

温熱刺激のリラクゼーション効果

——背景脳波と心拍変動の解析から——

末弘静子・市村孝雄^{*1}

Relaxation by a moderate thermal stimulation

—Spectral analysis of electro-encephalogram and heart rate variability—

by

Shizuko SUEHIRO and Takao ICHIMURA

1. はじめに

現代社会は、過去人類が経験しなかった多種多様の問題を抱えている。社会構造の変化、生存環境の劣悪化、犯罪の重度化、そして格差社会の出現など混沌とした様相を呈している。そのような社会に存在する我々はいやおうなく種々の内的外的ストレスに暴露されており、それらが心疾患、脳血管疾患などの生活習慣病の誘引因子になっているとの指摘もある^{1,2,3,4}。一方で不快ストレスをいかに軽減させ、自己管理するか“くつろぎ”や“いやし”によるストレスからの解放が求められるようになっており、心身に積極的に快刺激を与えることによるリラクゼーションやヒーリングなどが注目を集めている。リラクゼーションとは、生理学的に α 波や副交感神経が優位に賦活された平穏な状態をいう。人間をはじめとした動物は、古来より経験的に“温かさ”に“リラクゼーション効果”があることを知っている。

温熱の快適度は、代謝や循環の亢進という生理学的あるいは生化学的効果にとどまらない生理心理的作用をもたらす。今回、熱刺激として植物成分から調合された線香を用いて足底に5分間温熱刺激を与えたときの生体がどのように変化するかを脳波や自律神経活動という生理学的基礎に乗せて、評価、検討した。究極の“いやし”は“良質の睡眠”といっても過言ではなからう。

現在日本では、およそ5人に一人が何らかの睡眠に関する悩みを抱えているといわれている^{5,6}。“良質の睡眠”を得ることは、充実した人生を送るための重要な鍵であろう。睡眠は、発達した大脳を持つ高等動物の生体防御技術であり、脳の疲労を回復させるためにも脳自身が

* 1 山口県立大学大学院 健康福祉学研究科

作り出すものといわれている^{5,7)}。

あらゆる情報は感覚器官で受容された後、大脳皮質の感覚野に伝達され、そこで生じたさまざまな感覚とこれに関連する過去の記憶などの情報が、大脳皮質連合野で統合され、刺激に対する意味についての情報が形成される。この情報が、大脳皮質連合野から、より下位中枢の視床下部及び脳幹部に伝達されると、自律神経系や内分泌系などの働きが調節される^{8,9)}。従って、熱に対して、快、不快といった感情が発生した場合、脳波や自律神経系に何らかの変化がもたらされることが予想される。

そこで、熱刺激に対する生理学的反応を分析し、リラックス効果について検討したので報告する。

2. 研究方法

2・1 対象者

神経系あるいは循環器系の既往歴をもたない健康な女子学生 21 名（年齢 21 歳～29 歳）を被験者として、背景脳波及び心電図 R-R 間隔変動は各々 3 回、Control として各 1 回測定した。

対象者には事前に文書と口頭で、実験の目的、方法、内容について説明を行い、研究参加の同意を得た。また測定される生理学的指標の変動因子をできるだけ除去するために、対象者には、測定前日から薬物（カフェイン・アルコール・喫煙）の摂取と激しい運動を禁じ、十分な睡眠をとること、食事を測定時刻 2 時間前までに終えることなど、必要な制限と指示を与え、排尿を済ませて実験を行った。

2・2 実験環境

測定は、音と外光を遮った静かな部屋で温度 25 ± 1 °C に設定し、午後 3 時から 4 時の間に 45 分間測定を行った。測定用のベッドにはベッドパットの下に交流干渉を防止するためのシールドシートを敷き、頭皮上に装着した電極がベッドに触れないよう柔らかい枕を 2 個組み合わせ使用した。

2・3 測定項目

生理学的指標

a) 脳波 (δ 波：周波数 0.5～4.0Hz・ α 波：周波数 8.0～13.0Hz)

眼電図・呼吸運動も同時にモニターした。

b) 心電図 R-R 間隔変動 lf (低周波成分)：0.04～0.15Hz、hf (高周波成分)：0.15～0.45Hz)

(脳波計、心電図計共に日本光電社の生体信号増幅器 (ポリグラフ) 使用)

2・4 実験手順

対象者に対し、脳波計及び心電図計を装着したまま、波形が安定するまで安静を保った後、測定に入った。ベッド上に仰臥位で 10 分間の安静閉眼状態を維持させ、5 分間足底に温熱を照射し、その後 30 分間安静閉眼状態で脳波・心電図を測定した (図 1)。熱刺激には艾成分を含む 5 mm 径ロッド (I 社) の先端を赤熱し、5 本並べて足底を 6 cm 離れた距離から連続照射した。足底に当たる熱は、ほんのりとした温かみを感じさせる程度の熱で¹⁰⁾、直接照射部位に近い足の母指で最大 1℃の局所温度上昇が認められる程度のものであった。背景脳波の測定は日を変えて各々 3 回行い、さらに同被験者で熱照射を行わない条件下での Control も測定した。

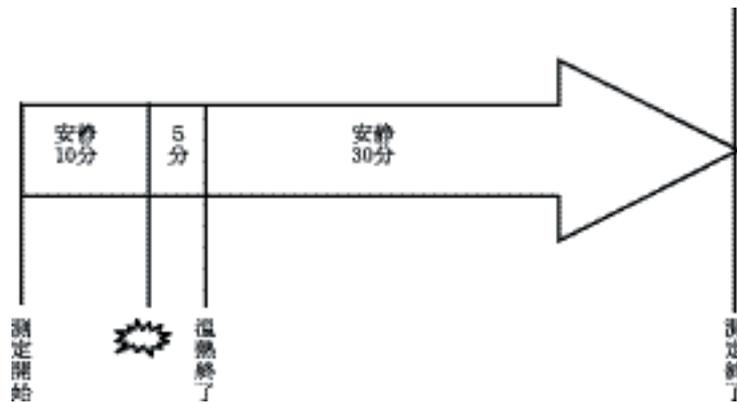


図 1：刺激時間と測定時間

10 分間安静→で仰臥位のまま足の裏に 5 分間熱を連続照射した。→刺激終了後も仰臥位のまま 30 分間安静状態で測定した。→測定終了

<電極装着部位>

1) 背景脳波

測定電極：国際法の 10-20 法を利用して、正中線上における鼻根と後頭結節を結んだ距離 (A) の 50%位置に Cz を、Cz から (A) の 20%前方に Fz を、Cz から (A) の 20%後方に Pz の 3 点を選び、測定電極を装着した。

基準電極：左右両耳朶連結

アース：眉間

眼電図：眼高上縁および眼高側縁の 2 箇所

2) 心電図

電極：胸部双極誘導 (NASA 誘導)

アース：左足外踝上 3 cm

2・5 データの記録

記録ソフト BIMUTUSRecorder (KISSEI COMTECK)

1) 脳波測定条件の設定

a) 背景脳波

感度：100 μ V/DIV

低周波フィルター：0.5Hz

高周波フィルター：30Hz

b) 心電図

感度：1.0mv sens

低周波フィルター：1.5Hz

高周波フィルター：100Hz

2・6 方法・解析

背景脳波は 10 分間の安静状態のうち、後半 5 分間のデータを安静時脳波とした。温熱刺激中および終了後 30 分間の合計 40 分間を 5 分毎に分割して以下に示す各波形の周波数分析を行った。分析周波数は 0.5~30Hz で、帯域は δ 波帯域 (0.5~4.0Hz 未満)、 θ 帯域 (4.0~

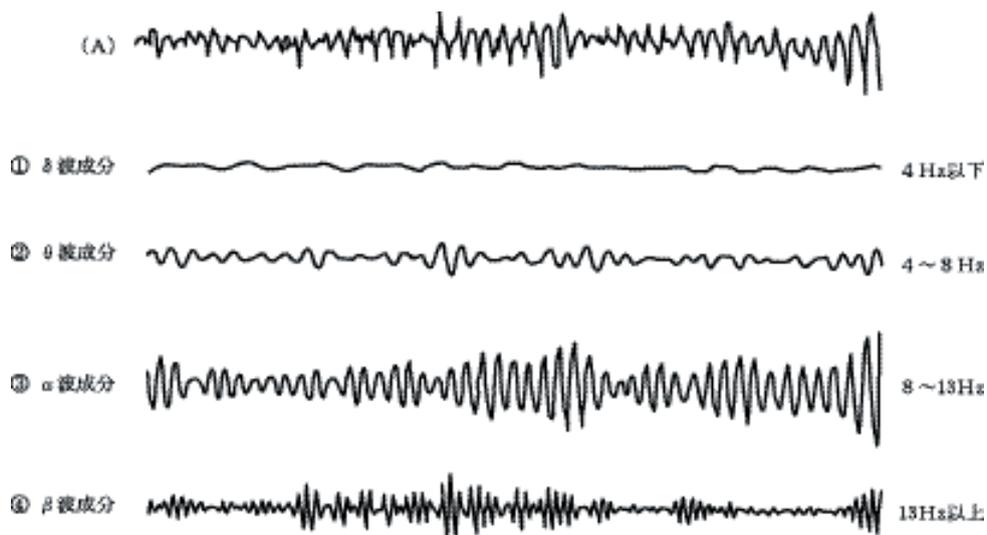


図 2-1：脳波構成成分

脳波は周波数の違いにより大きく 4 種類に分類される。しかし、それぞれが単独で存在するのではなく、4 種類の成分が互いに重畳して 1 波形を形成している

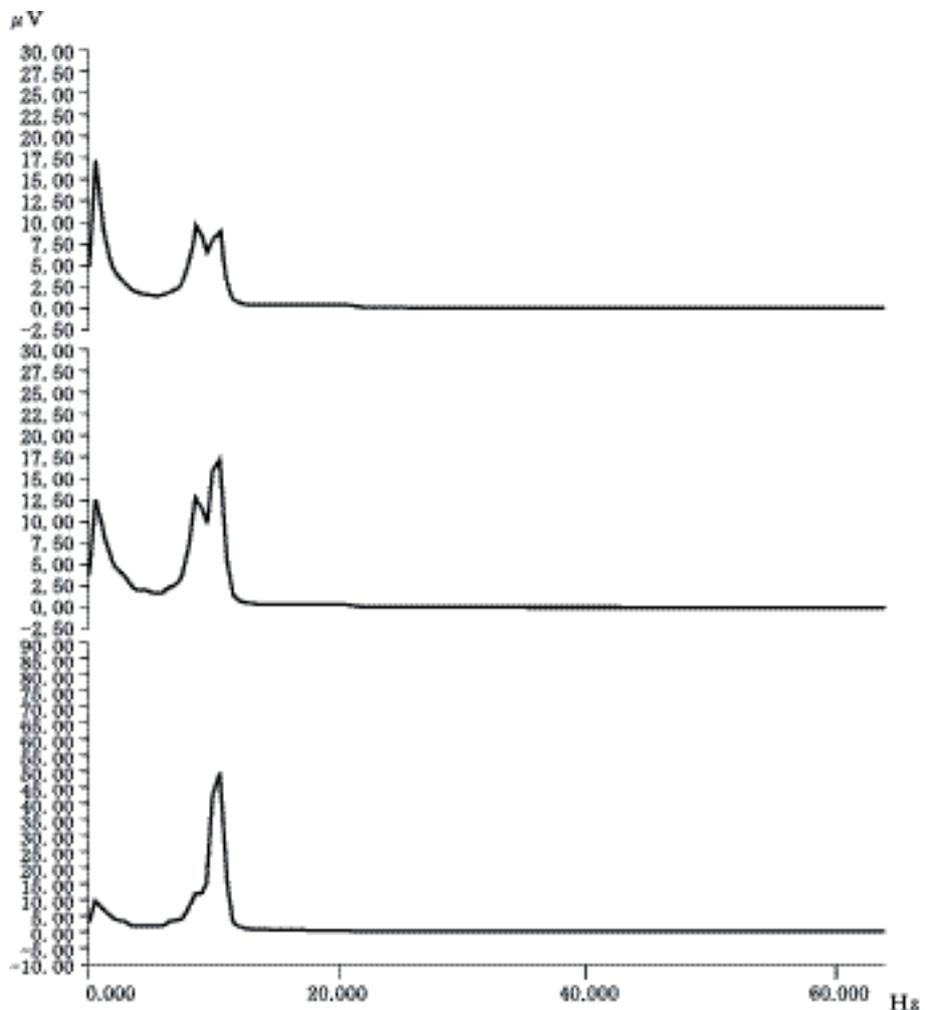


図 2-2：脳波パワースペクトル

図が3段で構成されているのは、頭皮に装着した電極の位置を示すものである。一番下はPzつまり後頭部、Czは頂頭部、Fzは前頭部付近を表した波形である。図の横はHz、縦は振幅の強さを表しており、当該周波数の面積が大きいほど生体反応の大きさを示している。この図から α 波の含有量が確認される。

8.0Hz未満)、 α 波帯域(8.0~13Hz未満)、 β 波帯域(13.0~30.0Hz未満)とし(図2-1)、BIMUTUSRecorderによる高速フーリエ変換によってパワースペクトルを求め、各帯域の積分値を計算した(図2-2)。刺激中の5分間は大きな変動が予想されるため、1分毎のスペクトル成分も同様の手法で解析した。

心電図も脳波と同様に5分毎に周波数解析し脳波と対応させた。分析周波数は低周波成分(以下lf:0.04~0.15Hz未満)、高周波成分(以下hf:0.15~0.45Hz未満)とし、心電図R波

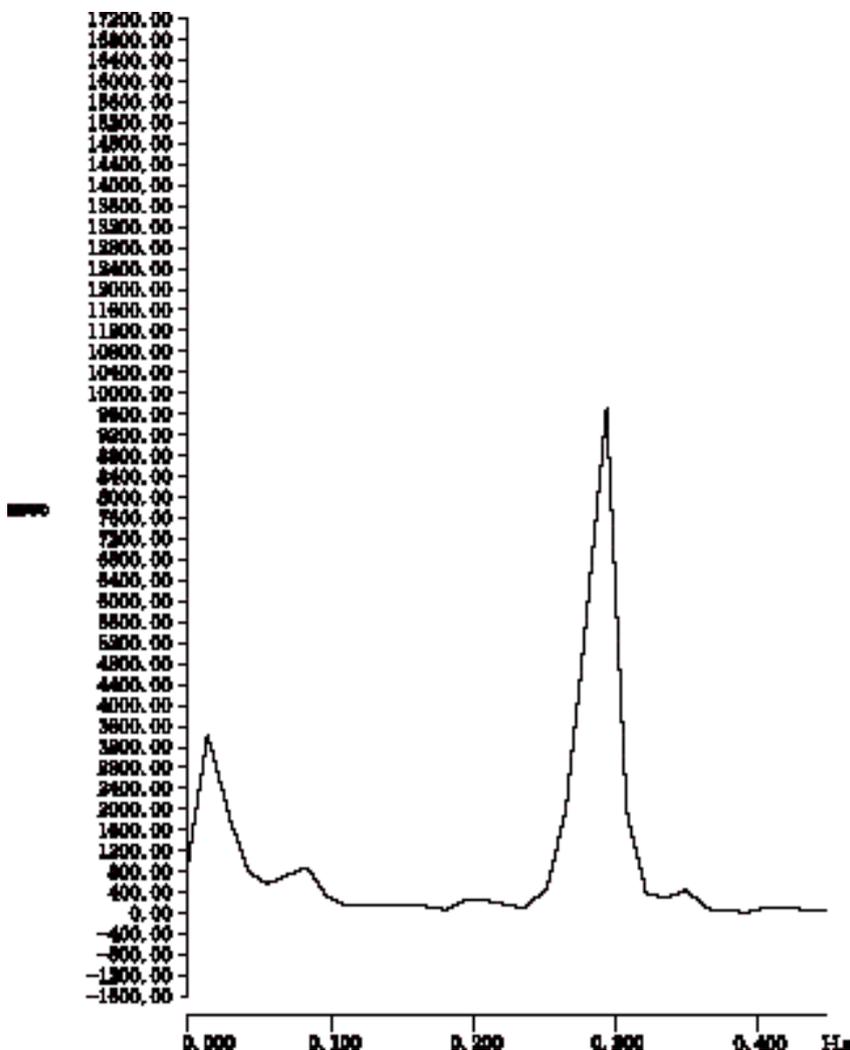


図3：R-R 間隔パワースペクトル

心電図 R 波と次の R 波の間隔のゆらぎから自律神経活動状態を知ることが可能である。健常人の場合 R-R 間隔は吸気時と呼気時では異なり、これを生理的洞性不整脈と呼び、高周波成分、低周波成分から構成され、それらの含有率から自律神経活動の状態を外部から推察できる。この図では二種類の異なる成分が認められる。左の突起は lf（低周波成分）右は hf（高周波成分）を表しており、hf の強さから、副交感神経活動が活発で心身ともにリラックスした状態が観察される。

と R 波の間隔（以下 R-R 間隔）を縦に周波数を横にとって求めたパワースペクトルの高周波成分から温和な熱刺激を受けている状態での心臓迷走神経の活動を評価した（図3）。熱刺激を与えない状態を対照群、熱刺激を与えた状態を実験群とし、5 分間毎にその時間帯における平均値を求め、t 検定を行い p 値 5 % 以下を有意差ありとした。

3. 結果

3・1 安静時の α 波成分、hf成分、 δ 波成分

図4-1～3に安静時の α 波、hf、 δ 波の各成分含有率を示した。 α 波は10～60%、hfは30～80%以上、 δ 波では20～80%以上といずれの成分も幅広い分布を現わした。 α 波では10%台が17例、20%台が23例と全体の65%がここに集中していた。hfは60%台が10例、70%台が14例、80%台が13例、81%以上が7割と60～80%に全体の70%が集中していた。 δ 波においては50%台が13例、60%台が21例、70%台が10例で全体の約70%が集中していた。

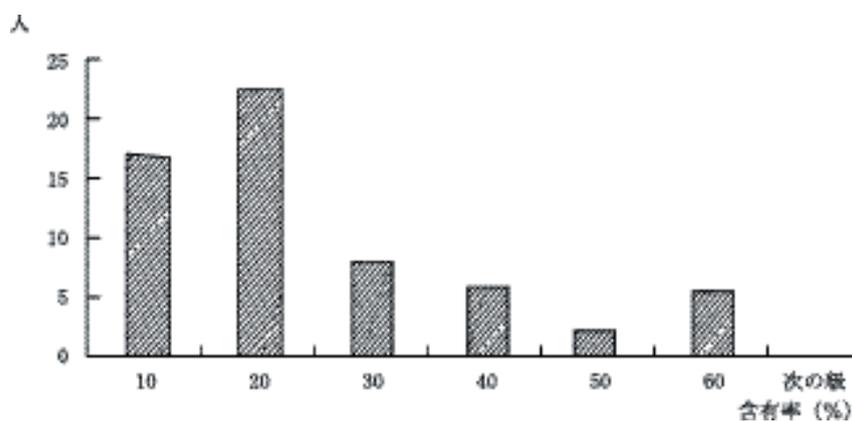


図4-1：安静時の α 波の分布

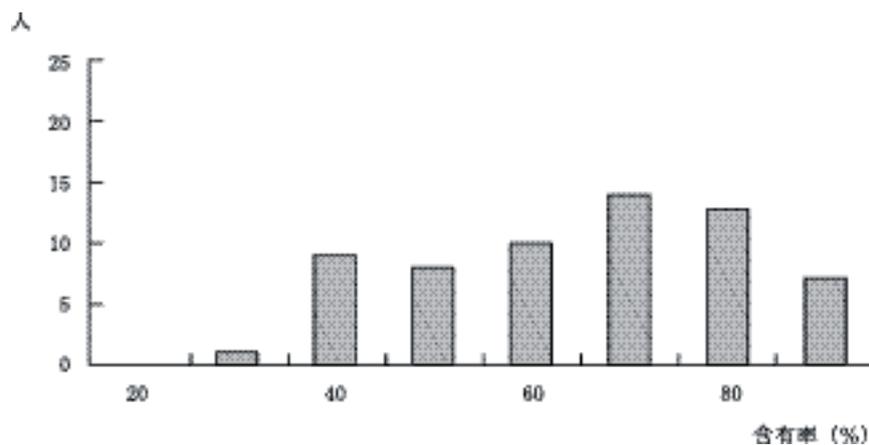


図4-2：安静時 hf (高周波成分) の分布

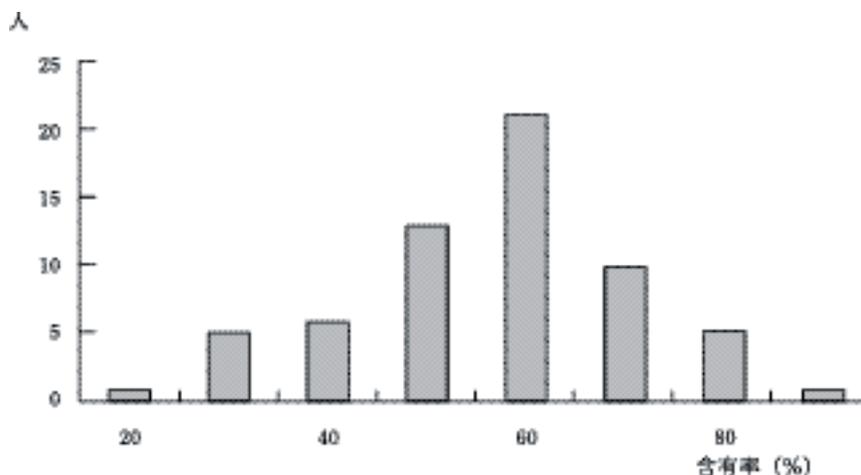


図4-3：安静時δ波の分布

図4-1、図4-2、図4-3は各成分の含有量と人数を表したグラフである。

3・2 分類

図5にタイプ別の時間経過における変動を示した。安静時のα波、hf成分、δ波の含有率は個人差が大きいため、単純比較を避け安静時を1として5分毎に変動率を求めた。群分けはα波を基準とした。

安静時α波の変動率を1として、刺激中から測定終了までの変動率が-20%以下を「反応—入眠型」(以下入眠型) +20%以上を「反応—覚醒型」(以下覚醒型) ±20%以内を非反応型に

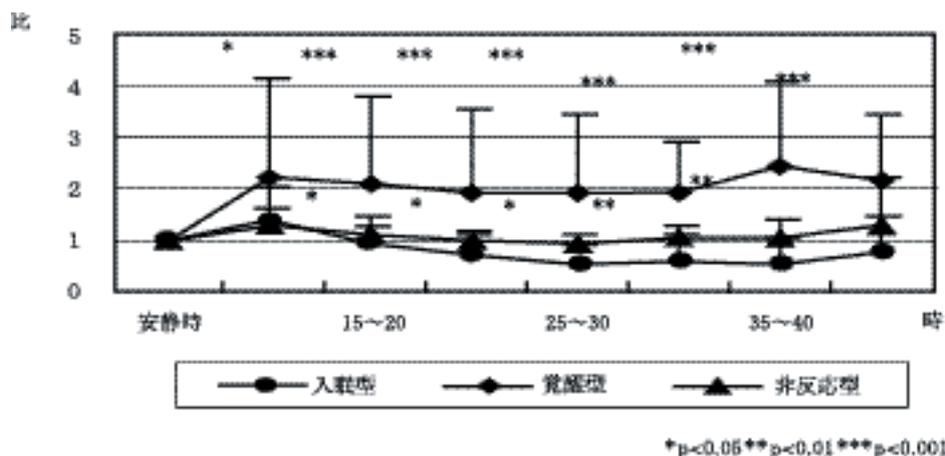


図5：タイプ別α波の経時変動

リラックスの指標となるのはα波である。従ってα波の変動をみて、類似した変動を示すもの同士を群分けした。

分類した。上下に変動したものについてはそれぞれの積分値の差を求め、20%を境に各タイプに分類した結果、入眠型が65%、覚醒型が11%、非反応型が24%の3群に分類された。

刺激中から、覚醒型は入眠型と比較して α 波が安静時の約2倍以上有意に上昇し、測定中上昇状態を維持しており、両者の差は測定後半に向けて明瞭な開きとなっていった。一方、入眠型は刺激中の α 波が安静時 α 波含有率1に対して約1.5倍の上昇にとどまり、覚醒型と異なる反応を示した。刺激終了直後から α 波の低下が始まり、25~30分以降、5割程度の下降で推移し、測定終了間際に若干上昇した。非反応型は入眠型、覚醒型と同様刺激中上昇しているが、そのレベルは3群中最も低く2~3割の上昇にとどまった。また刺激終了後からはほとんど変動なく推移していった。

3・3 各タイプと対照群との比較

対照群の時間経過を基準として、それに対する比を求めた。

<入眠型>

図6に「入眠型」に分類された実験群と、それに対応する対照群の各成分変動を示した。 α 波は刺激中、対照群に比較して約1.4倍の有意な上昇があった。その後は徐々に低下し、25~30分では対照群より4割程度も低下した。

hfは刺激中上昇傾向にあり、刺激終了後一旦下降するものの、20~25分を境に上昇し、その後は対照群より低下している。

δ 波は刺激中対照群より1割程度低下し、測定後半から上昇傾向に入っている。

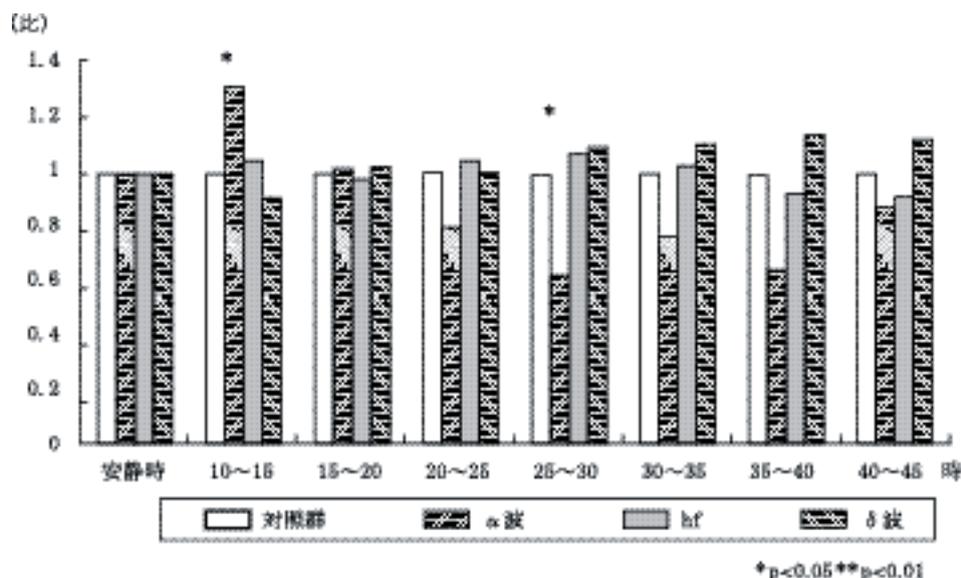


図6：対照群との変動比較（入眠型）

<覚醒型>

図7に「覚醒型」と、それに対応する対照群の各成分変動を示した。刺激中から対照群に比較してα波が有意に上昇し、その後も高水準を保って推移している。hfは全体的に対照群より低下傾向にあった。δ波は刺激中から対照群より低下しその後も有意に低水準で推移した。

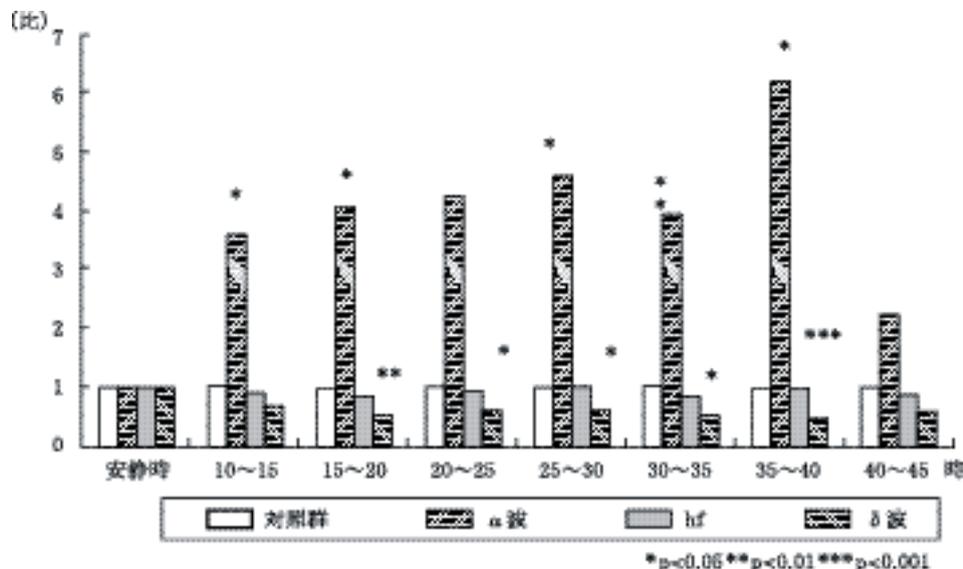


図7：対照群との変動比較（覚醒型）

<非反応型>

図8に「非反応型」と、それに対応する対照群の各成分変動を示した。α波は対照群と比較して刺激中から有意に上昇し、その後も継続して有意な上昇を示している。hfは刺激中と20～25分に若干上昇があったものの、全体を通して対照群より低下傾向にあった。δ波は刺激中より対照群を下回り、終了まで低いレベルで推移した。

3・4 刺激中の変動

図9-1～2は刺激中を1分毎に分割し、含有率の変動を求めたものである。安静時に比べて、刺激中5分間の変動が大きいことから、刺激区間を1分毎に区切った。α波とδ波変動のうち、入眠型のα波は足底に熱が当たった瞬間2.5倍程度上昇し、1～2分後には低下を始め、2～5分後には安静時レベルに戻っている。一方、覚醒型のα波は熱が当たった瞬間に約3倍上昇し、その後も高水準を保っている。

δ波では入眠型、覚醒型共に熱が当たった瞬間低下、その後回復してからは、覚醒型がほぼ平行に推移しているのに対し、入眠型は上昇傾向を見せていた。

温熱刺激のリラクゼーション効果

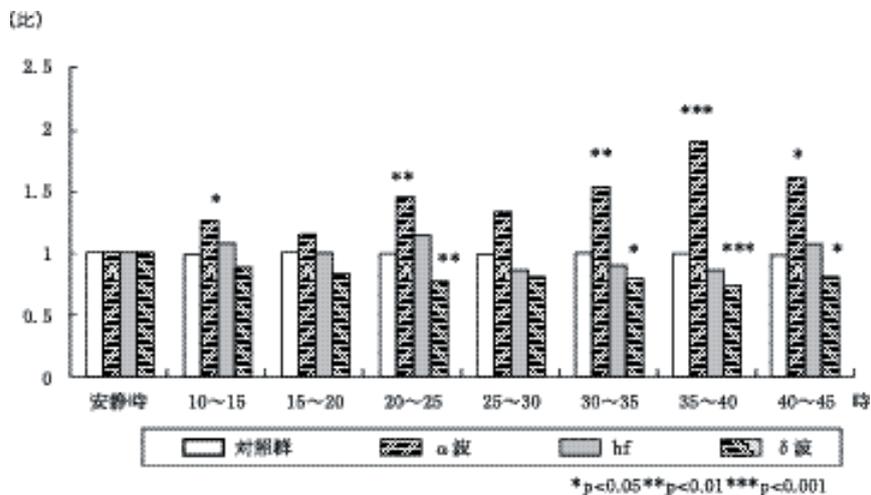


図 8：対照群との変動比較（非反応型）

図 6、図 7、図 8 は横軸が時間経過、縦軸は安静時を 1 として 5 分間ごとに比を求めたグラフである。* の数は対照群と各成分を比較し有意差があったものを表す。対照との比較から、温熱刺激に心地よさを感じていることが認められる。

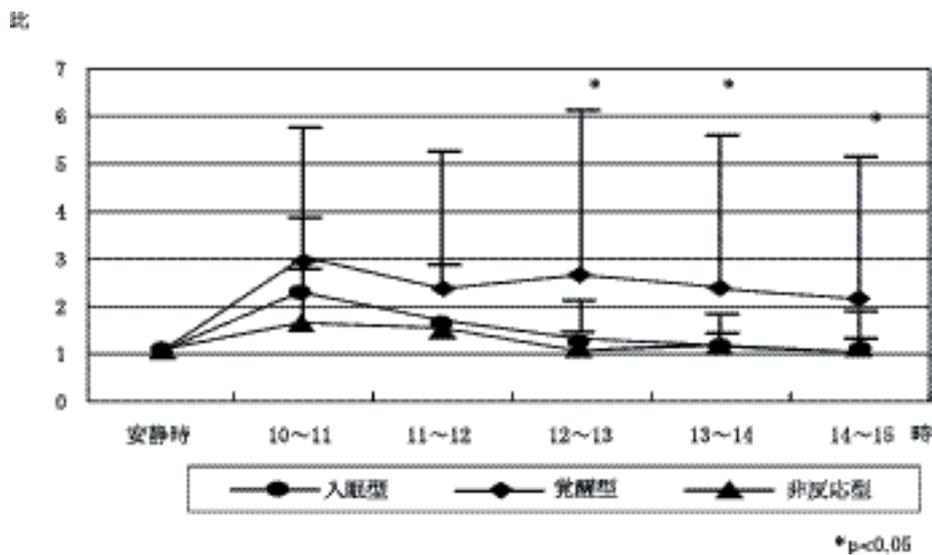


図 9 - 1：温熱刺激中 α 波変動の推移比較

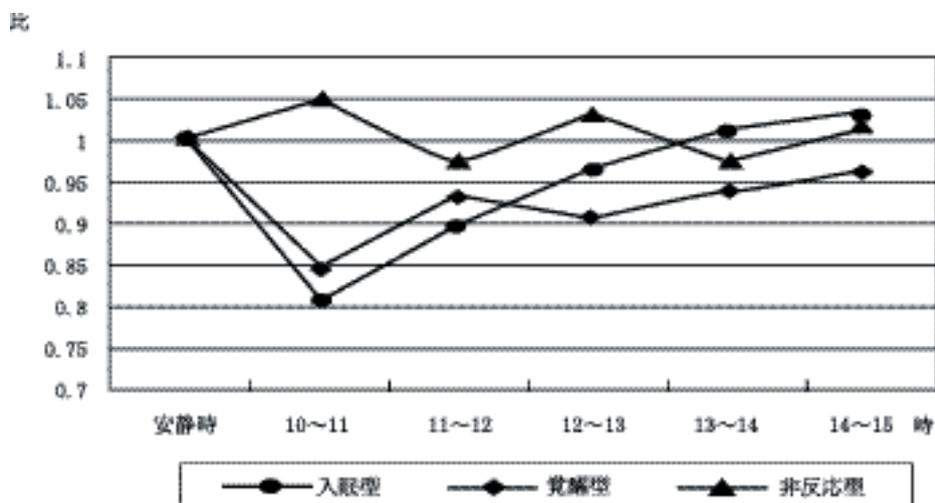


図9-2：温熱刺激中の δ 波変動の推移比較

いずれも刺激中5分間の変動を示したグラフである。横軸は時間経過、縦軸は安静時を1として比を求めた。

4. 考察

皮膚の感覚器官で受容された温熱刺激は脊髄・脳幹の伝導路を上行、大脳皮質の体性感覚野に到達し、連合野で統合されるとともに、視床と脳幹の自律神経中枢に入力を送り、体温、呼吸、血管運動神経などの自律性調節に干渉する^{8,11)}。そこで、温熱刺激を与えたときの生体反応を脳波の α 波および δ 波、ならびに副交感神経活動から考察する。

皮膚は身体内部組織を保護する役割を持つと同時に広い面積を持つ感覚器官でもある。発生学的には皮膚と神経系は同じ外胚葉から発達して、神経系は内部に入り込んで閉じるが、皮膚は外に残る。そのため、皮膚は神経系の出先機関とも言われている。皮膚に加えられた、触覚、圧覚、温冷覚などの物理的、あるいは化学的刺激は、皮膚の受容器で検出され、これらの刺激は電気信号へ変換されて受容器電位を発生する。受容器電位は活動電位を引き起こし、活動電位は感覚神経繊維を上行し、視床の特殊感覚中継核を経て、大脳皮質体性感覚野の神経細胞へと伝えられる¹²⁾。温度感覚については、冷温感に反応する皮膚上の小領域（感覚点）が存在し、それぞれ冷点（cold point）、温点（warm point）という。分布密度は温点より冷点の方が高い。皮膚温の上昇に対して温度受容器の活動は増大し、42℃付近をピークとして低下し、47℃以上では放電しない感覚ニューロンの存在が報告されている¹²⁾。従って、皮膚に熱を加える場合、温度の設定が重要となってくる。

生体に温熱を与える時、快感を与える温度範囲は狭く、一般的に40～45℃、生理学的効果

はいろいろな時間潜時をもって現れるといわれている¹³⁾。温熱の物理的刺激は、血液循環の促進、筋緊張の軽減、疼痛の軽減などの効用を示し¹⁴⁾、古来より経験的に日常生活の中で利用されてきた。直径 5 mm の熱源は、赤熱温度は約 800°C であるが、6 cm 隔てて足底に照射された時の皮膚表面温度はおよそ 41°C 内外であり、生体に不快感を与えない温度である。

落合が指摘しているように¹⁵⁾、安静時 α 波の値には、高いもの逆に低いものと個人差が大きいため、10 分間の安静状態のうち、後半 5 分間を安静時とし、その値を 1 として変動率を求めた。測定は同被験者に各 3 回行い、再現性が認められるケースがあったものの、全体的に個人内変動があるケースが多く、井上らも同様の報告をしている¹⁶⁾。しかし、その変動は刺激に対する、生体の多様な反応性や複雑さを忠実に反映した結果であり、風邪のため発熱していた 1 例を除外して 62 例はすべてデータとして扱った。

α 波の変動から、刺激に対して反応した群とほとんど変化しない群（非反応型）に分類され、反応した群はさらに、 α 波が低下、 δ 波が上昇した「反応—入眠型（以下入眠型）」、 α 波が上昇、 δ 波が低下した「反応—覚醒型（以下覚醒型）」の 2 タイプに分類された。中でも入眠型は 65% を占め、覚醒型の 11%、非反応型の 24% を大きく上回り、温熱刺激に入眠促進効果があることが明らかになった。

一方覚醒型は、刺激中から α 波が上昇し測定終了まで高値で推移している。温熱刺激によって深いリラックス感があったと推察され、入眠型と異なった反応を示した。非反応型は一見ほとんど変化ないが、その理由として、安静時に高値であったためにその後の変動幅が小さくなっていることと、安静時値が中低度以下で変動が認められないものは、刺激に対する抵抗性があったと考えられる。

刺激中 5 分間を 1 分刻みで見ると、 α 波は入眠型、覚醒型、非反応型のいずれもが温熱照射と同時に一時的に上昇し、それ以降、入眠型は低下した後平行に推移し、覚醒型は高値を維持している。他方 δ 波は非反応型を除いて一時的に低下し、その後入眠型は上昇傾向に入り、覚醒型は安定した経過をたどっている。以上の結果から、感覚は刺激を受けた瞬間一番強く反応し、温熱刺激中から入眠の準備段階に入っていることを示唆している。

対照群と実験群の比較は（図 6, 7, 8）、対照群を 1 とし、それに対する比を求めた結果、入眠型では温熱刺激中対照群に比較して、有意な α 波の上昇が見られた。また、有意差はないものの、hf も照射中上昇し、温熱によって、リラックス感が得られたと推測される。これについては落合も同様の報告をしている¹⁵⁾。刺激終了後は、時間経過とともに α 波が低下し、中盤における hf の上昇、同時に δ 波が上昇して入眠状態に入っていることが認められる。このことは副交感神経活動が優位になったことを意味している。

他方、覚醒型は、入眠型とは明らかに異なる推移を見せている。 α 波が対照群に比べて終始一貫して極めて高い値で推移しており、 δ 波は対照群より継続的に低下し、覚醒度が高く、眠

気がなかったことが認められる。入眠型と異なって、hf は刺激中から測定終了まで低いレベルで変動しており、自律神経活動が不安定であったことを推察させる。温熱刺激によって、入眠型、覚醒型と分類されるものの、両者は刺激中共通してリラックス感を得、入眠型ではリラックス感を得た後、入眠していると考えられる。非反応型においても、対照群より α 波の上昇が著しく、3型すべてにおいて、脳は無刺激より温熱刺激の方を快刺激と判断していると思われる。つまり、温熱刺激によってリラックス後の入眠か、あるいは覚醒度が高まるか、どちらかの反応を見せることが示唆された。その反応の違いはそのときの生体リズムや環境、心理状態などに大きく左右されると考える。

睡眠にはまず深部体温が上昇し、その後の体温下降時に入眠が始まり^{5,11,17}、体温が下がっていく落差が急激であるほど寝つきがいいといわれている¹¹。井上は5分間の温水シャワーで直腸温が0.5~1.0°C上昇し、睡眠潜時が極めて短縮し、入眠が非常に改善され、徐波睡眠と体温の最高値の間には正の相関があり、睡眠中に出現する徐波睡眠が入眠前の身体過熱による体温上昇に大きく依存していると結論づけている¹⁸。本研究でも足底に5分間温熱刺激を与えたことによって、深部体温の上昇があったのかも知れない。しかし、1°C以上の体温上昇を伴う過剰な身体加熱は、ストレス反応を引き起こし、徐波睡眠の出現を抑制し、睡眠を劣化させると考えられることから¹⁸、足底への温熱刺激はリラックス感を与えると同時に適度な温度上昇が入眠促進につながったと考える。

心電図 R-R 間隔は吸気時に短縮し、呼気時に延長する。この現象は呼吸性洞性不整脈と呼ばれ、高周波成分と低周波成分から構成されており、心臓迷走神経活動状態を外部から知ることが可能になる一つの方法である。R-R 間隔は安静時にもっとも激しく揺らぎ、ストレス時には一定化するといわれている²⁰。本研究では R-R 間隔変動には個人差が大きく、安静時 hf 値も幅広い分布を示した。当初から安静時 hf 値が高値、逆に低値のものがあつたが、安静時における同一個体内ではよい再現性を示した。

睡眠と自律神経活動とは密接な関係があり、大脳皮質と海馬や扁桃核を合わせた「眠る脳」と、脳幹部や視床下部の「眠らせる脳」の働きに分けられ、眠らせる脳は中脳や間脳にある覚醒中枢を抑制して睡眠を起こすといわれており⁵、REM 睡眠、non-REM (以下 NREM) 睡眠は良く知られた事実である^{5,6,11,18,21}。入眠はまず REM 睡眠を経過し、Stage 1 から Stage 4 まで深くなっていき、健康成人の夜間睡眠では NREM-REM の組み合わせがおおよそ 90 分の周期で現れ、一晩に 4~5 回繰り返されることが知られている^{22,23}。

睡眠には、現在のところ、睡眠促進物質として、日中、松果体で合成され夜間に分泌されるメラトニンを始め、ガンマアミノ酪酸 (GABA) やプロスタグラン D₂ などが知られており、さらに概日リズムの影響を受けるとされているが^{5,18}、本実験は日中での試験であり、それらの影響があつたとは考えにくい。従って、対照と比較した結果から判るように、 α 波の低下、

δ 波の上昇は、温和な熱刺激を与えたことによる入眠促進効果であったと考える。

睡眠中に脳波のリズムが徐波化することなどから、睡眠は脳を休息させる働きを持っており、身体の疲労は睡眠に依らなくても、安静で回復するといわれているのに対し、脳の疲労は眠らなければ回復しないことは日常経験することである⁵⁾。

良質の睡眠を得ることは、安定した自律神経活動の調節をはかることのみならず、内分泌系、免疫系の賦活に欠かせない要素といわれている^{18,23)}ことから、疾病の改善、予防、健康維持、増進には睡眠の質を高めることが最大の効果を発揮するものと考えられる。その実現のためには適切な温熱刺激を受けることによりリラックス効果を得、さらに副交感神経活動を優位に導き、その結果として入眠促進効果をあげることが可能になると言えよう。(本論文は、平成16年山口県立大学大学院健康福祉学研究科修士論文、「温熱刺激に対する生理学的解析」の一部である睡眠導入の足がかりとしてのリラックス効果に着目し一部加筆したものである。)

5. 要旨

本研究では、温熱刺激が人間の生理的および心理的反応にどのように影響を与えるかを、脳波の α 波や心電図R-R間隔変動のパワースペクトルから当該波形含有率を求め、リラックス度や自律神経活動を検討した。安静時 α 波、hfは個人差が大きいため、安静時レベルを1として、変動率で表し、「入眠型」「覚醒型」「非反応型」と3タイプに群分けした。その結果、入眠型が65%でもっとも多く、覚醒型11%、非反応型が24%であったが、対照との比較では入眠型、覚醒型、非反応型いずれも α 波含有率が有意に高くなり、温熱によってリラックス感が得られることが明らかになった。また入眠型はリラックスした後、入眠したと考えられた。脳波や心臓迷走神経は温熱刺激を受けた瞬間に著しい変化を示していた。

自律神経は内分泌、免疫系とも密接に関連しあっており、適切な調節は生体のホメオスタシス維持に不可欠だといわれている。自律神経系の副交感神経活動は良質な睡眠によって有意に上昇する。したがって、適切な温熱刺激による入眠促進は、神経系のみならず、内分泌系、免疫系の機能を全体として高める効果があると考えられる。

VI. 参考文献

- 1) 八田武志・三戸秀樹・中迫勝・田尾雅夫：ストレスとつきあう法，ゆうひかく選書，東京，1993
- 2) 星恵子：ストレスと免疫，講談社，東京，1999
- 3) 田中正敏：ストレスそのとき脳は？，講談社，東京，1987
- 4) 田原明夫：ストレスと病気，京都大学医療短期大学部紀要別冊健康人間学，13，1～9，2001
- 5) 大熊輝雄：夢博士のグッスリ快眠学，求龍堂，東京，1995
- 6) 早石修・井上昌二郎：快眠の医学，東京，日本経済新聞社，2000

- 7) 小林 保：図解雑学睡眠のしくみ，ナツメ社，東京，2002
- 8) 平野鉄雄・新島 旭：脳とストレス，共立出版，東京，1995
- 9) 佐藤昭夫・佐藤優子・五嶋摩理：自律機能生理学，金芳堂，京都，1995
- 10) 市村孝雄・末弘静子：温和な熱刺激の心身緩和効果，日本生理人類学会誌，8（2）42，2003
- 11) 堀忠雄：快適睡眠のすすめ，岩波新書，東京，2001
- 12) 佐藤方彦：最新生理人類学，朝倉書店，東京，1997
- 13) 福井彦：物理療法第2版，リハビリテーション医学全書，医歯薬出版，東京，1981
- 14) 細田多穂・柳沢健：理学療法ハンドブック（改訂第2版）協同医書出版社，1986
- 15) 落合龍史：温熱刺激が脳波および自律神経に及ぼす影響，自律神経，38（6）450～454，2001
- 16) 井上清子・相川博・山内俊夫：自律神経活動と覚醒度の再現性について，臨床神経生理学，28（6），456～460，2000
- 17) 井上昌次郎：上手な快眠術，実業之日本社，東京，1999
- 18) 井上昌二郎：快眠の科学，朝倉書店，東京，2002
- 19) 早野順一郎：心拍のゆらぎと自律神経，Therapeutic Research，17（1），163～197，1996
- 20) 早野順一郎・安間文彦：自律神経と心拍変動，医学のあゆみ，198（4）285～289，2001
- 21) 小森賢一・武井茂樹・木村淑恵・野村総一郎：健常者の睡眠中における心電図 R-R 間隔変動スペクトル解析，脳と精神の医学，8（1）77～83，1997
- 22) 新田紀枝・阿曾洋子・川端京子：足浴、足部マッサージ、足浴後マッサージによるリラクゼーション反応の比較，日本看護科学会誌，22（3），55～63，2002
- 23) 太田龍朗：睡眠と生体リズムからみた適応障害，自律神経，39（1）26～32，2002