精神的緊張の測定に関する研究

杉本 功介・岩崎 好子*

(昭和43年3月8日 受付)

Study of Measurement of Mental Tension

Kosuke Sugimoto and Yosiko Iwasaki

(Japan Women's College of Physical Education)

The object of study

In order to measure the mental tension we selected the following 5 phenomena: Electroencephalogram, Microvibration, Galvanic skin reflex, Plethysmogram, Pneumograph, and observed the development of tension from the beginning to the peak of it.

The method of study

The examinees were five women, 21~25 years of age.

We employed following two kinds of suggestion in order to cause mental tension.

Suggestion 1. "You shall have an electric shock in 7 minutes from now."

Suggestion 2. "You shall have an electric shock stronger than you had before, in 7 minutes from now." (though it was not really stronger.)

The result of study

(1) The Electroencephalogram, after the beginning of tension, showed a decrease in α wave and an increase in β wave.

(2) The Galvanic skin reflex, from the beginning of tension, showed more frequent appearances and larger amplitude.

(3) The Microvibration, as tension rose, showed a decrease in α wave and a conspicuous increase in θ wave.

(4) The plethysmogram, from the beginning of tension, showed more frequent oscillation of the standard line, but smaller amplitude.

(5) The Pneumograph, from the beginning of tension, showed an increase of frequency in breathing.

(Research Journal of Physical Education, Vol. 13, No. 1, 21~31, 1968)

* 日本女子体育大学

まえがき

試合場面等で“あがり”の問題がよく話題になる。しかし、その実体となるとあいまいな点が多。猪飼氏は“あがり”を過度の情緒的興奮であると考え、神経生理学の立場から次のように説明している。「“あがる”ということは、精神的興奮が強いために、神経系全般の統制が乱れた状態であるといえる。その結果は精神機能の面にもあらわれてくるが、“あがつた”ときでも筋肉そのものの機能にかわりがあるわけではないが、意志のとおりにならないようになるのである。」

そこで問題は、過度の精神的興奮の問題である。このような精神的緊張は、自律神経、特に交感神経に密接な関係があることが生理学上あきらかにされている。本研究では自律神経の活動と関係のある微細振動 (Microvibration)、脳波 (Electro-encephalography)、皮膚電気反射 (Galvanic skin response)、容積脈波および呼吸の現象を指標として、精神的緊張の生理心理学的研究を進展させてみたいと思う。

自律神経の興奮性と脳波との間に密接な関係があると考えられているが、福島氏らの研究によれば、副交感神経緊張に傾いている人と、交感神経緊張に傾いている人とにわけ、その脳波の平均振幅、平均周期、連続度などを比較してみると、副交感型の人では平均振幅、連続度など一般に高く、交感型の人では低いという結論をだしている。

α 波がもつともよく現われるのは、外来の刺激がなく、被験者が無念無想の状態時である。刺激を与えて、 α 波を消失させる場合には、その刺激がまず被験者の注意を引くことが必要である。注意されない刺激は、いかに強い刺激でも α 波の抑制には有効ではない。 α 波の抑制は外部刺激のみならず、内部的心的状態の変化によつてもおこりうる。したがつて最も有効なものは、外的刺激の物理的強さではなくて、その刺激がひきおこす心理的变化、たとえば注意、緊張、不安、驚愕といったことが原因

であると考えられる。

Cohn, R. (1946) は不安、懸念などの場合の脳波像に2つの型があるとみている。第1の型は、 α 波が抑制されて小振幅の β 波が現われる型で、普通の知覚刺激の場合と似ている。第2の型は、大きな振幅の β 波が現われ、それに α 波が混在しているものである。この第2の型では、多くは感情が高まつており、自律交感神経の興奮が高く、G.S.R が現われやすい。第1の型では深呼吸をさせると、脳波像が正常にもどることが多いのに、第2の型では深呼吸はあまり有効ではないとしている。

上述したように、脳波と皮膚電気反射の関係について、Darrow, C.W. & Cohn, R. らと Forbes らの意見が対立しているが、この点について本川氏は次のように述べている。「Forbes によれば、脳波と皮膚電気反射の間には直接の関連はないというが、しかし、特定の場合には、両者は並行して変化する。また、各種の刺激によつて、ひき起される G.S.R の大きさと脳波の変化との関係は、Forbes の指摘するとおり、決して一義的なものではないが、刺激の種類により、ある法則性は存在する。例えば、光刺激は脳波の抑制には有効であるが、G.S.R に対してはほとんど無効に近い。痛刺激、電気刺激は、G.S.R には有効であるが、脳波にはあまり有効でない。両現象にともに有効なのは、精神的努力である。」

皮膚電気反射は Veraguth (1904) の実験以来、心理学的研究がさかんにおこなわれてきた。この現象と感情、情動などの精神過程との関係を重視する人もあれば、意志的要素との関連を主張する人もある。しかし、この現象をある特定の精神的過程に特有なものとするのはおそらく正しくなく、瞳孔の反応、血管反射などと同様に、自律性反射の1つと考えるべきものであると思う。

感情的表現には自律神経系がはなはだ重要な役割を果していることを考えると、この現象を精神医学的、心理学的研究の一助として用いることは大変有意義であると思う。

微細振動 (Microvibration) と心理的要因の関係についてもよく問題になる。日常生活において、緊張した場合手足のふるえを経験することがある。微細振動は、本人がさほど意識しえない緊張状態をも検出することができる。光や音の刺激を急にあたえると微細振動に変化がおこる。また暗算を課することを予告しておく、安静の状態にもどりにくい。このことは一種の予期緊張によるものである。自律神経と微細振動との関係は、気温の変化によつて微細振動が変化することからも推測されるが、自律神経毒や自律神経遮断剤の作用からも、自律神経の機能と微細振動とが密接な関連をもっていることがわかる。

容積脈波は、血圧、呼吸、G.S.R など他の自律系反射と同じように、外的および内的諸刺激に対し顕著な反射を示すもので、情緒や感情の鋭敏な指標の1つと考えることができる。外的および内的刺激に対する容積脈波の反射には、2つのものが考えられる。その1つは脈動波の振幅変動であり、他の1つはその基線の動揺である。

呼吸機能においても自律性の反応変化がおこる。すなわち、感情刺激により呼吸は一時停留するが、まもなく促迫する。気管支の平滑筋が弛緩して、気管支が拡張し呼吸しやすくなるのである。

以上のように、自律性の反応について、脳波、微細振動、皮膚電気反射、容積脈波、呼吸の5現象から考察してきたのであるが、本研究ではこの問題について、生理心理学的な面から追求したものである。

研究目的

精神的緊張は自律神経系の活動と密接な関係があることはいうまでもない。この自律神経活動より発生する微細振動をとらえることは、精神的緊張を測定するのに有効である。さらに、自律神経活動の有無、振幅の大小により、自律神経の興奮を知る手がかりとして皮膚電気反射がある。この2つの現象を指標として、精神的

な緊張の経過を測定し、これと併用して容積脈波、呼吸曲線の測定も実施した。しかし、精神的緊張を測定するには、どうしても大脳皮質機能の興奮をとらえる必要が生じてくる。そこで、大脳皮質機能の鋭敏な反応と思われる脳波によつて、皮質の興奮をとらえることにした。つぎに、測定する緊張であるが、これは教示により7分間の緊張をとつた。「これから7分後に電気ショックをあたえます。」という教示をし、さらに緊張を高めるために、3分前から1分毎に時間を知らせた。この7分間における緊張の生起から、緊張の高まりの一連の緊張——これを一種の予期緊張とみなす——を主に測定した。

このように、緊張の生起から、それがピークに達するまでの経過を上述した5現象（脳波、微細振動、皮膚電気反射、容積脈波、呼吸曲線）で測定し、各現象の時間的変化および現象間の関係を調べ、さらにこれらの現象を通じて、自律神経および大脳皮質の興奮性について検討を試みた。

研究方法

① 被験者、21才～24才の女性5名（大学生）

② 実験場所、本学心理学実験室、本実験室は大電流または雑音の原因になる機器が近接しているので、これによつて被験者が直接誘導を受けないようにシールドルームの中で実験した。

③ 実験期間、昭和42年6月下旬～7月中旬。

④ 実験装置、脳波計は三栄測器製のPG-602型ポリグラフを使用した。脳波のような比較的急速な変化を示す波形では、時定数を小さくする必要があるので、時定数 (time constant) は0.3秒とした。分析装置は三栄測器のEA-201型脳波分析装置を使用した。使用した周波数帯域は、 θ 帯域 (4～8c/s)、 α 帯域 (8～13 c/s)、 β 帯域 (13～20c/s) である。

微細振動の Pick up は、日本光電製のもの

を使用した。この Pick up のリード線のチップは増幅器としてのポリグラフに接続した。

皮膚電気反射の測定方法には、通電法と電位法があるが、本実験では電位法によつた。誘導は右手掌、右手首より誘導し、増幅器としてのポリグラフにリード線を接続した。

容積脈波は、三栄測器製の反射型光電脈波用 Pick up を使用した。この Pick up のリード線のチップは、増幅器としてのポリグラフに接続した。

呼吸曲線を描くには、胸廓または腹部の運動を描く方法と、呼吸圧を描く方法とがあるが、本実験では胸廓の運動を描く方法をとつた。すなわち、硫酸亜鉛の液を充したゴム管の中に亜鉛電極2個をとりつけ、ゴム管を胸部にまき、固定した。このリード線のチップは、増幅器としてのポリグラフに接続した。なお、時定数は容積脈波とともに1.5秒とした。

⑤ 誘導方法、脳波の誘導部位は正中線上の頭頂部と後頭部で、接地電極を左耳朶に装着した。

皮膚電気反射は右手掌と右手首より誘導した。なお右手第2指と第3指の間、第3指と第4指の間に電気ショック用のチップのついたリード線を接着固定した。

微細振動の Pick up は、被験者の左手の拇指丘に被験者が気にしない程度にできるだけ軽く、そしてできるだけ水平に紙バンソコウで接着した。こうして誘導された微細振動は、分析

器によつて θ 帯域、 α 帯域の瞬時値を記録した。

容積脈波は、右手第1指の指先の血量変化を測定した。光電脈波用 Pick up は右手第1指の先端に接着した。

呼吸曲線はゴム管を胸部にまき固定し、胸部運動によつてゴム管が伸縮して変化する両電極間の電気抵抗を記録した。

⑥ 教示の仕方、上述のように誘導のための準備がすべて完了したら、実験者は被験者につきのような教示を与えた。

「これから記録をはじめます。記録中はずっと目を閉じていてください。身体や手足はなるべく動かさないように楽な気持ちでいてください。なお、記録時間は約20分です。」

⑦ 刺激、被験者の緊張していく経過を観察するために刺激Ⅰ、Ⅱをあたえた。この刺激は予期緊張をひき起すためであり、つぎのような教示である。刺激Ⅰ「これから7分後に電気ショックをあたえます。」、刺激Ⅱ「これから7分後に、さつきより、もつと強い電気ショックをあたえます。」このように刺激をあたえたが、実際の電気ショックは刺激Ⅰと同じ強さのものである。つぎに、この7分間の後半の3分間は、被験者の緊張を高めるために1分毎の時間を報告した。

これらの刺激の呈示時間および実験手順は第1図のとおりである。

結果および考察

(1) 脳波、頭頂部と後頭部からの双極誘導によつて導出された脳波の分析には、いろいろな分析法があるが、本実験ではヒストグラム法によつて、実験開始から1分毎に10秒間づつの帯域周波数 (α 波 8~13c/s) (β 波 13~20c/s) の出現頻数を測定することにした。

α 波帯域、 β 波帯域の周波数の出現が時間経過とともにどのような変動を示すかについて調べたのが第2図、第3図である。

まず安静時 (3分間) における α 波の出現頻数は、刺激Ⅰ (これから7分後に電気ショックをあたえます。), すなわち予期緊張開始の教示直後から漸減傾向を示した。また、電気ショック後の安静時 (3分間) においては、やや漸増傾向を示した。しかし、つぎの刺激Ⅱ (これから7分後にさつきより、もつと強い電気ショックをあたえます。) によつて、 α 波の出現頻数は漸減傾向を示していつたのである。しか

し、安静時、予期緊張時にわたつてみられる漸増減の差は大きいものからわずかなものまであり、個人差のあることは認めなければならない。

つぎに β 波の出現頻数についてみると、安静時 (3分間) における顕著な増減はみられなかつたが、刺激Ⅰより全被験者とも漸増傾向をしめした。電気ショック後の安静時では漸減傾向が認められた。しかし、この傾向の認められないものがあつたため、明確な傾向を認めることはできないが、刺激Ⅱによつて、 β 波の出現頻数は漸増傾向を示したのである。

脳波の分析にあつては、各帯域の振幅の問題、各帯域の持続時間の問題も考慮して、その変動を論じなければならない。しかし、本実験ではその各帯域の出現頻数の面から検討を加えたのである。この面から云えることは、予期緊張にともなつて、 α 波の出現頻数は漸減傾向を示すが、 β 波の出現頻数は漸増傾向を示すということがわかる。

第2図 脳波出現頻数の時間的変動
(ヒストグラム法による分析) 被験者: E.S

第3図 脳波出現頻数の時間的変動
(ヒストグラム法による分析) 被験者: M.K

(2) 皮膚電気反射, ここでは, G.S.R の出現頻度および振幅の面から考察を加えることにした。

被験者 R.K の場合をみると, 最初の安静時の自発性の G.S.R はみられないが, 刺激 I から, すなわち予期緊張にはいつてから, その出現が認められる。予期緊張開始からは (1分~4分) 振幅の小さい G.S.R の出現であるが, 5分~7分の間では, 出現頻度も多く, また振幅

も大きくなっている。刺激 II からの予期緊張になると, 出現頻度は刺激 I の場合より多くなっている。このことは刺激 II の教示「これから7分後にさつきよりもつと強い電気ショックをあたえます。」によつて, 刺激 I の場合より, 精神的緊張が高まつたのではないと思われる (第4図参照)。

被験者 E.S は, 予期緊張にはいつてから, G.S.R の出現頻度も多く, 振幅も大きくなつて

第4図 G.S.R の出現頻度と振幅の時間経過による変動
被験者: R.K

いる。しかし、電気ショック後（3分間）の G.S.R の出現頻度が多い。さらに刺激Ⅱによる予期緊張時になると、振幅も大きく、出現頻度も増す点が目立っている。このように、予期緊張、電気ショックに対する反応には、個人差のあることはみのがすことができないと思われる（第5図参照）。

いずれにしても、安静時では、皮膚電気反射の出現はほとんどみられないが、予期緊張にはいつてから時間経過にともなつて、出現頻度も多くなり、振幅も増大するということができる。

(8) 微細振動

帯域周波数分析装置によつて、 θ 帯域、 α 帯域の各瞬時値について考察をしてみると、全被験者とも、安静時においては α 波の出現量が他の成分より多い。この α 波は、予期緊張開始の教示とともに漸減傾向を示した。しかし、予期緊張終了とともに急激な増加傾向を示したのである。

θ 波については、 α 波の傾向とは逆の傾向を示した。被験者 R.K は、刺激Ⅰより徐々に振幅は増大し、3mV 強の振幅を示した。そして予期緊張終了とともに減少し、刺激Ⅱによつ

第5図 G.S.R の出現頻度と振幅の時間経過による変動

被験者：E.S

第6図 微細振動の時間経過における振幅の変動

(4~8c/s) 被験者：R.K

て漸増しているが、予期緊張終了とともに再び減少するといった傾向を示したのである（第6図参照）。

被験者 E.S の場合は、安静時に比較して、予期緊張時の振幅の増大は認めることができるが、その増大のピークは、いずれも予期緊張終了後にあるということが出来る。また、刺激Ⅰによる予期緊張よりも、刺激Ⅱによる予期緊張の方が、 θ 波の振幅において増大が目立つということは、被験者 R.K と異なる点である（第

7図参照）。

他の被験者も、予期緊張によつて θ 波の振幅の増大は認められ、同様に、刺激Ⅰによる予期緊張より刺激Ⅱによる予期緊張の方が、 θ 波の振幅は増大する傾向が認められた。しかし、増大のピークが、予期緊張終了の直後にあるのは、被験者 E.S のみであつた。

(4) 容積脈波

容積脈波の時間的経過にともなう振幅変動についてみたのが、第8図、第9図である。被験

者 E.S の場合は、刺激 I より漸減傾向を示し、予期緊張終了とともに漸増傾向を示している。刺激 II による予期緊張時になつても減少せず、電気ショック 4 分前頃から減少し、予期緊張終了とともに増大している。被験者 K.R は、刺激 I によつて減少し、予期緊張終了直後やや増大し、刺激 II によつてさらに減少している。他の被験者は大体 E.S と同様で、被験者 K.R だけが異なつた傾向を示したのである。

つぎに、容積脈波の基線動揺についてであるが、各波の谷と谷とを直線で結び、安静時における基線から基準線 (L) に垂線を引いた距離を A-A' とし、同様に基線動揺時におけるそれを a-a' であらわし、基線の動揺を次の式であらわし、考察を加えた。

$$\text{基線動揺度} = \frac{aa'}{AA'} \times 100 \quad (\text{第 10 図参照})$$

安静時における基線の動揺はまれであるが、まったく出現しないということはない。被験者 R.K は、安静時より予期緊張時において、基線動揺度も、基線動揺の出現頻数も多い (第 11 図参照)。

また、被験者 E.S も同様の傾向を示している。しかし、基線の動揺は R.K より大きいといふことができる (第 12 図参照)。

以上のような傾向は、各例において顕著に示されたといふことはできないが、傾向としてとらえることはできた。

(5) 呼吸曲線

呼吸曲線の時間経過における平均振幅の変動及び呼吸回数の変動をみたが、ある傾向性を認めることはできなかつた。しかし、呼吸回数は予期緊張とともに増加する傾向があるように思われる (第 13 図参照)。

第11図 容積脈波の時間経過における基線の動揺

被験者: K.R

第12図 容積脈波の時間経過における基線の動揺

被験者: E.S

第13図 呼吸回数の時間経過における変動

被験者: E.S

結 論

精神的緊張は、自律神経、とくに交感神経系の興奮によつておこるが、緊張時には自律神経系ばかりでなく、大脳皮質にも興奮がみられると思われる。そこで本研究では「これから7分後に電気ショックをあたえます。」という指示刺激のもとに、緊張の生起から、それがピークに達するまでの過程を、脳波、皮膚電気反射、微細振動、容積脈波、呼吸曲線ととらえようとしたものである。そしてこの5現象を指標として、精神的緊張の測定を試みたのである。その結果をまとめると下記のとおりである。

(1) 脳波、安静時では α 波の出現が β 波よ

り大でその差は大きい。緊張生起後は、 α 波の減少とともに β 波の増加が認められる。また α 波は、安静時において slow α の周期をもつた波が優勢であるが、緊張の高まりにつれて、fast α に変化し、振幅も小さくなる。

(2) 皮膚電気反射、安静時では皮膚電気反射の出現はほとんどみられないが、時間の経過にともない出現頻数が多くなり、振幅も増大する。

(3) 微細振動、安静時では α 波の出現が優性であるが、緊張の高まりにつれて α 波が減少し、 θ 波の増加が著明になる。

(4) 容積脈波、安静時では基線の動揺および振幅の変動はみられないが、緊張の生起とともに、基線の動揺の頻数も多く、動揺の度合も大になるが、振幅は減少する。

(5) 呼吸曲線、緊張の生起とともに、呼吸回数が増加する。

以上のような結果から、7 分間の緊張において、教示刺激をあたえた直後および 4 分～7 分時に緊張の高まりがみられることは明確である。しかも、電気ショック直前に緊張のピーク

が認められている。したがって、本研究の目的である精神的緊張の測定は、いままでのべてきた各現象の変化であらわすことができると思われる。

文 献

- 1) 稲永和豊：身体表面の微細振動，医学出版社，1966.
- 2) 藤森閑一：精神電流現象（心理学講座），中山書店，1053.
- 3) 原野広太郎：光電的容積脈波の振幅変動に関する研究，日本心理学会第24回大会論文集，1961.
- 4) 猪飼道夫外 2 名：スポーツの生理学，同文書院，1961.
- 5) 本川弘一：電気生理学，岩波書店，1952.
- 6) 本川弘一：脳波（心理学講座），中山書店，1953.
- 7) 本川弘一：大脳生理学，中山書店，1964.
- 8) 親美良純外 1 名：G.S.R の研究，心理学研究，1953.
- 9) 清水健太郎外 3 名：脳波入門，南山堂，1963.
- 10) 若林，藤森綱：脳波の分析とその応用，医学書院，1957.