。これを年齢階層別にみると、高年層がもっとも大きな影響を受け、次いで青年層、中年層が最も少いストレス状態を示した。

5) 心拍効果は血圧や体温とは対照的に、浸漬とともに急激な減退をし、ショック相とも思われる様相を示し、やがて回復しカウンター・ショック相のパターンを示した。

6) 心拍数は浸漬直後に増加し、浸漬中にすでに回復の傾向を示すが、男子では浸漬時後半から解放後もマイナス値の傾向を示すが、女子はプラス傾向で推移する。

7) 呼吸数は男・女ともに浸漬直後と解放直後にほぼ同じレベルのピークがみられ、その間には中だるみの様相を示すが、女子でネガティブ・フェイスとも思われる減退の様相を示した。

8) 体温は浸漬とともにわずかながら上昇し、やがてプラトー状態となって推移するが、中年層女子は解放40分を経過しても高い相を保っていた。

9) 手指の皮膚は浸漬後間もなく下降をはじめますが、やがて浸漬中にもかかわらず上昇し、平常値より高いプラトー状態となり、解放後もかなり持続する。性別では年齢階層の別なく、女子が男子よりも低かったことは、一般的な傾向として承認できるものと思われる。

10) 脚の皮膚温は浸漬後わずかながら低下する。女子では手指と同様に間もなく平常値よりも高いプラトー状態を続けるが、男子では浸漬中回復することなく、解放後も平常値ないしそれ以下のマイナス値で推移している。この現象はあるいは女子の直接寒冷刺激に対する抵抗力とみることができるとも知れない。

以上のことから、体育運動やスポーツの際におけるときに、とくに警戒を要するのは、外部からの寒冷に敏感に対応する末梢<sup>(9)</sup>、すなわち手・足などであって、我々が寒いときに手袋、靴下、足袋などを利用してきた生活経験なども、このような実験の結果とあい符合するものがあり、耐寒訓練や凍傷予防における対策としての一考を要する点である。

そしてこのように身体の局所に与えられた、急激な刺激によって、遠隔的ないし全身的生体反応をおよぼすことは、たとえば冷水摩擦や乾布摩擦などによって全身の鍛練効果ないし抵抗力の増大への方向性を示唆するものと推測する

ことができる。

Selye, H. が述べているように、警告反応期、抵抗期、疲憊期の様相をかなり適確にとらえることができたが、警告反応期におけるショック相とカウンター・ショック相の区別は、必ずしも明確には判定しにくいものがある。それはこの程度のストレスでは、まだかなり防衛反応が強く働いて、ショック相が比較的弱く、たくましいカウンター・ショック相が顕在化してくるためと思われる。しかもそれらは各々の生体機能の中で、かなり合目的すなわち生理的に抵抗力が営まれており、主観的にはほとんど耐えられないほどの苦痛を感じながらも、防衛反応はまだ巧妙にたくましく続けられていると思われる。

#### 附記 本研究経過の概要

本研究はまだようやく初段階に達したという状況に過ぎないが、その経過の概要を略述すると次のようである。

ストレスの要因、背景などについてはカナダの Montreal 大学の Hans Selye の Stress 学説以来多くの報告があるが、私は保健体育学的立場より、主に人体実験を中心としながら、動物実験をも含めて、心身の発育発達の配慮を行ないながら、まず、ストレスの本質と実態を究明するとともに、その障害の排除ないし軽減する方法を追究する目的で、これまでに、ストレッサーとして寒冷(冷水 5°C)、暑熱(温水 30~50°C)、騒音(audiometer による純音)、薬物(noradrenalin)などの単独刺激およびこれらとの複合刺激、さらに、冷・温交互浴刺激、冷水反復刺激など、その他の環境要因も考慮してそれらが生体に及ぼす影響を、血圧、心拍数、体温、皮膚温などについて追究してきた。

次いで、ストレスの基本的な「general adaptation syndrome」(汎適応症候群)としては、自律神経系の反射的機能障害が主な要因とされていることにかんがみ、ストレス現象特有の変化を究明するには、これらのほかに循環器系においては、末梢の毛細血管血流の消長および心拍出量の動向を把握することが重要であると考えるに至った。

その方法として、最近、臨床領域において循環器系疾患診断の一つとして用いられている光電式脈波計によって、種々の刺激を負荷する過程での変化を、指尖に迅速かつきわめて敏感に指尖容積脈波として、非観血的にとらえて、しかも、連続的に記録することが比較的簡易で適切であるという知見をえた。

これによって、上記の実験をするとともに履歴効果の実験を加え、生体防衛反応としての「構え」もしくは「予備状態」を観察してきた。その他に、動物実験として Ther-



mostrom uhr を用いて、体内血流動態を追跡してきた。

さらに、心身のストレスに対する反応を総合的に観察するために、上記の実験に加うるに、テレメーター (telemeter) 方式による多用途監視記録装置 (Polygraph) を導入して、心身の発育発達の配慮を行ないながら寒冷刺激に対する防衛体力の側面を観察し、あわせて、その維持、増強の方法などについても検討しようとするものである。

追而・本研究においては Ageing 研究グループの多数の先進同友の指導と協力を得た。また被験者らは極めて苦痛な実験にもかかわらず、忍耐と勇気をもって積極的に参加されて援助を得た。

なお、本論文の稿を終るにあたり、御指導、御校閲を賜りました京都大学名誉教授川畑愛義先生に深甚の謝意を表します。

本論文要旨は第28回日本体育学会(1977,10,山梨大於)にて一部口答発表した。

#### 参 考 文 献

- 1) 厚生統計協会：国民衛生の動向：123, 1976.
- 2) Kawahata, A. & Seto, S. et al.: Growth and development of Japanese students and its contributing factors., Re. J. Phy. Education 15(4) : 237-247, 1971.
- 3) 瀬戸進：我が国学徒の第2次大戦後における体位の発育発達勾配に関する研究(第1報), 大谷学報, 51(3) : 1-23, 1971.
- 4) 瀬戸進：同上, (第2報), 大谷学報, 51(4) : 1-28, 1972.
- 5) 瀬戸・川畑ほか：日本人学徒の体位の促進現象に関する研究(第2報), 日本学校保健学会第21回誌 : 22, 1974.
- 6) 文部省：昭和50年度学校保健統計報告書, 文部省, 1976.
- 7) 新城之介・吉村正治：若年性動脈硬化 WERNER 症候群, 総合臨床, 1804 : 13, 1964.
- 8) 木村隆夫：小児の体質と自律神経機能, 日本医事新報, 2448 : 25-29, 1971.
- 9) 阿部達夫：自律神経失調症の背景, 治療薬報, 705 : 3-6, 1970.
- 10) 阿部達夫, 他：精神身体医学と自律神経失調症, 精身医, 3 : 262, 1963.
- 11) 厚生統計協会：国民衛生の動向 : 305, 1976.
- 12) 川畑愛義：新しい健康観を求めて, 生命科学振興会, 2(5) : 22, 1975.
- 13) 鈴木・川畑ほか：児童生徒の健康に関する生活調査, 第2報, 生活環境適応と健康観の関連について, 日本学校保健学会第21回誌 : 74, 1974.
- 14) 石井完一郎：京都大学学生自殺者の追跡調査結果, 京都大学学生懇話室紀要, 第1輯, 1971.
- 15) 瀬戸・川畑ほか：ストレッサーによる自律神経系の機能に関する研究, ~方法論的

26 ストレス作用要因に対応する防衛反応の研究(瀬戸)

- 検討～, 学校保健研究, 14(3), (第18回日本学校保健学会): 125, 1972.
- 16) 瀬戸・川畑ほか: ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第5報), ～ストレスラーに対する鍛練効果～, 日本体育学会第23回大会誌: 516(11・10), 1972.
- 17) 三宅・瀬戸ほか: ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第6報), ～寒冷等をストレスラーとして～, 第26回日本体力医学会総会誌: 51(180), 1972.
- 18) 平野・瀬戸ほか: ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第7報), ～反復寒冷刺激に対する生体反応～, 日本衛生学雑誌, 28(1): 179(401), 1973.
- 19) 木村・瀬戸ほか: 防衛体力の環境医学的研究(第1報), ～生体内血流測定方法の開発について～, 日本体育学会第25回大会誌: 238(526), 1974.
- 20) 瀬戸・川畑ほか: ストレス現象における脈波に関する研究(第III報), ～警告刺激の与え方と冷水刺激に対する構えについて～, 日本体育学会第26回大会誌: 441(823), 1975.
- 21) 木村・瀬戸ほか: 防衛体力の環境医学的研究(第8報), ～寒冷刺激時の体内血流動態について: 日本体育学会第27回大会誌: 384(722), 1976.
- 22) Tanner, J.M.: Growth at adolescence.; 1-39, Blackwell scientific publications, Oxford, 1963.
- 23) Selye, H.: The Story of the adaptation syndrom Acta, Serie B 119: 1, 1935.
- 24) Selye, H.: The physiology and pathology of exposure to stress. Montreal: cta, Inc., 1950.
- 25) ハンス・セリエ著, 田多井吉之介訳: 適応症候群: 115, 医歯薬出版, 1955.
- 26) 川畑・瀬戸ほか: 各種環境要因の人体におよぼす影響, ～環境要因と児童の身体発育について～, 環境科学総合研究所年報, 3: 110-128, 1976.
- 27) G.G. ルース著, 団まりな訳: BODY TIME.: 8-10, 274-276, 思索社, 1972.
- 28) 田多井吉之介著: ストレス: 29, 59, 創元社, 1974.
- 29) Breckenridge, M.E. & Vincent, E.L.: Child Development., Physical and psychological growth through adolescence.: 5-32, W.B. Saunders Co., 1966.
- 30) Heines, E. A. and Brown, G. E.: Standard stimulus for measuring vasomotor reactions. Proc. Staff Meet Mayo Clin, 7: 333, 1932.
- 31) 瀬戸・川畑ほか: ストレス現象の脈波に関する研究(第1報)～寒冷刺激による指尖容積脈波の方法論的検討～, 日本体育学会第25回大会誌: 528, 1974.
- 32) 阿部達雄・筒井末春著: 自律神経失調症: 16-22, 金原出版, 1971.
- 33) 吉村正蔵・吉村正治・三島好雄著: 図説臨床脈波: 1-11, 医学書院, 1971.
- 34) Scheurcr, O.: Die Temperatur der menschlichen Haut. Erg. d. Inn. Med. u Kindh. 59: 753 ~ 820, 1940.
- 35) Lewis, T. Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to

- cold. Heart 15 : 177 ~ 208, 1930.
- 36) 柿沼晃作・富塚崇雄：皮膚温の測定方法，東京大学立地自然学研究所報告，9 : 37-41, 1951.
  - 37) 富塚崇雄：皮膚温変動因子の解析，日本温泉気候学会雑誌，22(2) : 120-136, 1968.
  - 38) 渡辺善郎：三栄レポート，24, 1972.
  - 39) 瀬戸・川畑ほか：ストレス現象の脈波に関する研究(第II報)～両脚における単独寒冷刺激(冷水5°C)に対する生体反応～，第28回日本体力医学会総会誌 : 74(258), 1974.
  - 40) 吉村正治・和田敬：問答による脈波の手びき : 28-29, 南山堂，1972.
  - 41) 川畑愛義：生体皮膚表面温度並びに衣服表面温度測定法論，第1篇，温度測定の原理と方法，国民衛生，11(2) : 1-12, 1934.
  - 42) 川畑愛義：同上，第2篇，ぼてんしよめーたー計測値を支配する重要因子批判，国民衛生，11(2) : 1-12, 1934.
  - 43) 川畑愛義：同上，第3篇，余ノ考ヘタ測定法，国民衛生，11(2) : 1-20, 1934.
  - 44) 沖本・川畑・瀬戸ほか：皮膚温計並びにノイロメーターによる測定方法論，第1回皮膚学会，生活と医学，59(10) : 18, 1977.
  - 45) 佐々木・渡辺：人体皮温新測定法の吟味，日新医学，36(12) : 575-578, 1949.
  - 46) 早川清孝：防衛体力の環境医学的研究(第1報)～寒冷刺激に対する防衛反応～，京都市立芸術大学美術学部研究紀要，21 : 40-54, 1976.
  - 47) 吉村正治・和田敬著：問答による脈波の手びき : 36-37, 139, 南山堂，1972.
  - 48) 日本医科大学，第2内科：指尖容積脈波の栗，フクダ電子株式会社，1970.
  - 49) 吉村正治著：脈波判読の実際 : 22-51, 中外医学社，1973.
  - 50) 関博人著：臨床容積脈波 : 14-21, 金原出版，1971.
  - 51) Eysenck, H.J. (Ed.) Experiments in motivation : a, London, Pergamon Press, 1964.
  - 52) 清水秀美：実験的に誘導された不安時における容積脈波の振幅変動，京都大学教育学部紀要，XV : 120-127, 1975.
  - 53) Spence, K.W., & Taylor, J.A. Anxiety and strength of the UCS as determiners of the amount of eyelid conditioning. *J. exp. Psychol.*, 42 : 183-188, 1951.
  - 54) Brown, A.E., and Leanner, N.: Analysis of blood flows in digital plethysmographs. *Angiology*, 8 : 109, 1957.
  - 55) 田村康二：指尖容積脈波の意義，日本医事新報，2789 : 128, 1977.
  - 56) Adams. T. 「Human physiological responses to a standardized cold stress」 *J. appl. physiol.* 13(2) : 226-230, 1958.
  - 57) 厚生統計協会：最高・最低血圧，性，年齢階級別：国民衛生の動向，1968.
  - 58) 阿部達夫・筒井末春著：自律神経失調症 : 20, 金原出版，1970.

- 59) Graham, F.K., & Clifton, R.K.: Heart-rate change as a component of the orienting response. *Psychol. Bull.*, 65 : 305-320, 1966.
- 60) Chase, W.G., Graham, F.K. & Graham, D.T.: Components of HR respons in anticipation of reaction time and exercise tasks. *J. exp. Psychol.*, 76(4) : 642-648, 1968.
- 61) 関博人著：臨床容積脈波：13-14, 金原出版, 1971.
- 62) 猪飼・江橋・飯塚・高石編：体育科学辞典：87-88, 190-191, 第1法規, 1970.
- 63) HARDY, J.D.: Central and peripheral factors in physiological temperature regulation, *Ibid.*: 247-283, 1967.
- 64) 中山昭雄：体温調節のメカニズム, 自然, 30(2) : 48-57, 1975.
- 65) 久野寧編：文部省科学研究費医学関係総合研究班(季節生理班)：日本人皮膚温分布の季節変動その2, 女子皮膚温の部位別季節変化と男子皮膚温との比較, 日新医学, 43(8) : 427-435, 1956.
- 66) 柿沼晃作・富塚崇雄：皮膚温に関する研究(第2報), 東京大学立地自然学研究所報告, 10 : 69-72, 1952.
- 67) 西条一止：皮膚温分布と経絡, 経穴現象, 日本温泉気候物理医学会雑誌, 39(3,4) : 93-95, 1976.
- 68) 猪飼・江橋・飯塚・高石編：体育科学辞典：194-201, 第1法規, 1970.
- 69) 中山昭雄著：体温とその調節：10-15, 75-78, 中外医学社, 1970.
- 70) 入来正躬：脊髄温度受容組織について, 日本生理学雑誌, 34(4) : 199-208, 1972.
- 71) 入来正躬：体温調節と交感神経系地域性反応, 臨床生理, 3(4), 1973.
- 72) 馬場・村上ほか：体温・皮膚温と環境との関係, (3) 皮膚温に対する低温の影響, 京都市立看護短大紀要, 1 : 15-22, 1975.
- 73) 吉村寿人・飯田敏行：皮膚血管の極端な低温に対する反応性に関する研究, 第1報, 凍傷に対する抵抗性におけるポイントテスト, 日本生理学雑誌, 1(2) : 147-159, 1950.
- 74) 三宅義信：ストレス要因の条件と適応現象に関する研究(第1報), ~寒冷・暑熱刺激に対する反応について~, 京都女子大学, 自然科学論叢, 4 : 47-51, 1972.
- 75) 三宅義信：ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第2報), ~寒冷等をストレスラーとして~, 京都女子大学, 自然科学論叢, 5 : 1-5, 1973.
- 76) 三宅義信：ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第3報), ~ストレスラーに対する鍛練効果~, 京都女子大学, 自然科学論叢, 6 : 9-18, 1974.
- 77) 平野登志子：寒冷刺激による生体反応の個体差に関する研究, 華頂短期大学, 研究紀要, 19 : 99-109, 1974.
- 78) 平野登志子：ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第1報), ~反復寒冷刺

激に対する生体反応～, 華頂短期大学, 研究紀要, 20: 98-116, 1975.

- 79) 早川・瀬戸ほか: ストレス現象における脈波に関する研究(第IV), ～警告刺激の与え方と冷水刺激に対する構えについて～, 第30回日本体力医学会総会誌: 124, 1975.
- 80) 木村・瀬戸・日比野ほか: ストレス要因の条件とその適応に関する研究(第10報), ～寒冷刺激時の体内血流動態(家兎)について～ 第27回 日本体力医学会総会誌: 35(111), 1973.
- 81) 日比野・木村・瀬戸ほか: 防衛体力の環境医学的研究(第2報), ～寒冷刺激時の体内血流動態について～, 日本体育学会第25回大会誌: 239(527), 1974.
- 82) 木村・瀬戸ほか: Sportsにおける shock に関する研究, ～特に shock 時の体内血流動態について～, メキシコ, 第7回国際学校保健医学会総会誌: 300-302, 1975.
- 83) 松原・木村・瀬戸ほか: 循環機能からみた Adrenalin shock について, ～stress と shock 時における肝臓血流の特異性について～, 第31回 日本体力医学会総会誌: 269, 1976.
- 84) 早川・川畑・瀬戸ほか: 防衛体力の環境医学的研究・第II報 ～単独寒冷刺激による指尖容積・皮膚温等のストレス反応～, 日本体育学会 第28回大会誌: 441(727), 1977.
- 85) 瀬戸・三宅ほか: 防衛体力の環境医学的研究・第III報, ～単独寒冷刺激による血圧・指尖容積等のストレス反応～, 日本体育学会第28回大会誌: 442(728), 1977.



表2. 回復時の血圧・指尖容積脈波の観察点の値.

項目 観察時間			血 圧 (mmHg)												指 尖 容 積 脈 波											
			最 大				最 小				最 大				波 高				心 拍 数				心 拍 効 果			
			30'	6'	12'	40'	30'	6'	12'	40'	30'	6'	12'	40'	直	3'	15'	40'	直	3'	15'	40'	直	3'	15'	40'
測定値	青年層	男女	123.0	109.5	109.3	107.0	76.8	63.0	66.7	65.7	46.2	46.5	42.6	41.3	8.1	15.6	10.2	67.5	59.1	65.2	55.8	93.2	68.1			
	中年層	男女	115.7	110.7	109.0	107.0	79.7	74.7	73.3	71.7	40.6	36.0	35.7	35.3	15.9	18.1	14.8	64.4	66.4	61.7	62.1	98.2	119.3	91.2	86.0	
	高年層	男女	142.4	122.2	118.0	118.0	79.5	74.7	72.5	72.5	62.6	47.5	45.5	45.0	9.9	14.3	12.0	71.0	71.4	72.7	73.0	70.6	99.7	91.7	65.6	
変動値	青年層	男女	14.2	0.7	0.5	-1.8	13.6	-0.2	3.5	2.5	0.6	0.9	-3.0	-4.3	0.7	8.2	2.8	2.1	-6.3	-0.2	8.4	45.8	20.7			
	中年層	男女	9.0	4.0	2.3	0.3	10.7	4.0	2.7	1.0	4.6	0	-0.3	-0.7	0.4	3.2	-0.1	-4.5	-2.5	-7.2	-6.8	-4.4	16.7	-1.4	-16.6	
	高年層	男女	3.0	-2.5	0	3.0	7.5	4.0	1.5	2.5	-4.5	-6.6	-1.5	0.9	-3.5	0.7	-0.3	7.3	3.0	4.2	2.8	-17.0	12.1	4.1	-22.0	
変動率%	青年層	男女	26.5	6.3	2.1	9.8	4.7	2.5	16.7	1.6	-0.4			-3.5	0.9		-0.2	0.2	1.5							
	中年層	男女	13.1	0.6	0.5	-1.7	24.5	-0.3	5.5	4.0	1.3	2.0	-6.6	-9.4	9.5	110.8	37.8	3.2	-2.6	-0.3		17.7	96.6	43.7		
	高年層	男女	8.4	3.6	2.2	0.3	14.9	5.7	3.8	1.4	12.8	0	-0.8	-1.9	2.7	21.5	-0.7	-6.5	-3.6	-10.4	-9.9	-4.3	16.3	-11.1	-16.2	
			3.1	-2.6	0	3.1	13.2	7.1	2.7	4.3	-11.4	-16.5	-3.8	1.3	-22.5	5.7	-2.4	10.4	4.3	6.0	4.0	-19.4	13.8	4.7	-25.1	
			22.4	5.4	1.8		14.0	6.7	3.6		36.4	2.5	-0.9		-2.1	6.7		-0.3	0.3	2.1		-29.3	6.3			





図1. 測定の姿勢

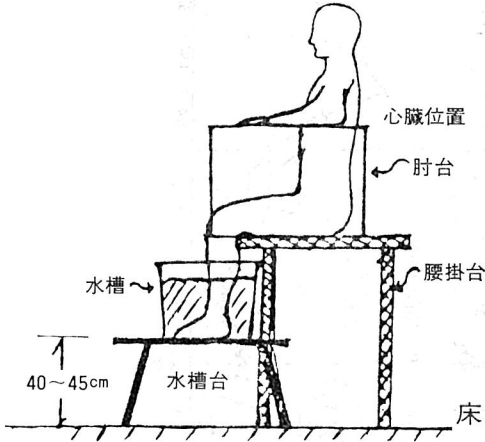


図2. 皮温計 (NCS式)

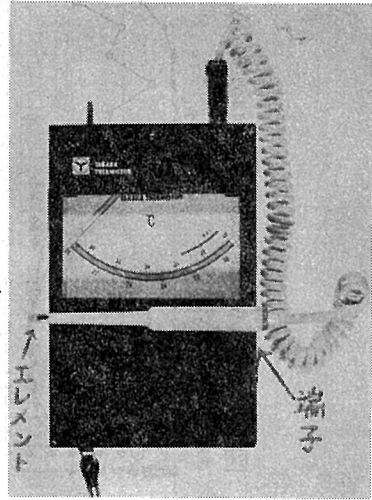
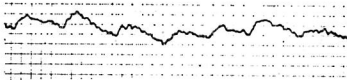
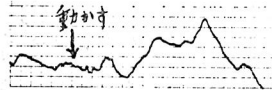


図3. 測定姿勢の不安定による指尖容積脈波形の動揺例.

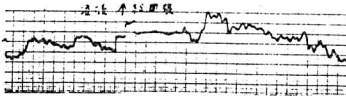
1) 浸光セル装着の指の固定不完全



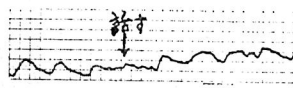
4) 浸漬中両脚を動かした場合



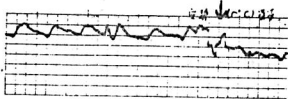
2) 水槽を床面に置いて浸漬退水した場合



5) 浸漬中詰ました場合



3) 台上椅座による水槽移動方式で生身の状態で両脚を浸漬した場合



6) 台上椅座で補助者による水槽移動に委ねて浸漬から退水した場合

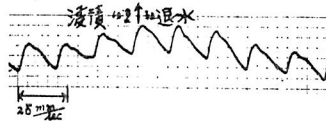


図4. 平常-安静-浸読への移行による  
脈波高の変化(T.I例男子21歳)

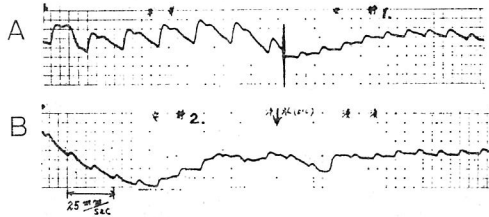


図5. 冷水からの解放時における再度浸読予告と  
浸読中止通告による脈波高の変化  
(J.W例男子22歳)

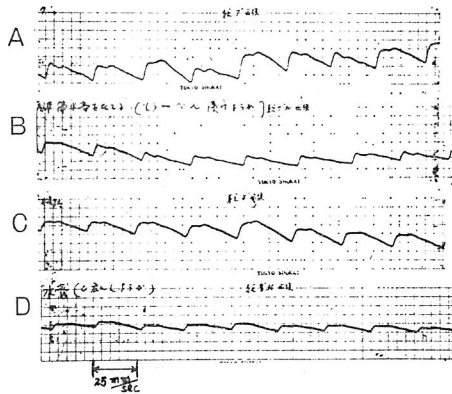
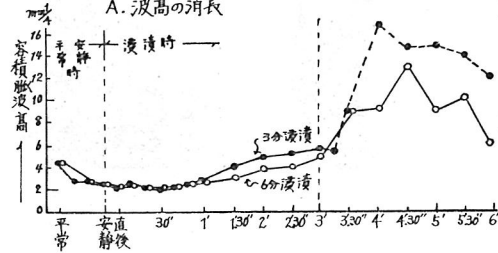
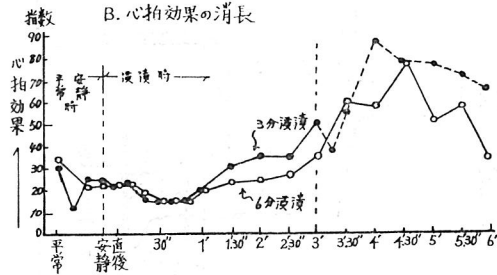
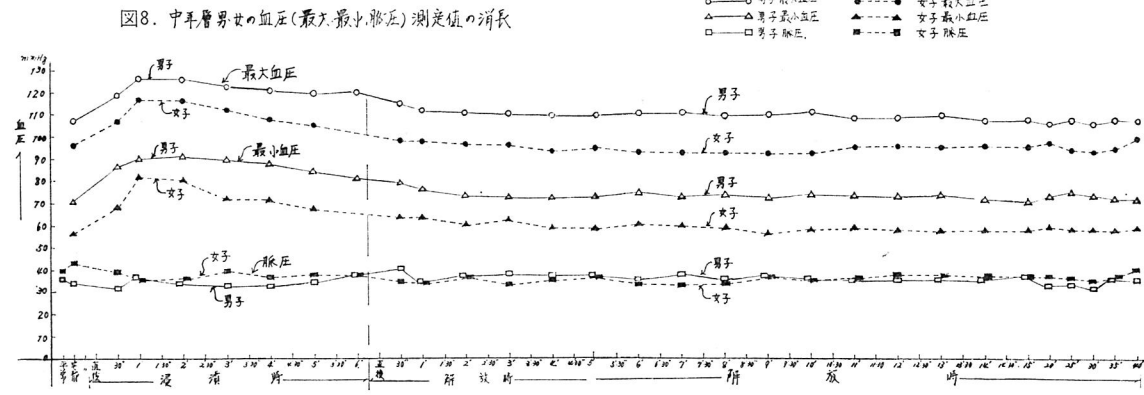
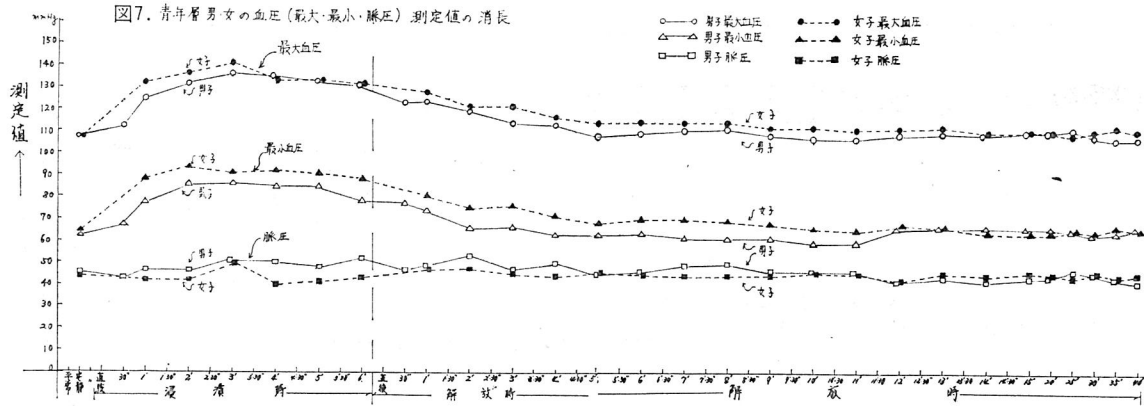


図6. 指状容積脈波の3分及び6分浸読時の消長(T.I例:男子21歳)  
A. 波高の消長



B. 心拍効果の消長





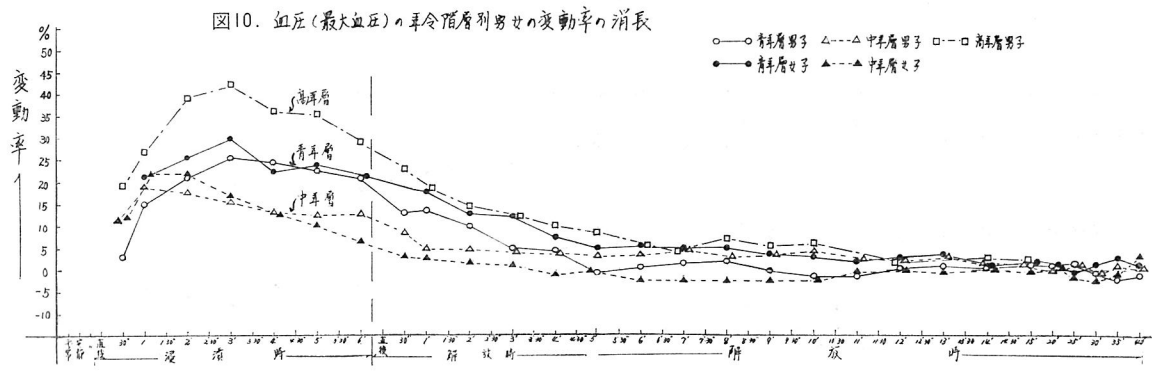
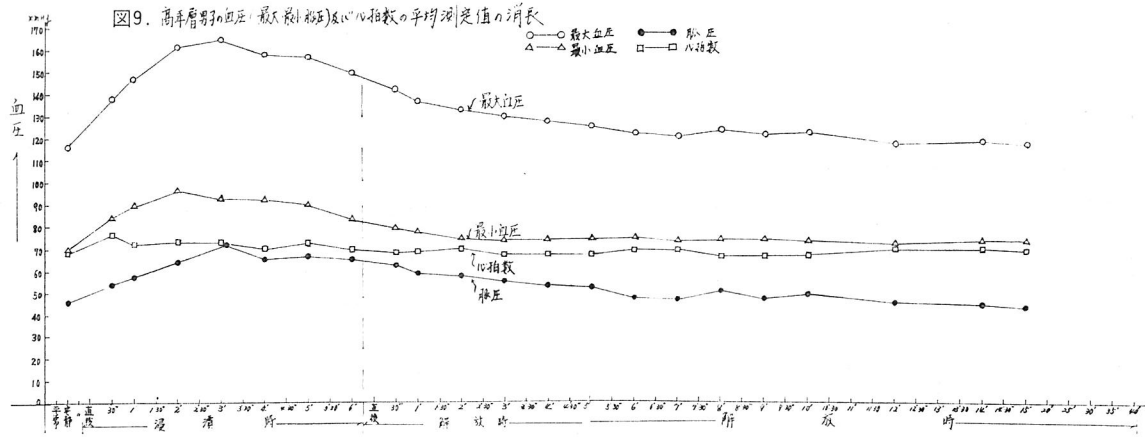


図11. 血圧(最小血圧)の年齢階層別男女の変動値の消長

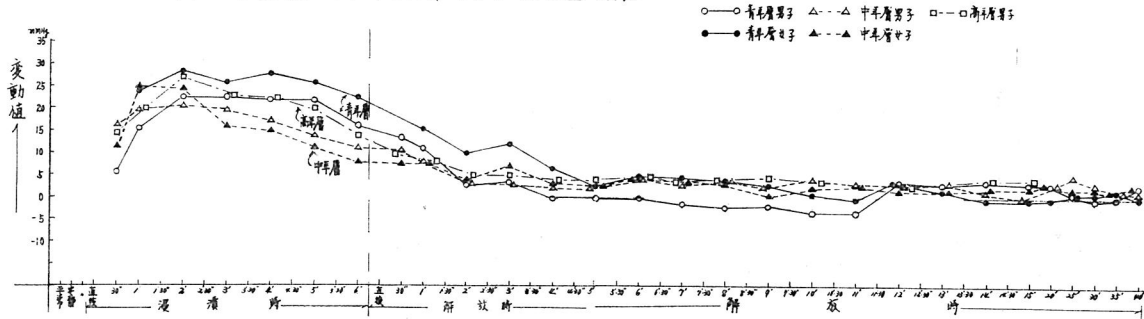
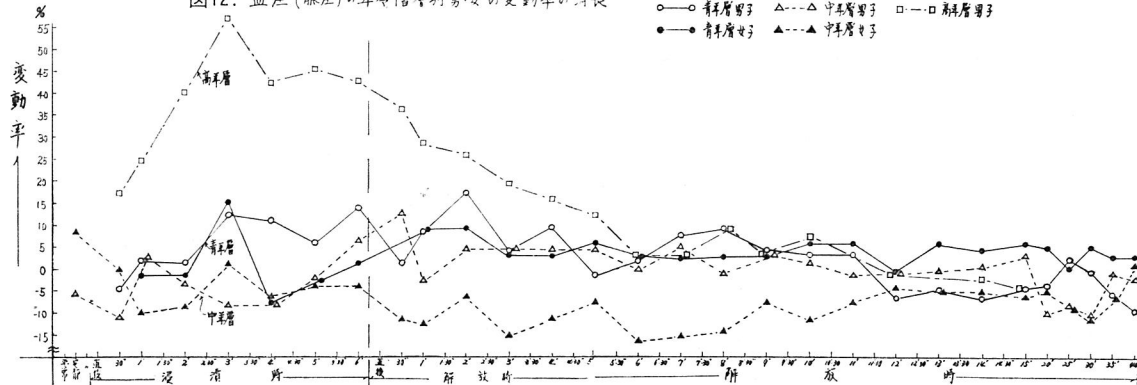
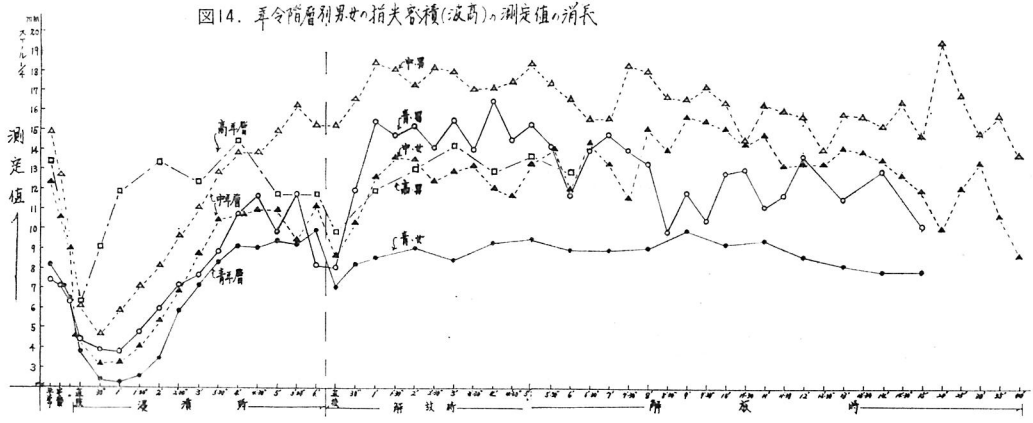
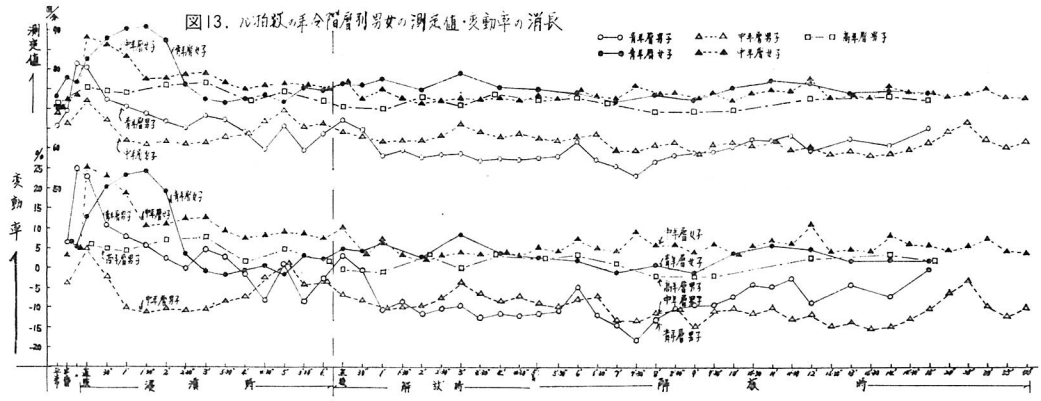


図12. 血圧(脈圧)の年齢階層別男女の変動率の消長





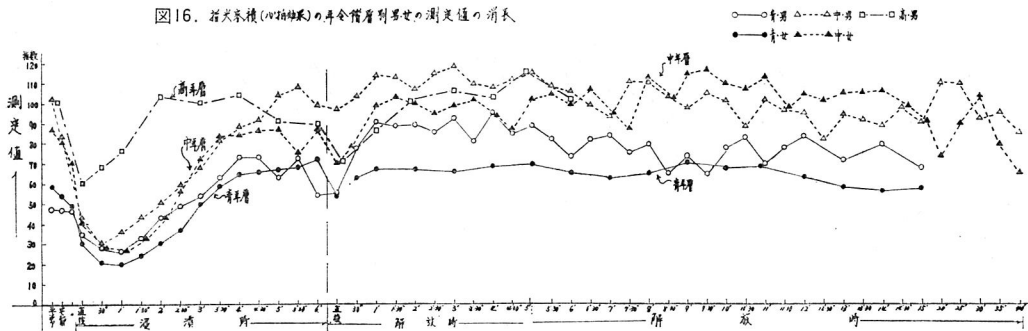
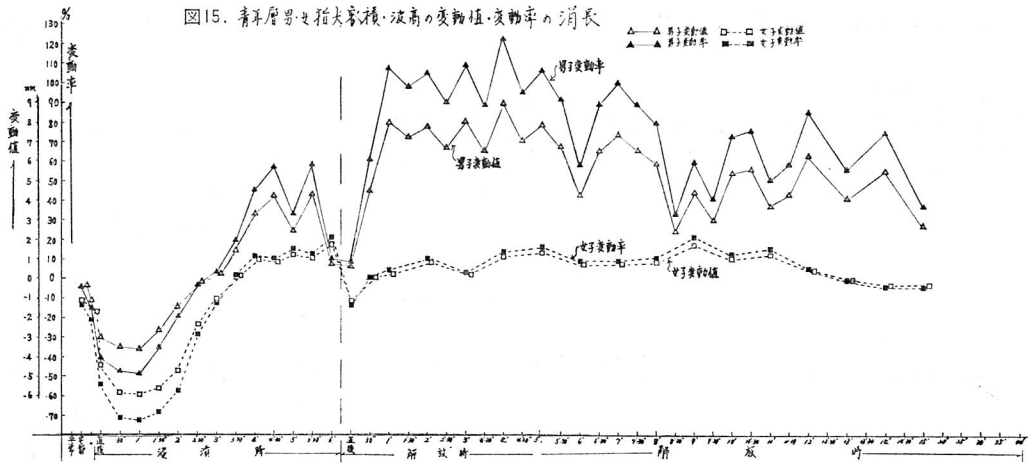


図17. 指次累積 (IV相効果) 年令階層別 男女の変動率の消長

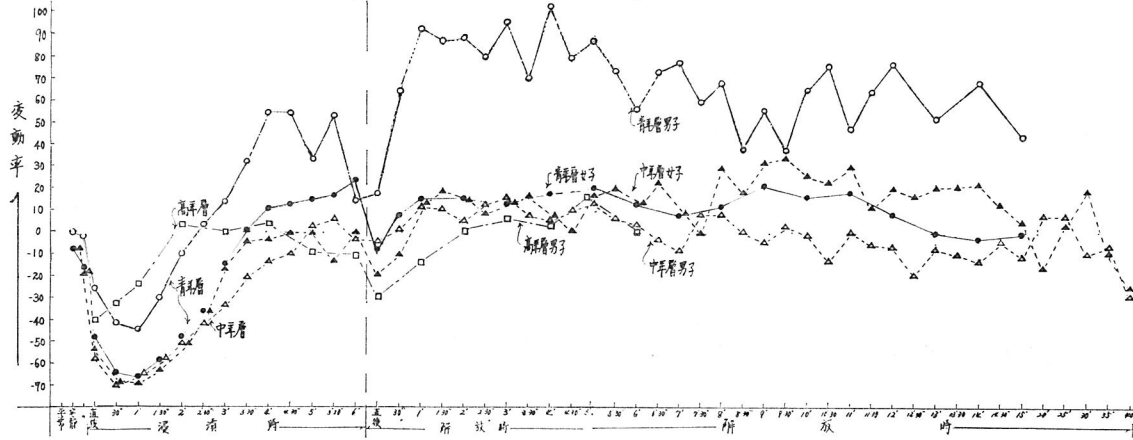


図18. 呼吸(波高)の年令階層別 男女の測定値の消長

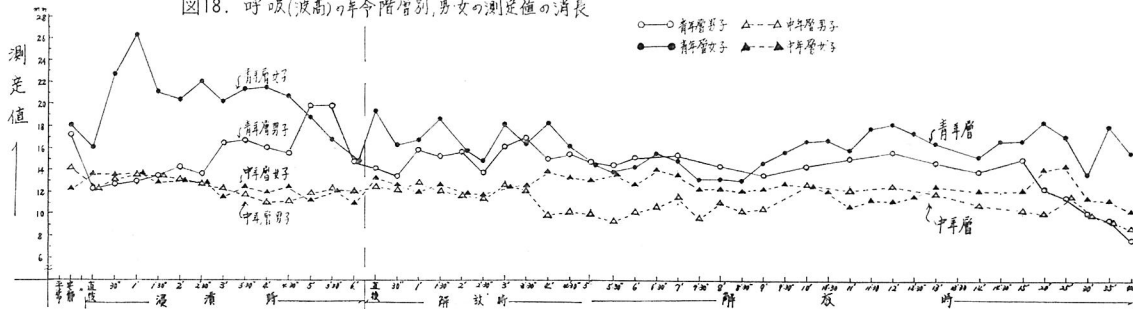




図19. 呼吸数の年令階層別男女の測定値の消長

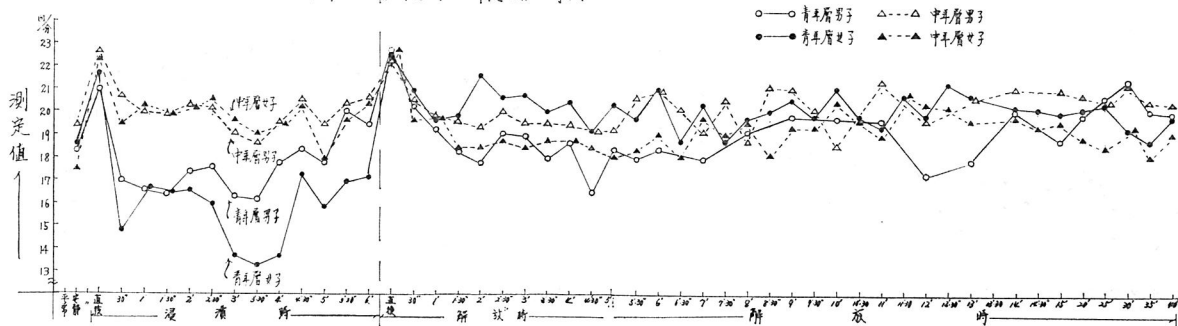
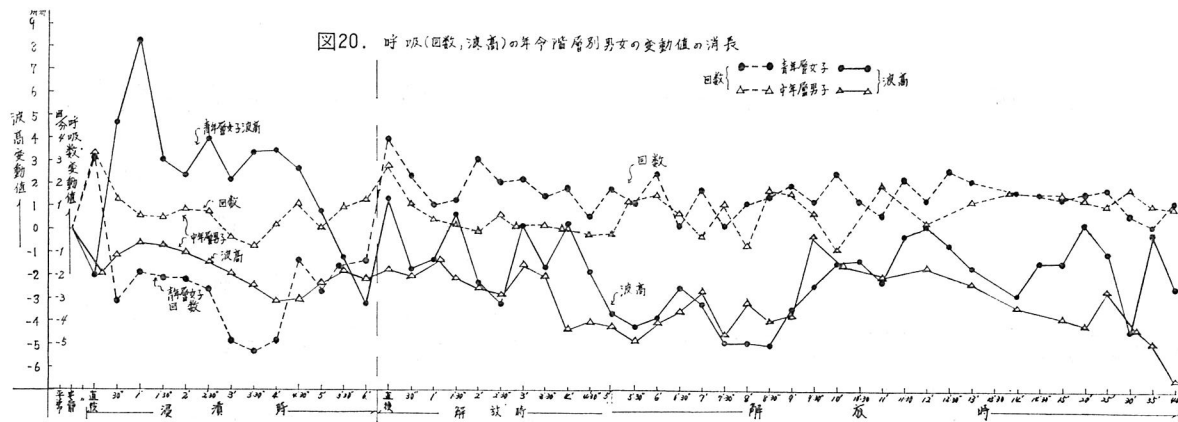
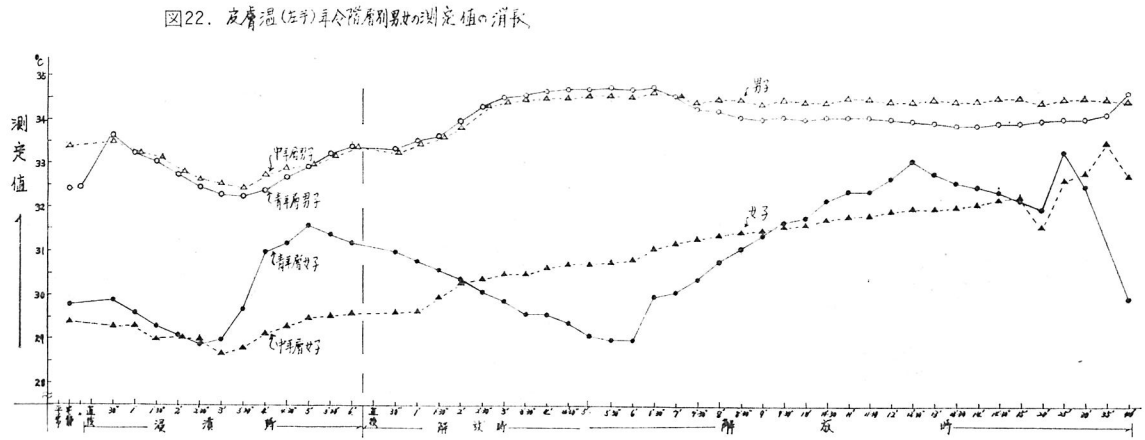
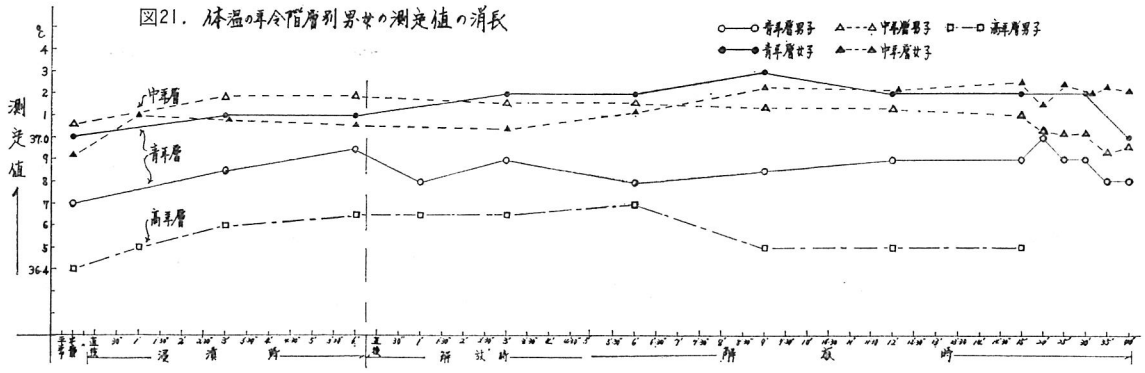


図20. 呼吸(回数、濃度)の年令階層別男女の変動値の消長





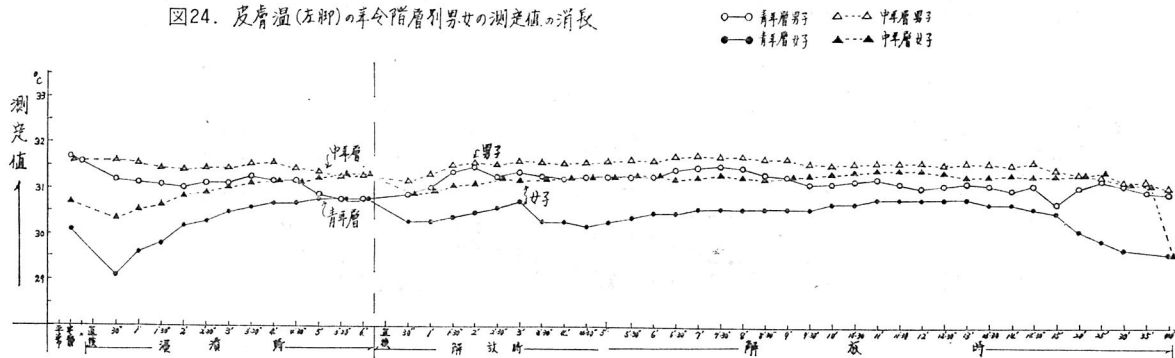
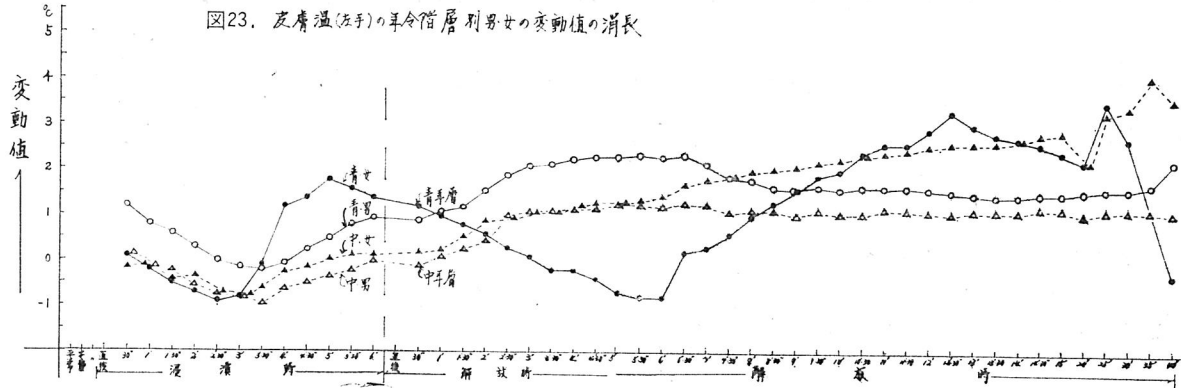


図25. 皮膚温(左脚)平均温度別男女の変動率の消長

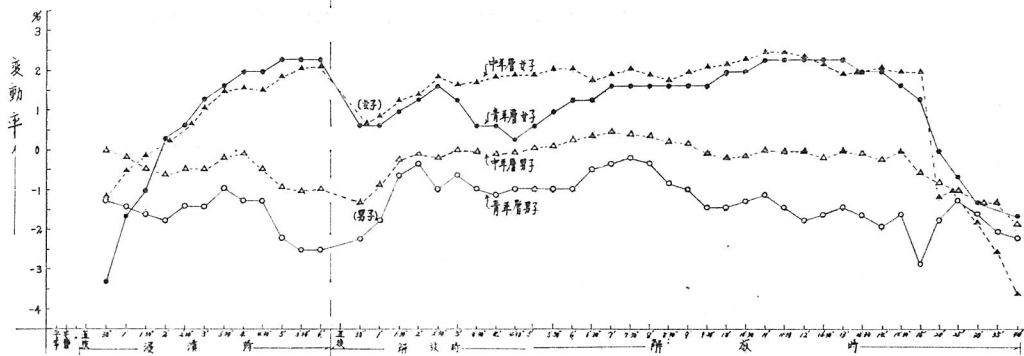


図26. 青年層男子の心拍数、血圧(最大最小)の測定値の消長

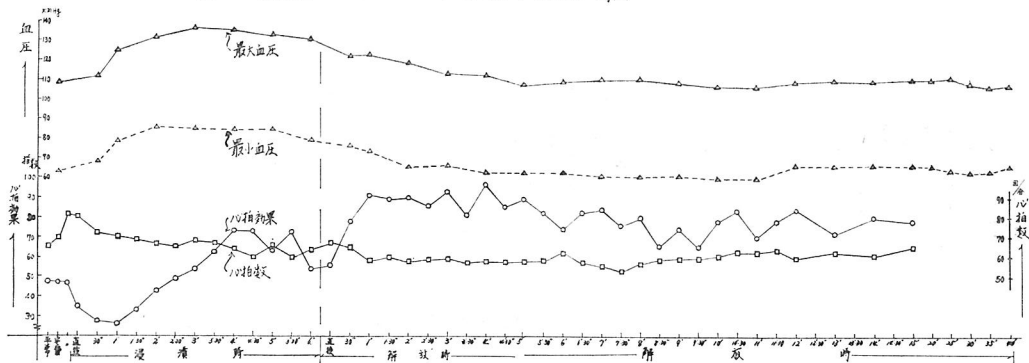


図27. 青年層女子の心拍効果、心拍数、血圧(最大最小)測定値の消長

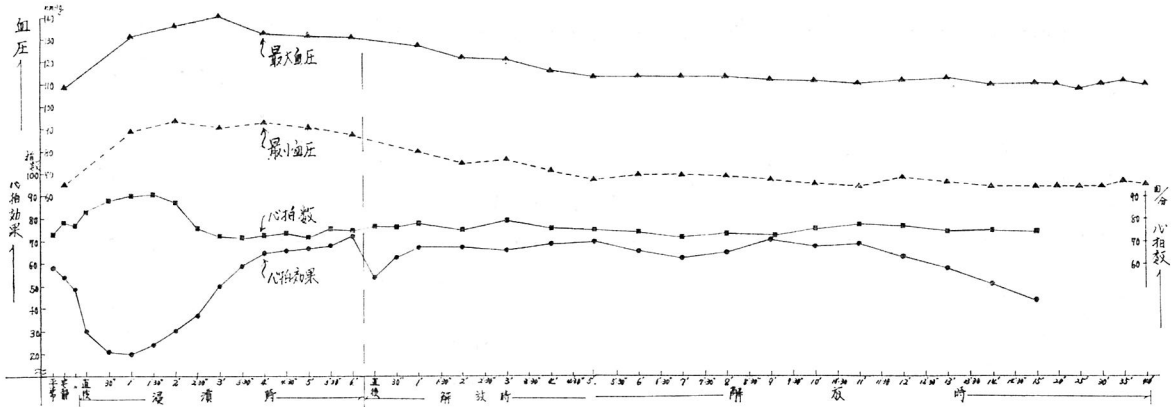


図28. 中年層男女の心拍効果、心拍数、血圧(最大最小)の測定値の消長

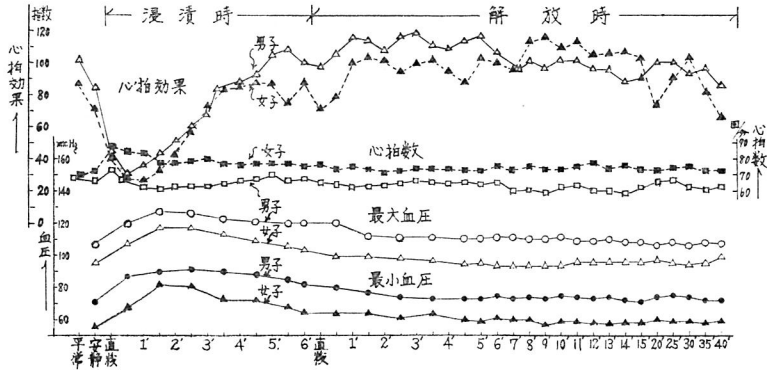


図29. 青年層男子の心拍効果、心拍数、血圧(最大、最小)の測定値の消長

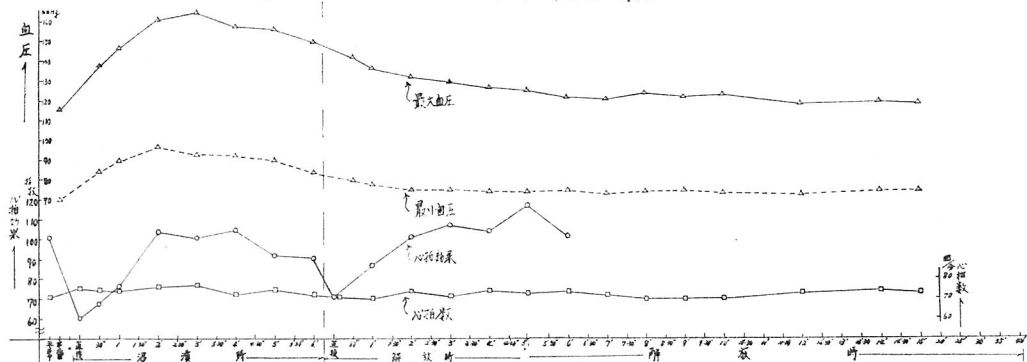


図30. 青年層男子の心拍効果、心拍数、皮膚温(右手左別)、体温の測定値の消長

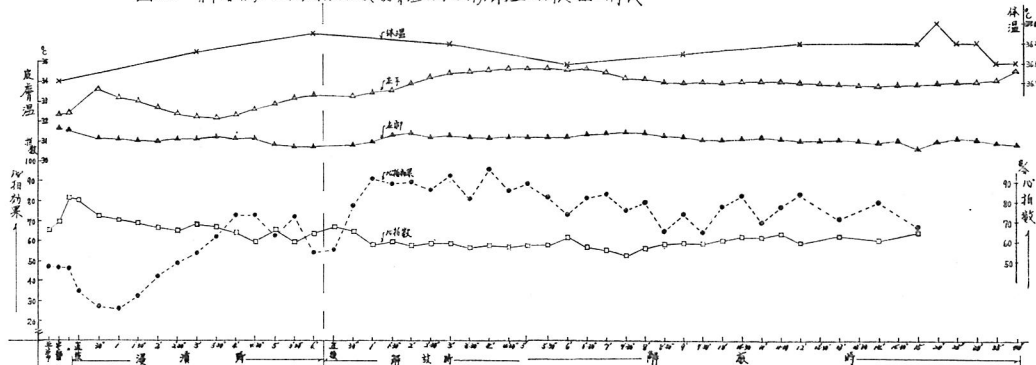


図31. 青年層女子の心拍効果、心拍数、皮膚温(左手五趾)、体温の測定値の消長

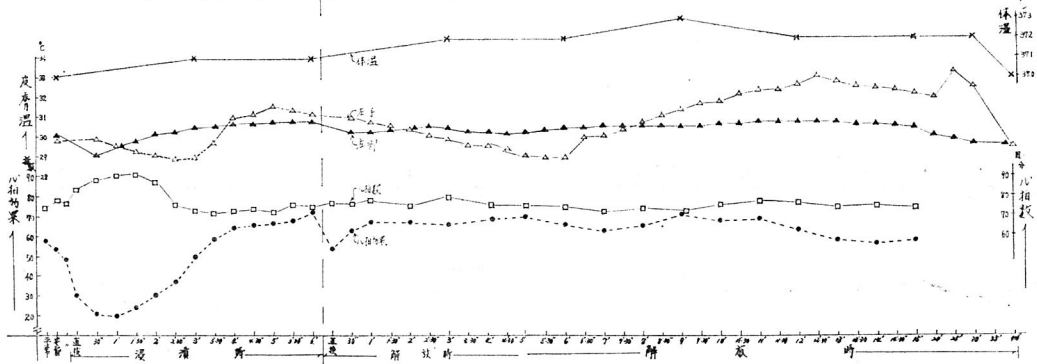


図32. 中年層女子の心拍効果、心拍数、皮膚温(左手五趾)、体温の測定値の消長

