

昭和48年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. VIII サウナ入浴に関する研究 —第3報—
サウナ入浴が疲労回復に及ぼす影響

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

サウナ入浴に関する研究—第3報—

サウナ入浴が疲労回復に及ぼす影響

黒田 善雄 鈴木 洋児 塚 越 克己
雨宮 輝也 伊藤 静雄

はじめに

我々はこれまで、サウナ入浴が生体と与える影響について検討を加え、さらに入浴法についても研究を進めて来た。本研究は、これまでの研究結果から与えられた示唆と、新たな実験結果を加味し、サウナ入浴が疲労回復に及ぼす影響を検討しようとするものである。

疲労についての定義は、多くの研究者のそれぞれの立場で多少異なる。例えば、スポーツと疲労という面からみても、横堀は「疲労とは、生体に及ぼす環境、生活および作業条件によって、生体の恒常性維持の機能水準が変化した状態をいい、生命現象の一つである。そして、この疲労現象は行動や活動の変化（たとえば作業率の低下）、体験的な変化（疲労感の自覚や内省など）、および生物学的な変化によって実証できる」としている。大島は、疲労とは「種々の点でディスオーガニゼーション、あるいはディスファンクションがある場合に、それを疲労というのである。ディスオーガニゼーションあるいはディスファンクションとしては、生体の機能の低下もその一つであるし、また機能相互の関係が正常とは異なった関係である場合もある。また機能だけではなく、物質的な面においてそれがみられるディスオーガニゼーションである場合もあるのである」としている。又、猪飼は、疲労を一つの式で表わしている。

$$F = (-\Delta P) + S \\ = K(-\Delta R) + S$$

但し F : 疲労, $-\Delta P$; 成果の減少

$-\Delta R$: 身体資源の減少, $K \cdot (-\Delta R)$: 成果の減少, S : 疲労感

そして、さらに神経中枢の要因も含めるならば

$$F = K \cdot (-\Delta R \times M) + S$$

但し M : 意欲因子又は脱制止因子

他は前式と同じ

この式で疲労は充分説明されるとしている。このように、疲労の概念あるいは定義に確定的なものではなく、学術研究会議疲労研究班も非常に広範囲であいまいな形で表現している。しかし、猪飼は、これらを統合し、疲労の定義には三つの様式が考えられ、全てこの様式に組み入れられることを示唆している。

(1) 単に作業量が減少するという現象だけを取り上げるものでありその内容には立ち入らない。

(2) 作業量の低下、あるいは作業能の減退のメカニズムの内容を考えるもので、器官の機能の減退、協調の低下、ないし生体の恒常性 homeostasis の乱れによるものとするものである。

(3) 作業量の低下や、作業能力の減退の現象を生体が過度の損耗におちいらないための防御機構（安全機構）であると考えられるものであり、別の表現をすれば生体の自動制御機構 Servomechanism とするものである。

本研究では、作業量の低下が疲労であるという立場にたち、この作業成績の低下を回復させる上で、サウナ入浴は、どのような効果を示すか、自覚症状あるいは反応時間等を加味して、検討しようとするものである。

研究方法

(1) 被検者

被検者は19才～20才の健康な男子学生3名で、いずれも陸上競技棒高跳の選手である。この被検者群は、これまで一度もサウナ入浴を経験したことのない者を条件とした。(表1)

(2) 作業負荷と疲労判定テスト法

疲労の種類として精神的疲労、局所的筋疲労、全身的疲労を想定し、この疲労現象が生じると思われる作業を設定した。精神的作業はクレペリンによる単純加算とコンピューターのコーディング(数字転記)作業を採用し、疲労判定テストとして単純反応時間(光刺激)22回(最大値と最小値を除き、20回の平均値と標準偏差を求めた)、10分間のクレペリンによる単純加算の出来高と誤り数をみた。又、単純反応時間の処理にあたって、吉井の生産高動揺法にならい、値の動揺度を算出した。算出式は、動揺度 $\left(\frac{\sigma}{m}\right)^2$ 、但し m =算術平均、 σ =標準偏差であり、値は指数である。局所的筋作業は前腕エルゴメーターによる前腕筋群の収縮作業を採用した。作業負荷は最大筋力の $\frac{1}{4}$ としテンポは1分間60回とした。持上げ距離は2cmとした。疲労判定テストとして、前腕最大筋力と最大筋力の $\frac{1}{4}$ の負荷で1分間60回テンポ、2cm持上げ距離の前腕筋収縮作業を行なわせた。作業はall-outまでとし、仕事量で比較した。なお、最大筋力の測定は、握力計で行なった。全身的作業には、モナーク社製自転車エルゴメーターによるペダリング作業を採用した。作業負荷は、2.0kp・60回転/分としたが、所定時間内で作業を終らすために所定時間15分前に漸時負荷を増し、all-outになるようにした。返労判定テストとしては、自転車エルゴメーターによるペダリングのall-out作業を行なわせた。作業負荷は3.5kp・60回転/分とした。作業中及び作業後、胸部誘導心電図法で心拍数を記録した。又、運動直後、1分、2分、3分、5分には、リバ・ロッテ型水録血圧計を用い、マンシェット加圧法により血圧を測定した。

(3) 自覚的症候調査

自覚症状について、1954年産業疲労研究会で検討された質問紙法による調査と判定法を採用した。この質問紙は10項目の自覚症状を1群とした3症状群から成り、A群は身体的症状、B群は心理的症状、C群は神経感覚的症状を表わしている。成績は群別に求め、訴えた数の百分率で表わし、作業前後及び回復過程による変化から疲労の消長の

傾向を知り、又、作業負荷の質的差異を判断した。

(4) 実験条件と手順

実験は、昭和48年7月9日～24日の15日間で行なわれ、いずれの作業条件でも、サウナ入浴した日としないコントロール日の2回行なった。作業後の疲労回復過程追跡は翌日までずっと続けた。実験場は夏季であったが23～24℃、湿度65%前後に保たれ、夕食の時以外は、実験場のある建物から出ないように指示した。第1次実験は精神的作業について、第2次実験は全身的作業について、第3次実験は局所的筋作業について行ない、又サウナ入浴の間隔が6日間になるようにして、サウナ入浴への慣れを防止するように心掛けた。

図1は、実験手順と各作業負荷の処方を示したものである。被検者は、午前11時に実験場に集合し、11時30分に館内で昼食を取った。昼食後休息し、午後0時30分より第1回目のテストをした。このテストは作業前のコントロールテストである。午後1時より午後4時まで、休息をはさみ、精神的作業は2時間45分、局所的筋作業と全身的作業は2時間15分それぞれ作業を行なわせた。作業の与え方は、精神的作業の場合、はじめ45分間クレペリンによる単純加算を継続して行なわせ、5分の休息を取った後、コーディング(数字転記)作業を20分間行なわせ続けてクレペリンによる単純加算を30分間行なわせた。ここで10分間の休息を与え、再び20分間のコーディング作業、続けて45分間のクレペリンによる単純加算作業を行なわせた。局所的筋作業と全身的作業は、2時間15分以内で終了するようにした。はじめ、45分間所定の負荷で作業を行なわせ、15分間の休息取り、同様の負荷で30分間の作業を行なわせた。その後30分間の休息を与え、再び同一負荷で30分間作業を行なわせ、ここでall-outにならない場合、この後、漸時負荷を増し45分以内にall-outになるように行なわせた。

作業後、30分間の休息をさせ第2回目のテスト(作業後テスト1)を行なった。このテストの後、コントロール日は午後7時まで自由時間、サウナ入浴日は、午後5時から5時45分までサウナ入浴し、その後30分間の睡眠を取らせ、あとは午後7時まで自由時間とした。なお、サウナが実験場よ

Experimental Process, Method and Test Items

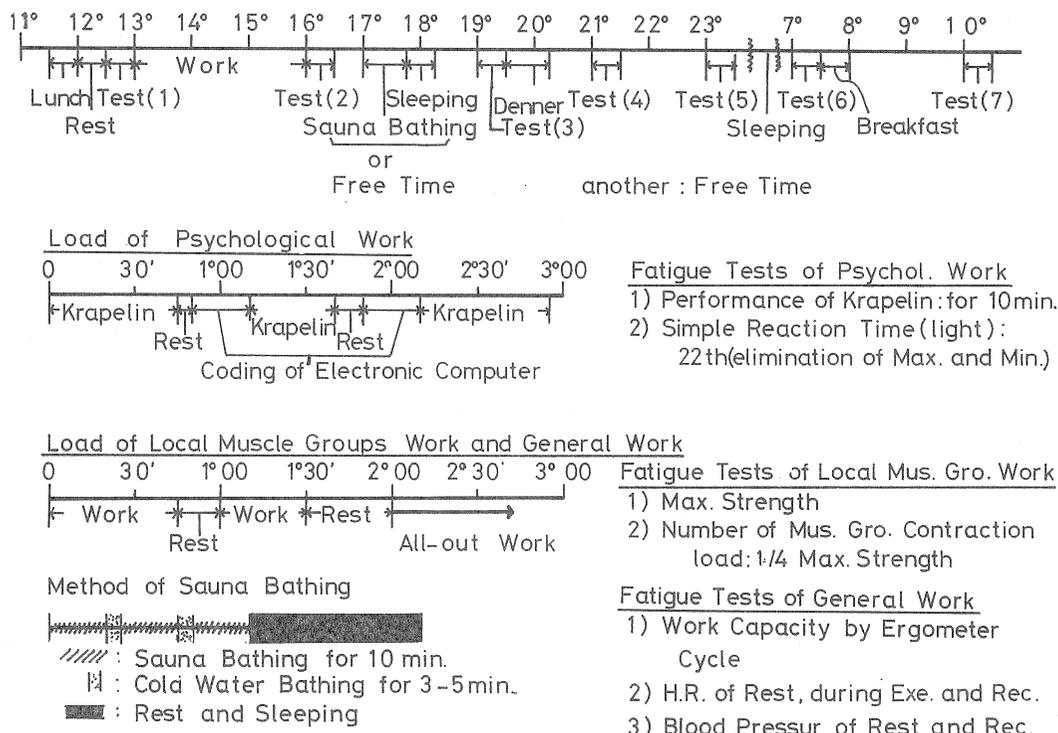


図1 実験手順, 方法及びテスト項目

り離れた場所にあるため, サウナ入浴日は, 入浴と睡眠前後移動のため約10分づつの時間を要した。午後7時より, 第3回目テスト(作業後2回目)を行い, その後夕食とした。夕食後, 午後9時と午後11時にそれぞれテストを行ない, 午後11時30分に就眠させ, その日の実験を終えた。翌日は, 午前7時に起床させただけに第6目(作業後5回目)のテストを行ない, 午前8時に朝食とした。第7回目の最後のテストは, 午前10時から行ない, 被検者を午前11時に解放し1回の実験を終えた。

(5) サウナ入浴法

実験には, 日本体育協会スポーツ診療所サウナ室を使用した。部室の大きさは床面積, 10.98 m², 高さ 2.10 m で温度調節範囲は 40°-90°C, 湿度は 10~20%である。今回の実験では, サウナ室温が 80-85°C, 湿度が 13%前後で, サウナとしては比較的低い温度であった。

サウナの入浴法は, 図1に示すように, 10分間のサウナ入浴, 3~5分間の冷水入浴のくり返え

して3回目のサウナ入浴後30分間の睡眠を取る方法である。この入浴法は, すでに第2報で報告しているように, サウナ入浴が生体に与える負荷を考える時, 最も軽いと思われるからである。

結 果

(1) 精神的作業疲労について

表1に示すように, 精神的作業としての単純加算の出来高量は, Subj. M. O. が 6,475 (E=33) 間, Y. Y. が 7,736 (E=163) 間, M. N. が 9,041 (E=78) 間であった。コントロール実験の際の仕事量と比較し, M. O. は減じ, 他の2名は, 逆に増加した。

作業前と作業後のテスト結果を追跡的に示したのが, 図2である。Subj. M. O. の場合, 単純反応時間は, 作業後遅くなった。サウナ入浴後も前の値にまでは回復しないで, ほぼこの値が就眠まで続く。翌朝起床時非常に遅くなるが, 最終テストには作業前の値にもどった。動揺度は, 作業後

表 1

Physical Character of Subject, Total Work of Exe. and Decrease of Weight after Sauna Bathing

Subject	Age yr	Ht cm	Wt Kg	condition	Total Work			Decrease of Weight after Sauna Bathing		
					Psychological Work number	Local Work Kg·m	General Work Kg·m	Psycho Work g	Local Work g	General Work g
M.Obase	19	170.3	62.8	Control	7,728(- 14)	392.07	77,325			
				Sauna	6,475(- 33)	426.47	85,815	300	400	700
Y. Yoshitani	19	177.2	67.5	Control	6,325(- 66)	429.13	88,020			
				Sauna	7,736(-163)	470.01	92,472	300	800	900
M.Nakajma	20	178.0	63.0	Control	7,837(- 82)	341.44	85,836			
				Sauna	9,041(- 78)	374.29	82,098	400	800	900
Temp. in Sauna Room(°C)							85	82	88	

増しその後変らず翌日の最終テスト時、やや低かった。コントロール実験では、作業後、単純反応時間はやはり遅くなるが、サウナ入浴時間に相当する自由時間後は作業前より早い値を示し、その後漸時遅くなり、翌日の最終テスト時、作業前の値とほぼ等しくなった。又、動揺度の変動も大きかった。単純加算テストでは、作業後、著明な出来高の減少がみられるが、サウナ入浴後は作業前の値にもどり、夕食後の午後9時のテストでは、作業前よりむしろ高い値を示した。就眠前には減少し、翌朝起床時テストではさらに減少し、最終テストではほぼ作業前の値にもどった。コントロール実験では、作業後の最小値からわずかずつ増加し、翌朝の起床時に最大値を示し、最終テスト時、作業前の値に近くなった。加算の誤り個数は、サウナ入浴後増加し、徐々に少なくなるものの、翌朝起床時再び増加する。コントロール実験では、常時一定の値を示した。Subj. Y. Y. の場合、単純反応時間は、M. O. と同じような傾向を示したが、単純加算の出来高量は、作業後最小値を示し、サウナ入浴後、やや増加し、その後も漸時増加し続けるが就眠前でも作業前の値には回復しなかった。翌朝起床時再び減少し、最終テストで、ほぼ作業前の値に近づいた。加算の個数は、サウ

ナ入浴後急に少なくなり、その値がずっと続く。コントロール実験では、作業後の回復過程に多少の遅れがみられるものの、M. O. と同じような傾向を示したが、加算の誤り個数は、作業後最も少なく、その後は漸時著明な増加傾向を示した。Subj. M. N. は、単純反応時間に、程度の差こそあるものの、他の2名の被検者とその変化傾向について同じようなパターンを示した。又、単純加算についても Y. Y. と同じ傾向がみられた。ただ、単純加算の誤り個数がサウナ入浴後、増減変動が大きかった。

(2) 局所的筋作業疲労について

表1に示すように、局所的筋作業としての前腕エルゴメーターによる筋の作業量は、Subj. M. O. が 426.47kg·m, Y. Y. が 470.01kg·m, M. N. が 374.29 kg·m であった。コントロール実験の際は、341.44 kg·m~429.13 kg·m で Y. Y. が最も高い仕事量を示した。

この作業の前と後のテスト結果を示したのが、図3である。被検者 M. O. の場合、最大筋力は、作業前も作業後も変わらない。サウナ入浴後はむしろ増加し、翌朝起床時著明に低下し、最終テスト時作業前の値に近くなる。コントロール実験では、作業後低下し、その後も漸時低下し続ける傾向を

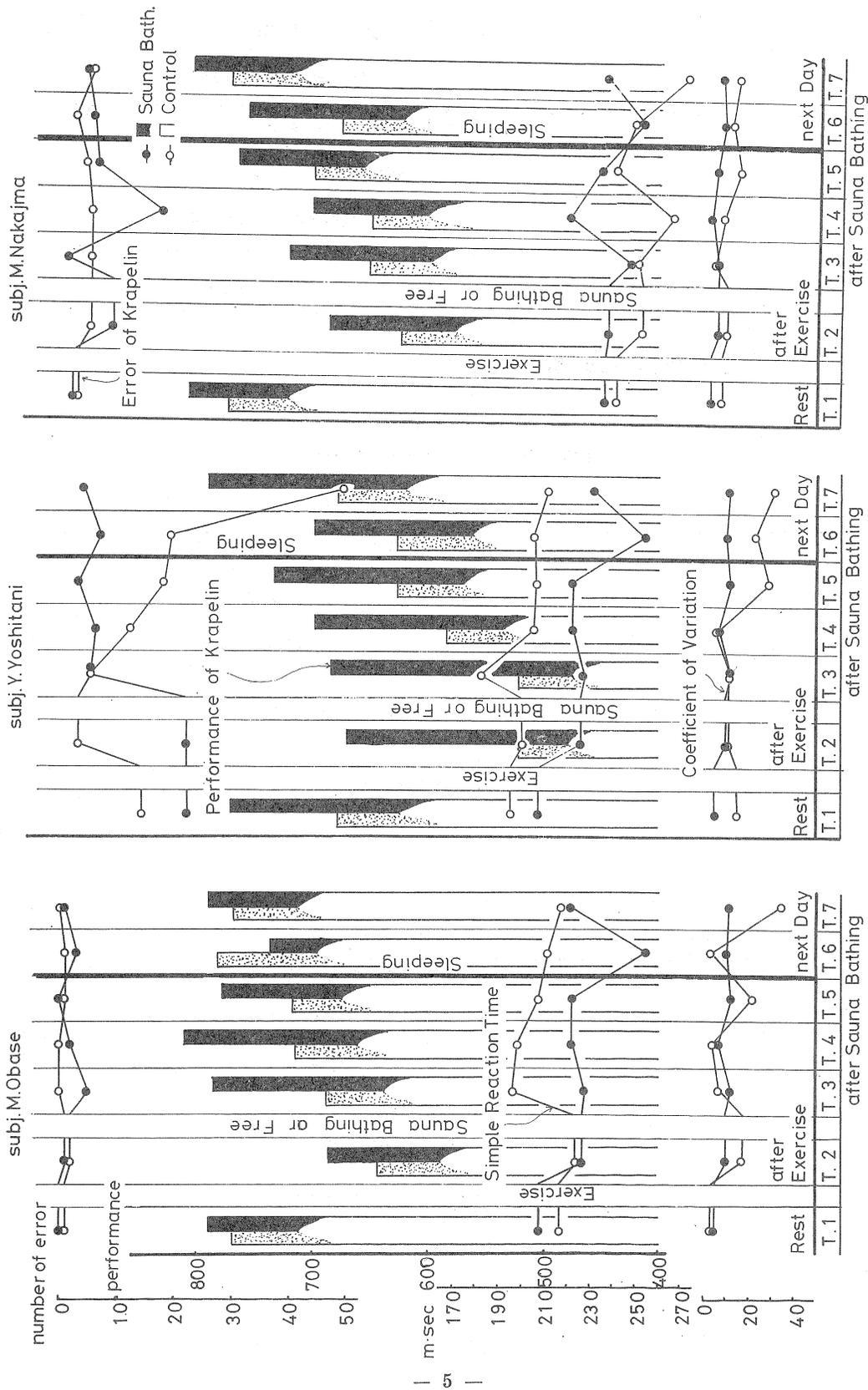


図2 精神的作業前後及び回復過程の作業成績と反応時間 黒印：サウナ入浴日 白印：コントロール日

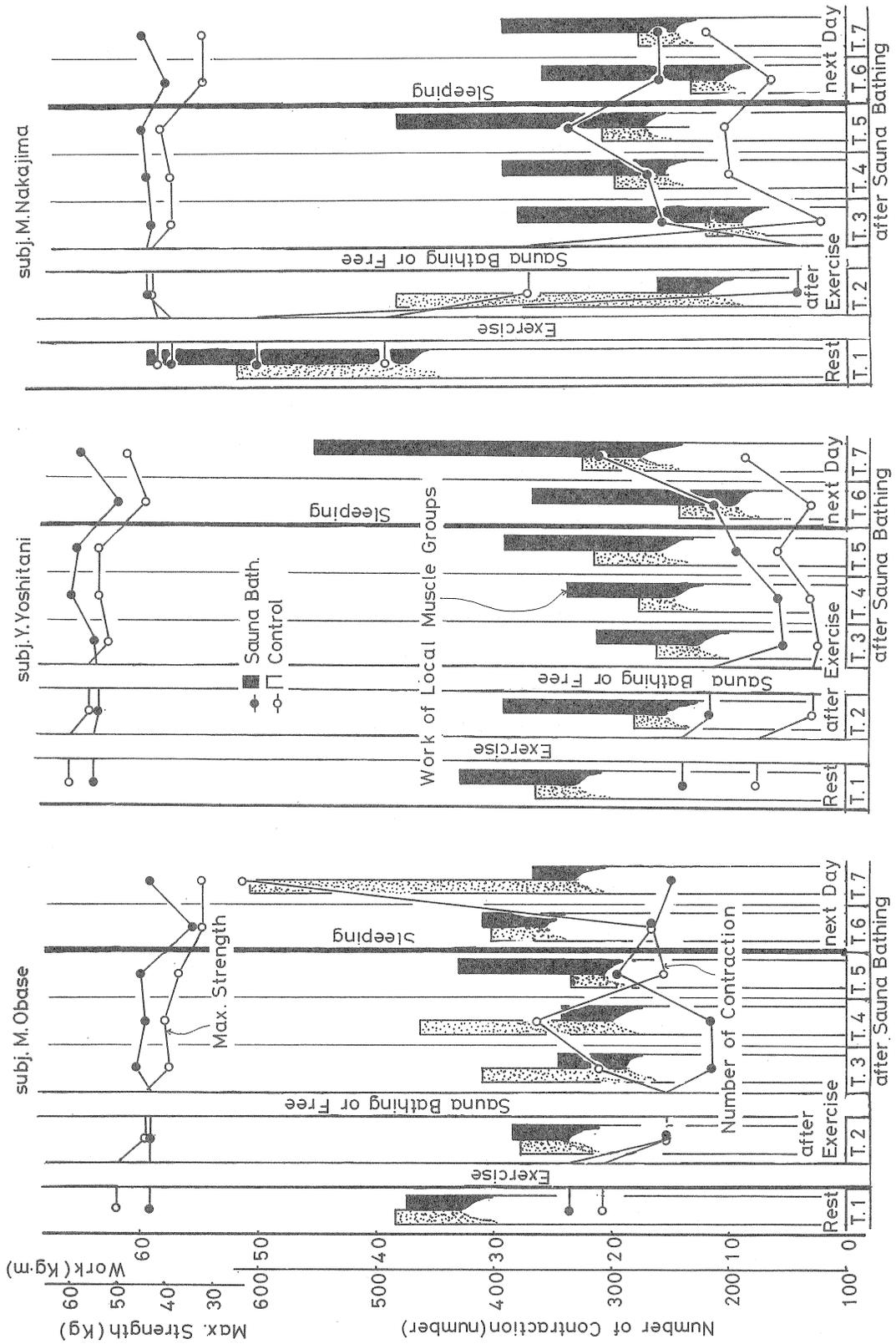


図3 局所的筋作業前後及び回復過程の作業成績と最大筋力

黒印：サウナ入浴日 白印：コントロール日

示し、最終テスト時最低値を示した。仕事量は、作業後低下した。サウナ入浴後も低下の傾向を示し就眠前になり急に高い値を示した。翌朝再び低下し続け、作業前の値を示すことは、一度もなかった。これに対し、コントロール実験では作業後低下するものの、その後上昇し再び就眠前大きく低下し最低値を示した。翌朝は、就眠前の値よりも高くなり、最終テストでは、作業前よりもはるかに高い仕事量を示した。被検者 Y. Y. の場合、最大筋力は M. O. と同じ傾向を示し、前腕の仕事量もほぼ同じ変動傾向であったが、最終テストで、作業前の値より高い値を示した。又、コントロール実験では、サウナ入浴実験と同じ変動傾向を示したが、作業前の値に回復することはなかった。被検者 M. N. の場合、最大筋力については、他の2名の被検者と変らない変動傾向を示し、前腕の仕事量では、作業後、大きく低下したが、他の被検者と異なり、サウナ入浴後すぐに回復の傾向を示した。翌朝は起床時低下しその後わずかに上昇する。しかし、いずれも作業前よりもはるかに低い値であった。コントロールにおいては、他の被検者が示したと同じ傾向を示したが、その低下値及び回復過程は、作業前の値に比較し非常に低かった。

(3) 全身の作業疲労について

図4は、全身の作業前後及び作業の翌日に示された、全身の仕事量の変動とそれに伴う心拍数と平均血圧について示したものである。全身の作業としての自転車エルゴメーターによる仕事量は、Subj. M. O. が 85.815 kg・m, Y. Y. が 92.472 kg・m, M. N が 82.098 kg・m であり、コントロール実験では、被検者により、これより多い者も少ない者もいて、その範囲は 77.325 kg・m~88.020 kg・m であった。

テスト結果は、被検者 M. O. の場合、仕事量は作業後低下し、サウナ入浴後、作業前の値になり、その後漸時低下する。翌朝起床時及び最終テスト時には、前日の就眠前とほぼ等しい値を示す。各作業テスト時の最高心拍数は、差が認められなかったが、回復5分時の値はサウナ入浴後やや高い値を示す。平均血圧も作業終了時の値に差がみられなかったが、翌朝になるとやや高い値となった。

回復5分後の平均血圧は、サウナ入浴後著明に低下し、その後作業前の値になるが、翌朝起床時テストの際には高くなり、最終テストで再び前の値にもどる。コントロール実験で、仕事量は、作業後最低値を示し、その後緩慢に回復傾向となり、就眠前わずかに低下するものの、翌朝の起床時高い値を示す。そして、最終テスト時再び低下する。しかし作業前の値にもどることはなかった。最高心拍数は、サウナ入浴実験の際のパターンと変りなかったが、回復5分間値の心拍数では、午後9時及び就眠前、サウナ入浴日より高く、翌朝は逆に極端に低かった。平均血圧は、作業終了時値も回復5分後値もサウナ入浴実験の際より全般に高く、値の変動は少なかった。被検者 Y. Y. の場合、仕事量は、M. O. 同様作業後低下し、サウナ入浴後ほぼ作業前の値に回復し、その後増加するが就眠前わずかな低下をみる。翌朝起床時は前日よりもさらに低下するが最終テスト時には、作業前の値にもどった。コントロール実験では、サウナ入浴時に相当する自由時間後のテストで最小値となり、その後回復傾向を示し、翌朝起床時に作業前より高い値に回復した。最高心拍数はサウナ入浴後から漸時高くなり、就眠前わずかな減少があり、翌朝起床時著明に減少した。しかし最終テスト時再び作業前の値となる。回復5分後の心拍数値は、サウナ入浴後減少するが、その後は作業前の値とほぼ等しくなり、翌朝起床時減少するが、最終テストで作業前の値になった。コントロール実験では、最高心拍数に著明な差はなく、仕事量の増減にかかわりなくほぼ一定値を示すし、回復5分後の心拍数値も同様で、全般的には、サウナ入浴実験の際よりも高い水準となった。平均血圧は、作業終了時の値が最高心拍数の変動とほぼ同じパターンを示すものの翌朝起床時には、心拍数と逆にわずかに上昇した。回復5分後の平均血圧は、サウナ入浴後仕事量が最大値を示した際にやや高くなるが、他はほぼ一定の値を示した。作業終了時の平均血圧は仕事量が回復し始めた際より高くなり就眠前最高値を示し、翌朝低下し作業前の値とほぼ等しくなる。回復5分後の平均血圧は仕事量の多い時は高く、少ない時は低くなるが、翌朝になり仕事量にかかわりなく作業前のとかわ

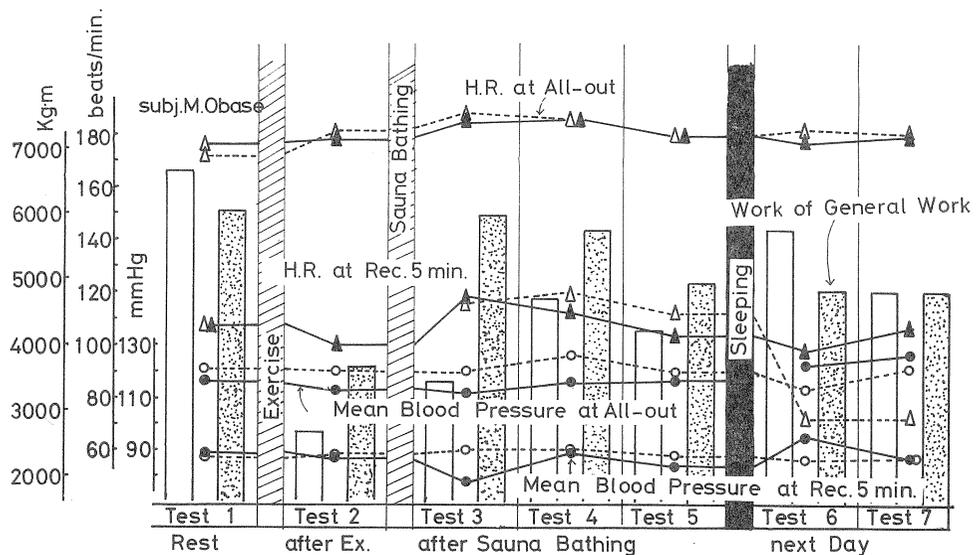
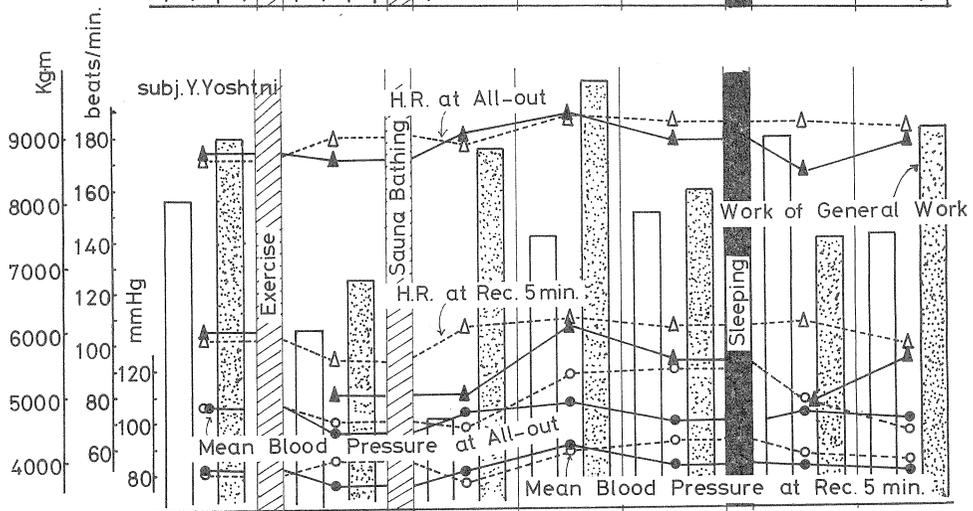
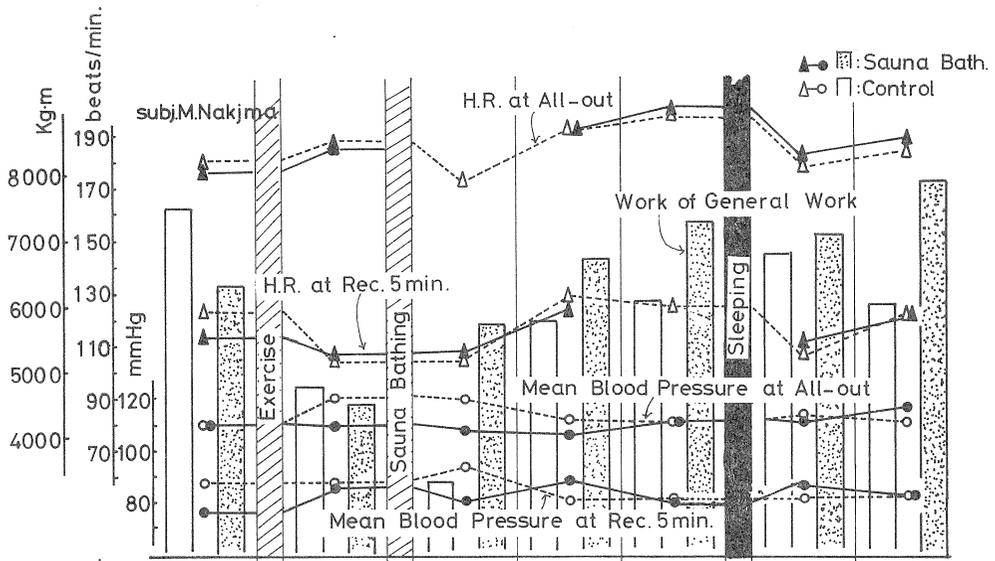


図4 全身的作业前後の作業成績と心拍数及び平均血圧 まだら印：サウナ入浴日 白印：コントロール日

らなくなった。平均血圧は全般にみて、M. O. 同様コントロール実験の方が高い値を示した。被検者 M. N. の場合、仕事量は、作業後低下するが、サウナ入浴後すぐに回復傾向を示したのは、Y. Y. と同様であるものの、就眠前まで漸時増加し、作業前より高くなった。翌朝起床時わずかに減少したが、最終テスト時に最大となった。コントロールで作業量のパターンは Y. Y. と同様の傾向を示した。最高心拍数は、作業後、仕事量が減少したにもかかわらず作業前より高い値を示すが、その後は、仕事量により異なり、仕事量が多いと高い値を示した。回復5分後の心拍数も同様である。コントロールでは、仕事量の変動がサウナ入浴時と異なるにもかかわらず最高心拍数の変動はほぼ一致し、絶対値にも差は認められない。平均血圧は、作業終了時も回復5分後も仕事量の変動が異なるのに M. O. と同様傾向を示した。コントロールでは、作業終了時の平均血圧は、作業後仕事量の減少にもかかわらず高い値を示し、仕事量に回復の傾向がみられはじめから逆に低下し、漸時一定値に近づく。回復5分後の平均血圧値は、仕事量が最低値を示した際わずかに高い値を示したもののほぼ一定値を示し、Y. Y. 同様全般的にコントロールの方が高かった。

(4) 自覚的症狀について

図5は、自覚的症狀につき出現率で示したもので、3名の被検者の訴え数の合計数値から算出した。精神的作業による自覚症狀の現われは、作業前に比較し作業後著明となる。サウナ入浴後は、この症狀が急に減少し、むしろ作業前よりも低くなる。コントロールでは、作業後症狀を訴える出現率が増加し、就眠前まで高率を示し、翌日になり減少する。特に身体的症狀と神経感覺的症狀には、サウナ入浴の影響が著明に現われる。局所筋的作業の場合、作業による影響とサウナ入浴による効果の現象は特別みられなかったが、身体的症狀の場合、サウナ入浴後出現率の減少傾向がみられ、コントロール実験では、増加する傾向を示した。全身的作業の場合、作業後身体的症狀の出現率が増加し、逆に心理的症狀と神経感覺的症狀が減少した。サウナ入浴後、身体的症狀は減少するが再び作業後の値にもどり、就眠に入り翌日減少

の傾向を示した。しかし、翌日になっても作業前の出現率に回復することはなかった。心理的症狀と神経感覺的症狀は、サウナ入浴後、作業前の値にまで出現率が増加し、一担減少するが、就眠前増加する。翌日は、作業前の値より低くほぼ一定値となる。コントロールでは、作業後、身体的症狀が増加しその後も増加の傾向を続け高い出現率でほぼ一定になる。翌日の起床時も前日の値を示し最終テストで減少するが作業前の値にまではいらない。心理的症狀は作業後も出現しないが、自由時間後急に出現し、就眠までわずかつづ減少し、翌日も減少傾向を示し、出現しなくなった。神経感覺的症狀は、作業後高い出現率を示し、ほぼその値を上下し就眠まで続く、翌日はまったく出現しなくなった。

考 察

サウナ入浴が疲労除去にもたらす効果は、異常な高乾燥温刺激が、体温調節のために温熱性発汗を反射的に引きおこし、その汗分泌により、血中及び組織内に増加した老廃物（又は作業によって生じた代謝産物）を多量に体外に排泄する働きと、高温への急速曝露が、温度中枢を極度に刺激することにより大脳で意識水準が高まるとともに、他の感覚に対し抑制作用を与え、脱刺激後この抑制から解放されて生じる脱力状態（リラクゼーション）の働きに負うところが多いと思われる。つまり、高温に曝露された場合、生体は体温調節のために、交感神経が刺激されて皮膚血管拡張が生じ、皮膚血流量は急速に増加する。皮膚の真皮深層に分布している能動汗腺からの汗分泌は、この増加した血液中の水分が大部分であり、血漿中の老廃物（代謝産物）は、血中水分とともに体外に排泄される。又、皮下組織に分布している能動汗腺からは、組織細胞液を分泌する。作業等によって生じた代謝産物などは、組織内に残留するが、これが細胞液とともに汗腺の働きで体外に排泄される。汗成分の中で乳酸量等が静血液中よりも多いのは、このためでもある。したがって、発汗にもなう老廃物の体外排泄量は、異常発汗量に伴う弊害とか生理的限界を超えるような生体失調がないかぎり発汗量に比例すると考える。この発汗に

Subjective-Symptom of Fatigue(manifestation rate)

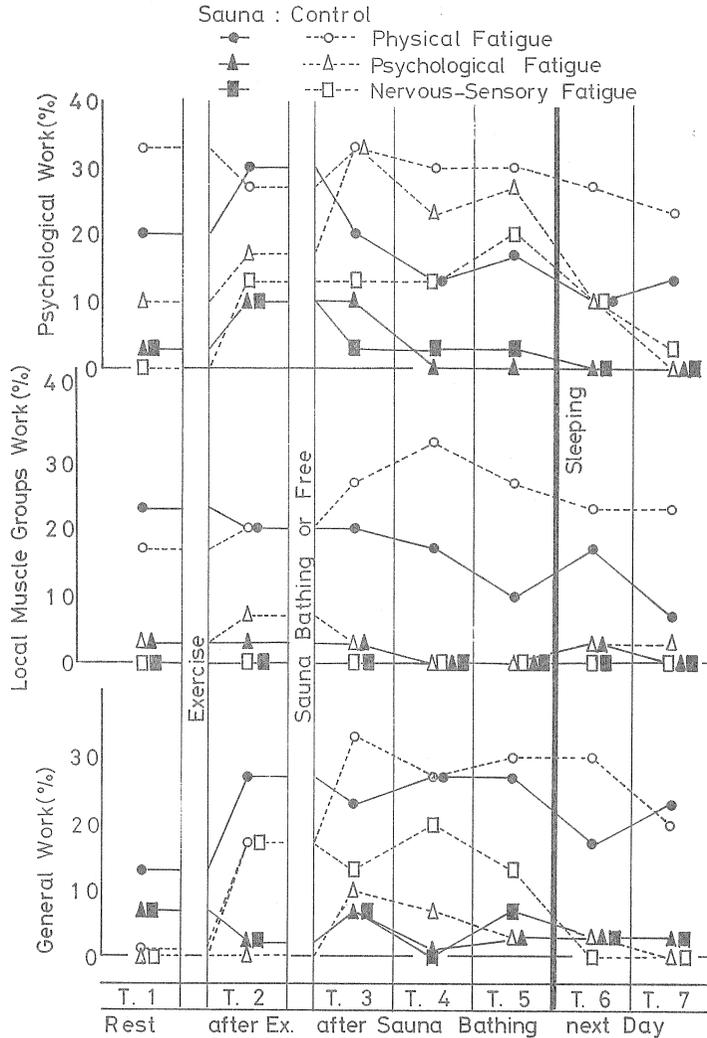


図5 自覚症状の発現率

黒印：サウナ入浴日 白印：コントロール日

- ：身体的症状
- ▲：心理的症状
- ：神経感覚的症状

よる排泄作用が、他の排泄器による作用と結びついて、作業等で生じた不要な分解質や老廃物を速やかにしかも多量に排泄させることができ、これがサウナ入浴による疲労除去に有効な働きとなっているのであろう。一方、異常な高温が与える中枢神経系への効果であるが、体温調節中枢は、他の感覚中枢と同様な部分は視床下部であるが、間脳以下の中脳、延髄にもその一部がある。体温調節反射の求心性刺激は、主に皮膚の温、冷覚に

よって与えられ、脊髄の後根から後柱に入りこれが上行して脳内の中枢に入り、温度反射をひきおこす。異常高温下に生体が急速曝露された時、皮膚温覚からの神経衝撃は、求心性神経を上行してそれぞれ下位から上位への温度中枢に伝わり、大脳皮質に入り温覚領を刺激する通常ルートに加え、脳幹網様体に入った神経衝撃のルートが問題となる。脳幹網様体に入ったインパルス（神経衝撃）は、上行して情動を支配する間脳を刺激し、これ

が強く大脳皮質に影響し、意識水準を高める、一方同時に下行したインパルスが遠心性神経線維をつたわって他の感覚神経を庶断する形で感覚を抑制する作用を与えるからである。もっとも、この説は Hernandez-Péon 等 (1957) のネコとネズミを検体として行なった視覚と聴覚の実験を勝手に温覚にも当てはめてみたものであるが、恐らく知覚の促進と抑制のメカニズムはこうしたものであることはまずまちがいのと思われる。したがって、異常高温刺激から解放されることにより、脱制止状態がおき、生体にリラクゼーション効果をもたらすわけである。

本研究の中心課題は、これら、サウナ入浴の効果の仮説が、実際の作業疲労除去の面でどの程度実証されるかということである。

我々は、はじめに述べたように、作業成績の低下が疲労であるとする立場である。だから、疲労の除去現象とは、作業成績の回復又は回復程度を問題にして考察を進める。

精神的作業の場合、長時間の単純加算とコーディング作業後、作業量テストに明らかな疲労現象があった。その現象は、作業量の低下、単純反応時間の遅れ、自覚症状の出現率の上昇である。サウナ入浴後、被検者 M. O. に作業量の回復傾向が認められたが、他の2名の被検者には、この傾向はなく、単純反応時間も、コントロールの場合速やかにはじめの値を示すのに、この場合作業後の遅い値が定常値となる。しかし、自覚症状は、コントロールの場合、作業後から漸時出現率が高くなるのに、サウナ入浴の場合、入浴後からその出現率が著明に低下し、皆無となる。この結果は、作業量でみるかぎり、サウナ入浴の効果は示されないが、サウナ入浴により、身体的にも精神的にも感覚的にも疲労の自覚感を除去することに大きな効果があることを示している。又、単純反応時間の遅い定常値からすると、中枢系の興奮水準の低下からくる筋-神経系の緊張低下が生体にリラクゼーションを与えており、これはストレス量の減少と考え合せれば、おそらく、先に述べた大脳皮質に所在している温覚領の異常興奮からくる意識集中と、脱制止後の神経緊張弛緩による結果であろう。したがって、作業成績が回復しなかった

のは、精神的疲労が原因ではないように思える。

局所筋的作業では、サウナ入浴による作業成績の回復は、いずれの被検者についても認め難い、作業後低下した作業量がサウナ入浴後回復傾向を示したのは被検者 M. N. であったが、作業前の値からすると低くすぎるし、コントロールと比較しても明らかな回復傾向であるとは思えない。しかし、最大筋力がコントロールの傾向と異なり、サウナ入浴後、作業前より高い値を示すことや、自覚症状の出現率がサウナ入浴により低下することからすると筋疲労は除かれなくても、大脳皮質からの抑制作用が軽減し、作業により生じた身体的、心理的ストレス感が除去され、精神的作業疲労の場合と同様、リラクゼーションの状態をつくる効果が認められる。

このように、作業量でみるかぎり、精神的作業疲労も局所的作業疲労もサウナ入浴では有効に除去できないにしても、ストレス感を除去し、生体にリラクゼーション状態をもたらすには有効であることがわかった。では、なぜ作業量が回復しなかったのか。長時間の単純加算とコーディング作業は、精神的ストレスをもたらすとともに、局所の筋的作業でもある。自覚症状の内、身体的疲労感の出現率が作業後高くなったのはこのためである。筋疲労が中枢性のものが末梢性のものかについての論争は、モッソー以来の長い歴史をもっているが、今なおマートン等の末梢説とシュアプらの中枢説に興味深い論議が展開されている。猪飼と矢部は、この論争に対し、電気刺激の疲労曲線から、末梢性因子と中枢性因子が区別して考えられ、その総和として疲労がもたらされることを量的に明らかにしている。又、筋疲労の末梢説をとるマートンは、疲労の回復が血流によりもたらされることを実証している。作業量が回復しないのに最大筋力が作業前よりサウナ入浴後高くなったのは、これらの研究結果から次のように考えられよう。前述したように、サウナ入浴により、中枢での抑制力が低下した。中枢性の疲労は、ストレス量の増加であり、それが抑制因子となり機能低下を引きおこしているわけで、アンフェタミン、コカイン、あるいは“かけ声”等の脱抑制刺激を与えると疲労曲線が改良される。サウナ入浴もこの効果

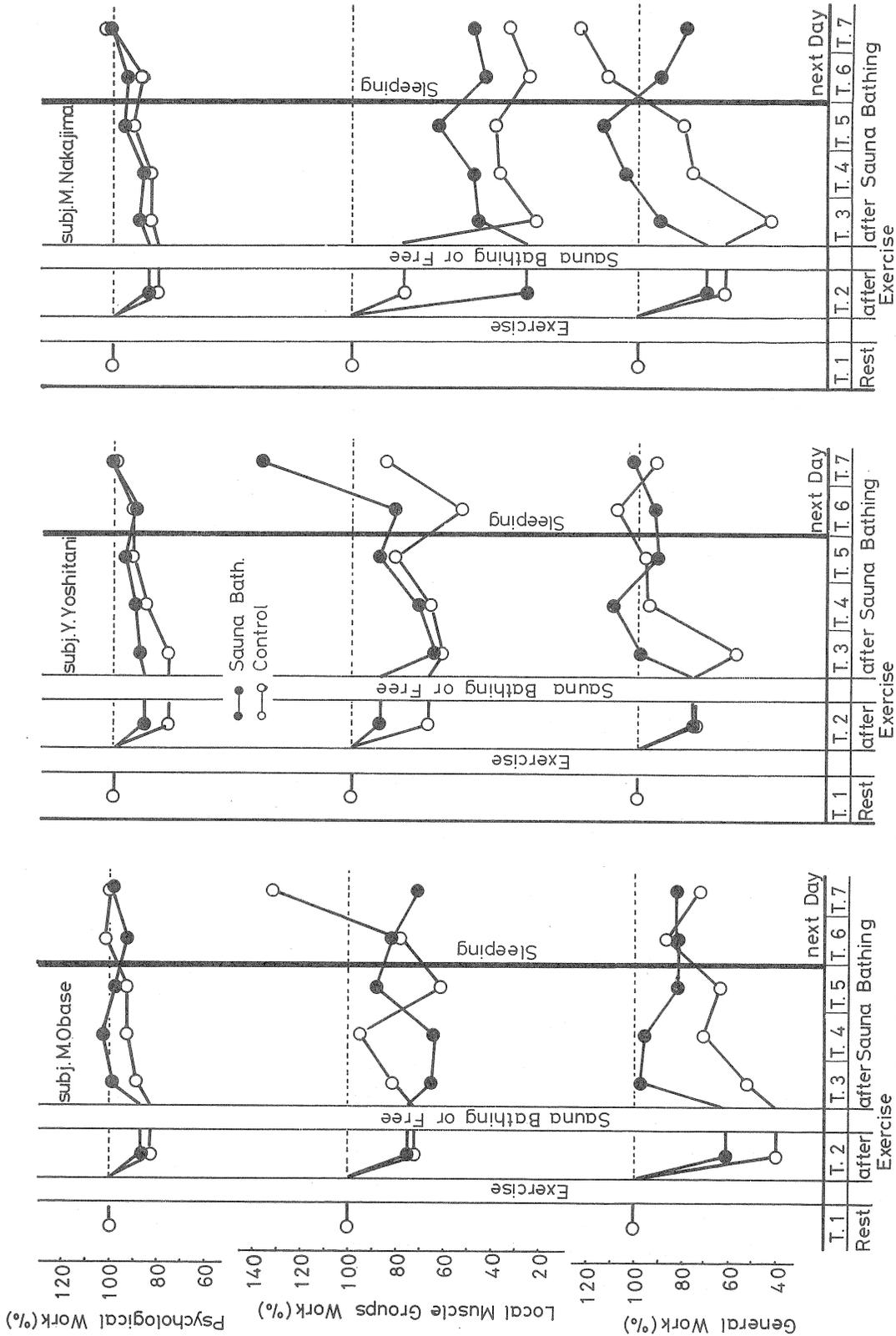


図6 作業前の値100とした時の作業後の作業成績の変動率
 上段：精神的作業 中段：局所筋作業 下段：全身的作业
 黒印：サウナ入浴日 白印：コントロール日

を持っていることになる。しかし、末梢性疲労の回復は、筋血流量に關与しており、マートンも示しているように、血流を阻止すると回復傾向を示さない。筋血流量は、これまでの報告からすると、物理的な温度によっては増加しないし、我々のこれまでの研究結果からでは、今回採用した水浴法の場合、最大血圧が入浴前よりもわずか5%しか上昇せず、心拍出量の著明な増加がなかったことと思われる。これに対し、皮フ血流量は、体温調節のため担当量増加していると思われる。この結果、サウナ入浴中の筋血流量は、心拍出量の配分比が皮フに有利になり、減少したとみるのが妥当であろう。したがって、筋血流量の減少からくる酸素供給量の低下は、むしろ疲労回復過程に遅れを生じさせる結果を招いていると思われる。被検者 M. O. と Y. Y. の作業量テストの結果はこのことを示しているのであろう。以上のことから、中枢性の疲労には、サウナ入浴が一定の効力を発揮するが、末梢性の疲労には、効果があるとは思えない。

これに対し、全身的作業の場合、明らかにサウナ入浴の効果が示されている。いずれの被検者も作業量テストでは、サウナ入浴後、ただちに回復傾向を示し、Y. Y. と N. M. の名は、作業前のテスト時より優れた値をしめす。しかし、就眠前あるいは翌朝から再び作業量の低下がはじまり、はじめの値より低くなり、さらに、コントロールより悪い成績となる。カルボピッチは、身体のエネルギー消費を伴う行動における疲労は、生化学的な性格のもので、主に三つの原因が考えられるとしている。第1は、体内に貯蔵されているエネルギーの発生物質が使い果されたか又は、これらを使用できなくなった状態、第2は、体内の代謝の障害となる代謝産物（主に乳酸、二酸化炭素、磷酸等）が蓄積され、筋収縮力を抑制したり防害される状態、第3は、生理的・化学的な変化、すなわち、血液とかリンパの生理的・化学的な変化による身体の内部環境が乱れ、恒常性がくずされる状態である。

本研究での全身的作業による疲労現象は、蓄積されたものではなく、急性疲労である。これ故、主な疲労の原因は上記の第2の状態によるもので

あると考える。なぜならば、第1の原因では疲労困憊状態を意味するもので、サウナ入浴を行なったとしても糖分等の物質投与がなされなければ急速な作業量の回復は望めないであろうし、第3の原因では、例えば、高温下の作業で極度の発汗による塩化物あるいは組織の水分等の不足による恒常性の乱れは考えられるにしても、今回の作業はそれほど長時間ではなく、外部環境は 20~22°C という快適条件下であることから、身体内部環境が乱れるような恒常性のくずれが生じたとは考えられないからである。

では、今回の作業における疲労の主因が前述のように、組織及び血中に蓄積された代謝産物と不要分解物質であるならば、これらを早期に体外に排泄すれば疲労回復がなされることになる。先に述べたように、サウナ入浴による発汗の亢進がこの役目を果し、したがって、入浴後すぐに作業量の回復が認められたのはこれによると思われるのである。しかし、注目すべき事象として、就眠前あるいは翌朝のテストでサウナ入浴した場合作業量が低下したことを挙げたい。この原因は定かでない。恐らく、自覚症状にわずかながら示されている、精神的あるいは神経・感覚的な疲労感が原因として、ディルの言う「退屈型疲労」に類するもので意欲の減退を引きおこした結果によるものと思われる。

以上のことから、サウナ入浴の疲労回復に与える効用としては、(1)精神的疲労に対し、リラクゼーションの効用が見込まれるか(2)局所筋の疲労に対しては、この効用はほとんど望めない。しかし(3)全身的疲労には一時的回復には非常に有効であるが、一定時間後逆に疲労感をもたらす作業量の低下が生じると考えられる。

ま と め

(1)サウナ入浴が作業疲労の回復にどのような効果をもたらすか検討した。

(2)意図的に与えた疲労は、精神的作業疲労、局所筋の作業疲労、全身的作業疲労である。

(3)サウナ入浴法は、サウナと水浴をくり返し、3回入浴後30分就眠する法を用いた。

(4)疲労判定テストは、精神的作業疲労の場合、

10分間の単純加算の出来高と動揺度，単純反応時間である。局所的筋作業疲労の場合は，前腕エルゴメーターによる仕事量の最大筋力で，全身の作業疲労の場合は自転車エルゴメーターによる仕事量，作業中及び後の心拍数と血圧である。いずれの場合も質問紙法による疲労の自覚症状テストを行なった。

(5)テストは，作業前1回，作業後翌日10時までには7回行なった。

(6)結果は，精神的疲労も局所的筋疲労にも作業成績でみるかぎりサウナ入浴はその回復に有効とは思えないが，自覚症状及び他のテスト結果から，疲労感の除去には有効である。全身の作業疲労に対しては，一時的な急速回復には有効であるが，一定時間が経過すると疲労感が発現し作業量が低下する。

(7)以上のことから，サウナ入浴法は疲労感を取り除き，リラクゼーションをもたらすのに有効であるが，全身的な作業量の一時的回復をもたらすものの，全般的には作業成績からみた疲労回復に有効であるとはいえない。

文 献

- 1) 学術研究会疲労研究班；疲労判定法。厚生科学研究会，1947.
- 2) Hernández-Peon, R., Scherser H. and Touvet, M. ; Modification of electric activity in cochlear nucleus during "attention" in anesthetized cats, *Science*, 123, 331-332, 1959.
- 3) 猪飼道夫；疲労 生理学大系IX "適応協関の生理学" 937-975, 1970.
- 4) 猪飼道夫，矢部京之助；筋力と疲労の研究 [1.2]，*体育の科学* 17, 108-113, 166-172, 1967.
- 5) 黒田善雄，他；サウナ入浴の生理学的研究・第2報 昭和46年度日本体育協会スポーツ科学委員会報告 No. VI, 1972.
- 6) Karpouich, Peter V. ; *Physiology of Muscular Activity*, W. B. San. Comp. 1959. (日本版，猪飼，石河訳，*運動の生理学*)
- 7) Kozlowski, Stanislaw and Saltin, Bengt ; Effect of sweat loss on body fluids ; *J. Appl. Physiol.* 19(6)1119-1124, 1964.
- 8) Marton, P. A. ; Voluntary strength and fatigue ; *J. Physiol.*, 123, 553-564, 1954.
- 9) 大島正光；疲労の概念，*スポーツ科学講座* 4, *スポーツと疲労・栄養*, 11-19, 1965.
- 10) Schmaf, R. S. ; Motivation in measurement of fatigue. Symposium on Fatigue (Ed. W. F. Floyd), 143-148, 1953.
- 11) 吉井直三郎；生産高動揺法。疲労判定法 (学術研究会疲労研究班編)，23章，115-117, 1947.
- 12) 横堀 栄；スポーツと疲労，*体育の科学*, 12, 130-134, 1962.