

疲労にさいしての V/Vr 値ならびに「ちらつき」値の変動に関する考察

(人体の筋, 神経の興奮性の研究, 第27報)

昭和34年3月12日受付

信州大学医学部第一生理学教室(主任: 和合教授)

松原幹彦

Changes in V/Vr value and Critical Fusion-Frequency of Flicker under Experimental Stress

(Studies on the Excitabilities of Nerve and Muscle in Man XXVII)

Mikihiko MATSUBARA

1st. Institute of Physiology, Faculty of Medicine, Shinshu University
(Director: Prof. U. Wago)

緒言

和合^①はさきに, V/Vr 法で測定した人体骨格筋の軽度疲労に関して, 意志の関与する随意性の筋疲労と, まったく受身になされる不随意性の筋疲労との間に, 明らかなちがいの存在することをのべている。

著者はまた前報^②において, 随意性の高頻度作業は, 作業量が比較的小さいときでも, 疲労感は大きく, 短時間ですでに作業継続が不能となり, いわゆる疲憊の状態を生じるが, このときの筋の興奮性は, 疲憊にまでいたらない普通の伝達疲労にくらべ, かならずしも著しい低下(すなわち V/Vr 値の増加)を示さないため, 中枢の疲労を同時に考える必要があると報告した。

V/Vr 法はそのほか, 種々の条件のもとに, 筋疲労の測定に用いられている。

疲労測定法として, そのほかいろいろの方法があげられているが, 1941年 Simonson & Enzer^③は中枢神経系の疲労を測定する方法として, 「ちらつき融合臨界頻度」Critical Fusion-Frequency of Flicker (FFF) を応用した。

この報告を追って, FFF は視覚疲労の研究に利用され, ついで計算^④, 読書, 顕微鏡検査および筆記^⑤などの机上の作業や, 洗濯^⑥のように坐つてできる作業, さらに明らかに筋疲労をとまなう肉体的作業において, ひきおこされる疲労の研究にも応用されるようになった。

これまでの研究によると, FFF 値は諸種の因子, たとえば被験者の体格, 栄養, 食餌および年齢; あるいは環境的条件としての気温, 湿度, 照明; 作業の性質, 強さおよび時間^⑦; あるいは作業による酸素欠乏などによつて, 多少とも影響をうけると考えられ,

測定された変化値の意義は非常に複雑である。

著者は被験者に性質のことなつた各種の作業をおこなわせ, 作業直後に V/Vr 値と FFF 値をあわせ測定し, 疲労にさいして両者のあらかず態度について, 比較検討せんところみた。

実験方法ならびに装置

1) 疲労をおこさせるため, つぎの4種の手段をえらんだ。

- Mosso の ergograph による右拇指屈伸運動
- 自転車 ergograph による作業
- 断続矩形波刺激 (Augospel 使用) による m. rect. fem. への通流
- 息こらえ

すなわち

a) 被験者に, 380g の錘をかけた Mosso の ergograph を, 右拇指の屈伸運動のみで, できるだけやく(毎秒3~4回にあたる), できるだけ長時間ひかせた。

b) 自転車 ergograph に 2kg の錘をかけ, 全力で回転させ, 作業が不能になるまで続行させた。

c) Augospel を使用して, 断続矩形波刺激を被験者に与えた。刺激頻度は 120 cps とし, 電流および電圧条件は 2mA および 5V とした。不関電極は腰椎部に, 刺激電極は右下肢の m. rect. fem. の刺激点上におき, 皮膚の上から30分間通流して, 筋の疲労をおこさせた。

d) 深呼吸を3回おこなわたのち, 吸気相で呼吸を停止させ, 可能なかぎり「息こらえ」をさせた。

2) V/Vr 値の測定方法は前報とまったく同様で, 和合の 0.75 μ F V/Vr 法によつて, 全被験者について, m. ext. poll. long. dext. の興奮性の変化を測定

した。

3) FFF 値 (ちらつき値) 測定 の 装置として、中心視野フリッカー測定器^⑧ (山越製作所製、ネオン管方式) を用いた。

「ちらつき視野」の光度は 0.00047 c.p. である。視標面は直径 5mm の円形の「すりガラス」でつくられ、色は橙紅色で、照度は均等となつている。発光時間は頻度に関係なく、0.003~0.004 秒に一定しており、放電間隔のみを変化させることができる。表示した FFF 値は可変抵抗器の百分分したダイヤルの「よみ」から、校正表によつて換算した。

視標の照度が低いため、実験はすべて暗室においておこない、視標の周辺の照明はまったくおこなわなかつた。

測定にあつて、視標を固定し、被験者を作業位置におき、作業姿勢で、眼より視標までの距離を 30cm にとつて、両眼視^⑨させ、降法^⑩で 3 回計測し、その平均値をとつた。各 1 回の計測時間は 2 秒前後とした。

被験者には 19~23 才の健康な男女をえらんだ。

被験者の測定前における食餌摂取や作業状態などはなるべく恒常にし、前日の疲労や睡眠状態などの肉体的状態、あるいは精神的条件が測定に影響を及ぼすと思われるときは、実験をおこなわなかつた。また室内の温度は 15°C~22°C の範囲内とし、湿度や換気など

の環境条件もできるだけ恒常に保つた。

実験時間は一日のうちの時間的経過による変動をさけるため、9~11 a. m. の 2 時間の間に定めた。

4) V/Vr 値および FFF 値の作業前値の決定は、被験者が暗室にはいつてから、暗順応完了までの時間をふくめて、30分以上経過したのちおこなつた。

測定の順序：暗順応が完了してのち、V/Vr の作業前値および FFF 値の作業前値を決定し、ただちに作業をおこなわせ、作業直後から、FFF 値ついで V/Vr 値の順になるべく両者の時間々隔をおかずに、くり返し計測した。上昇した V/Vr 値がふたたび正常値に回復したとき、計測を終了した。

実験成績

Simonson らおよび著者の実験においても、FFF 値の変化は作業後 8 分以内にみとめられなくなる。V/Vr 値の最高増加も、作業後 8 分以内にかならずみられる。それゆえ両者の正常値として、暗順応 30 分以後の値をとり、作業後 8 分以内の最大変化値と比較した。なお FFF 値の ±2 cps 以内の変化は、これを誤差範囲とした (暗順応を完成した作業前の各実験例による FFF 値の標準偏差からみれば、誤差範囲はこれより小さくつとてよいのであるが、Simonson その他のひとびとの報告、および私のえた経験で、FFF 値の計測する複雑な性質からして、±2 以上の数字を変化としてとり扱つた)。

Table 1 Mosso の ergograph の作業

被験者	実験例数	V/Vr 値			FFF 値					
		作業前値 (暗順応 30分後)	最高値 (疲労後)	増加率 (最高値 作業前値)	減少 (-2 cps 以上)		変化なし (0~±2 cps)		増加 (+2 cps 以上)	
					作業時間		作業時間		作業時間	
					60秒以上	40秒~ 60秒	60秒以上	40秒~ 60秒	60秒以上	40秒~ 60秒
A. O. ♂	40	1.04 (±0.002)	1.26 (±0.010)	1.21	16	4	4	12	0	4
M. K. ♂	16	1.05 (±0.005)	1.30 (±0.021)	1.24	8	0	0	4	0	4
S. O. ♂	14	1.04 (±0.004)	1.32 (±0.026)	1.27	12	0	0	0	0	2
S. N. ♀	16	1.04 (±0.006)	1.32 (±0.019)	1.19	8	4	2	0	0	2
M. O. ♀	14	1.03 (±0.005)	1.36 (±0.023)	1.32	2	12	0	0	0	0
H. K. ♀	12	1.05 (±0.007)	1.29 (±0.027)	1.23	0	0	4	6	0	2
平均1.24				計46例 =41.0%	計20例 =17.9%	計10例 =8.9%	計22例 =19.7%	計0例 =0%	計14例 =12.5%	
計112例				総計66例=58.9%		総計32例=28.6%		総計14例=12.5%		

() 内の数字：5%危険率における標準誤差

1) Mosso の ergograph による実験

a) V/Vr 値の変化

Fig 1 に示すように、暗順応完了後、V/Vr 値は最低となつた。このことは、清水^①の網膜遮光により m. rect. fem. の V/Vr 値が低下した実験と一致している。

ergograph の作業後、被験者により個人差はあるが、30~40秒で疲態がおこりはじめ、約70秒までは作業不能になつている (Table 1 および Fig 1)。

疲態による V/Vr の増加率は、個人により差はあるが、平均 1.24 (1.19~1.30) を示し、作業時間が延長するほど大きくなつた (この傾向は以下の3種の実験においてもみとめられた)。また V/Vr 値の上昇は短時間におこるが (以下3種の実験においても同様)、これにたいし回復は徐々に、平均時間は約36分であつた (Table 5)。

b) FFF 値の変化

FFF 値は全体として、58.9%の多数例において減少を示した。作業時間からみると、60秒以上に及ぶときの減少例は41.0%であり、増加例は1例もみられなかつた。

これにたいし40~60秒の作業時間においては、減少例は17.9%、増加例は12.5%であつた。すなわち作業時間が長いほど、減少例が多くみられる (Table 1)。

なお全例において、FFF 値の変化は作業後8分以内で、作業前値に回復した (以下3種の実験においても同様)。

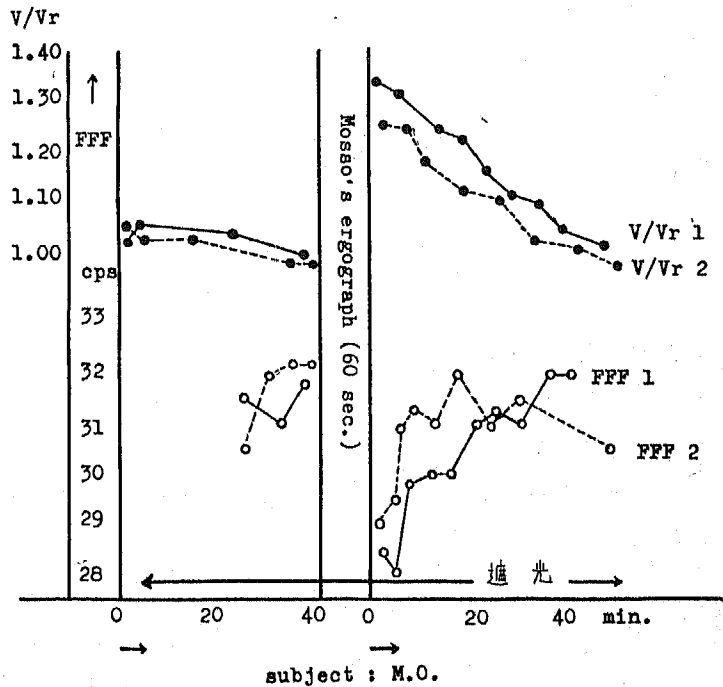
2) 自転車 ergograph による実験

a) V/Vr 値の変化

自転車 ergograph による作業は、Mosso の ergograph の場合とくらべて、より激しい作業であるので、作業量は大きい、主として足でおこなわれる作業であつて、そこに生じた疲労が、m. ext. poll. long. dext. へ伝達され、その結果を測定しているためか、V/Vr 値の増加率は比較的小さい。

すなわち疲態に達する時間は40秒以内で、Mosso の ergograph の値 (70秒以内) とくらべて、短いにもかかわらず、増加率は平均1.16 (1.11~1.20) で、

Fig. 1



前者の増加率1.24より、かえつて低くなつている (Table 2 および Fig. 2)。

なお回復時間は Mosso の ergograph におけるより短かく、平均24分であつた (Table 5)

b) FFF 値の変化

FFF 値は全例を通じて、90.4%の大多数が減少を示し、増加例は1例もみられなかつた。すなわち Mosso の ergograph におけるより、減少へかたよつている。作業時間の点からみると、30~40秒において、減少例は25.8%であり、40秒以上においてはさらに多く、64.5%を示した (Table 2 および Fig 2)。

3) 断続矩形波刺激による実験

a) V/Vr 値の変化

本実験によつて生じる疲労は、不随意性のもので、疲態状態はおきなかつたが、m. ext. poll. long. dext. の興奮性は低下を示した。すなわち V/Vr 値の増加率は各例平均1.15 (1.11~1.20) で、疲態を生じた自転車 ergograph 作業の場合に近い値となつている (Table 3 および Fig. 3)。

b) FFF 値の変化

FFF 値は、自転車 ergograph あるいは Mosso の ergograph の場合と明らかにことなつて、全実験例中で、わずかに2例だけが減少を示し、そのほかはすべて、変化を示さなかつた (Table 3 および Fig. 3)。

Table 2 自転車 ergograph の作業

被験者	実験例数	V/Vr 値			FFF 値					
		作業前値 (暗順応 30分後)	最高値 (疲労後)	増加率 (最高値/ 作業前値)	減少 (-2 cps 以上)		変化なし (0~±2 cps)		増加 (+2 cps 以上)	
					作業時間		作業時間		作業時間	
					40秒以上	30秒~ 40秒	40秒以上	30秒~ 40秒	40秒以上	30秒~ 40秒
A. O. ♂	16	1.04 (±0.005)	1.22 (±0.017)	1.17	6例	6例	0例	4例	0例	0例
M. K. ♂	16	1.05 (±0.006)	1.17 (±0.023)	1.11	14	2	0	0	0	0
S. O. ♂	6	1.04 (±0.011)	1.25 (±0.035)	1.20	4	2	0	0	0	0
M. O. ♀	10	1.03 (±0.007)	1.19 (±0.023)	1.15	6	4	0	0	0	0
S. N. ♀	14	1.04 (±0.008)	1.21 (±0.027)	1.16	10	2	0	2	0	0
平均1.16				計40例 =64.5%	計16例 =25.8%	計0例 =0%	計6例 =9.6%	計0例 =0%	計0例 =0%	
計62例				総計56例=90.4%	総計6例=9.6%	総計0例=0%	総計0例=0%	総計0例=0%	総計0例=0%	

なお回復時間は、二つの ergograph の実験におけるよりさらに短かく各例平均22分であった (Table 5)。

4) 「息こらえ」による実験
a) V/Vr 値の変化

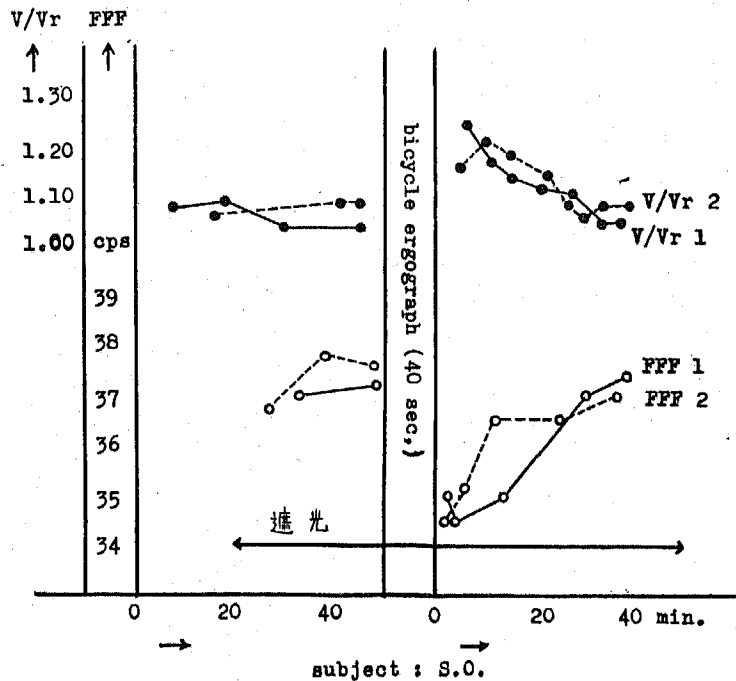
本労作によつても、m. ext. poll. long. dext. の興奮性は低下した。これは主として、呼吸筋の過度の緊張の結果が、伝達することによつて、m. ext. poll. long. dext. に疲労をおこしたものと考えられる。V/Vr 値の増加率は、前記3種の実験における増加率より、明らかに小さく、各例平均1.09 (1.00~1.12) であった (Table 4 および Fig. 4)。

b) FFF 値の変化

V/Vr 値の増加率が比較的小さいにもかかわらず、FFF 値の変化は、自転車 ergograph における変化と類似して、その変化曲線も傾向をひとしくしている (Fig. 4)。

全実験例中の55.8%が減少を示し、これを「息こらえ」の継続時間からみると、30~40秒において、23%の減少例が、40秒以上において32.7%の減少例が示されている。

Fig. 2



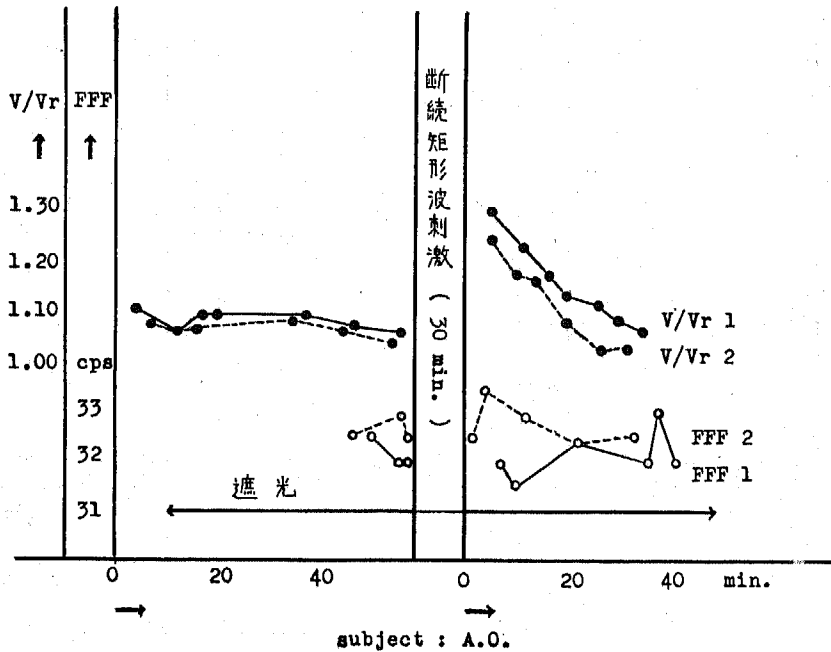
すなわち、自転車 ergograph におけるほどではないが、やはり長時間の労作において、減少例が多かった。

また増加例は全実験例中の1例だけであつて、この点においては、Mosso の ergograph における場合より、減少の「がたより」が著明である (Table 4 およ

Table 3, 断続矩形波刺激

被験者	実験例数	V/Vr 値			FFF 値		
		作業前値 (暗順応 30分後)	最高値 (疲労後)	増加率 (最高値 /作業前値)	減少 (-2cps以上)	変化なし (0~±2cps)	増加 (+2cps以上)
					作業時間30分	作業時間30分	作業時間30分
A. O. ♂	12	1.06 (±0.006)	1.26 (±0.025)	1.19	0 例	12 例	0 例
M. K. ♂	12	1.05 (±0.006)	1.18 (±0.021)	1.12	4	8	0
S. O. ♂	6	1.05 (±0.009)	1.20 (±0.031)	1.14	0	6	0
M. O. ♀	8	1.04 (±0.011)	1.16 (±0.025)	1.11	0	8	0
H. K. ♀	12	1.05 (±0.005)	1.26 (±0.019)	1.20	0	12	0
				平均1.15	計4例=8%	計46例=23%	計0例=0%
計50例							

Fig. 3



び Fig. 4)。

なお回復時間は断続矩形波刺激における値に近く、各例平均約20分であつた (Table 5)。

Table 5 は以上の各種の実験結果をまとめたもので、各種の実験による相互の関係を簡単に示したものである。

考 察

これまでになされた研究によると、疲労が生じたさ

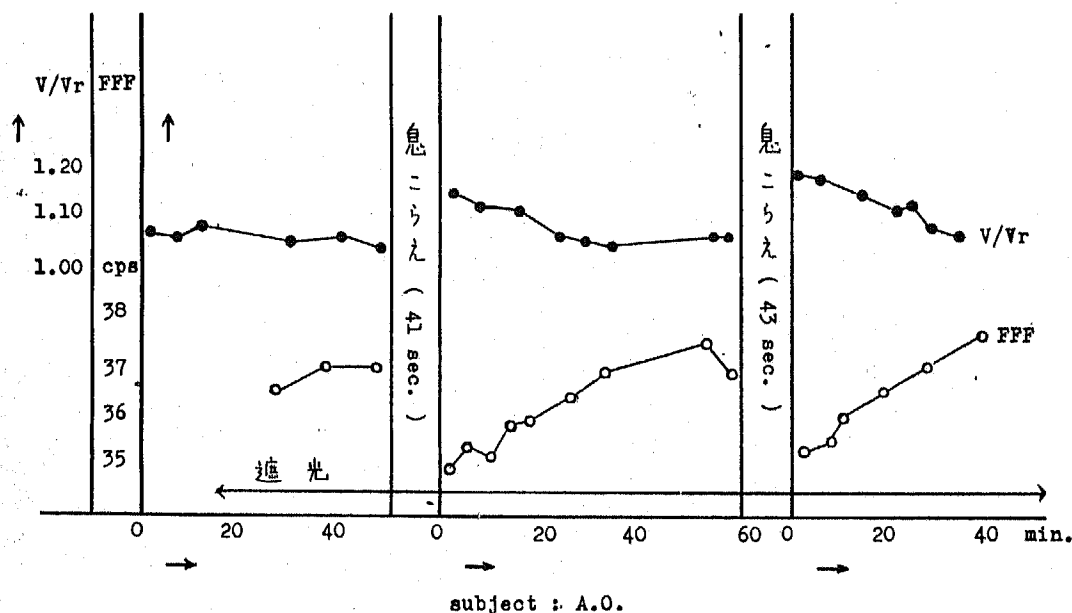
い、測定された FFF 値の変化はいろいろである。

1943年 Simonson, Enzer & Benton^④は種々の型の作業について、FFF 値を研究した。この研究によると、静的な作業、すなわち、被験者に右手で8ポンドの錘を持たせ、その腕を水平に保たせ、疲労するまで腕の挙上を続ける作業をおこなわせたさい、53人の被験者の79%に、FFF 値の増加をみた。一方ランニングのように、激しい酸素欠乏をきたす作業では、被

Table 4, 息こらえ

被験者	実験例数	V/Vr 値			FFF 値					
		作業前値 (暗順応 30分後)	最高値 (疲労後)	増加率 (最高値 作業前値)	減少 (-2 cps 以上)		変化なし (0~±2 cps)		増加 (+2 cps 以上)	
					作業時間		作業時間		作業時間	
					40秒以上	30秒~ 40秒	40秒以上	30秒~ 40秒	40秒以上	30秒~ 40秒
M. K. ♂	18	1.05 (±0.004)	1.18 (±0.019)	1.12	4	12	0	2	0	0
M. O. ♀	10	1.03 (±0.009)	1.14 (±0.026)	1.11	8	0	0	2	0	0
H. K. ♀	16	1.04 (±0.006)	1.12 (±0.022)	1.08	3	0	10	2	0	0
S. N. ♀	8	1.04 (±0.008)	1.10 (±0.033)	1.06	2	0	4	2	0	1
平均1.09				計17例 =32.7%	計12例 =23.0%	計14例 =26.9%	計8例 =15.4%	計0例 =0%	計1例 =1.9%	
計52例				総計29例=55.8%		総計22例=42.3%		総計1例=1.9%		

Fig. 4



験者の75%に減少をみとめた。またその中間の作業にあたる1分間の膝屈伸や、3分間の arm ergograph の作業では、増加、減少あるいは不変などの種々の変化を観察している。

Schmidtke¹⁸⁾は静的な作業、すなわち、全力の半分で hand pressure を維持する作業をおこなわせたさい、被験者の79%に FFF 値の増加をみている。

Brozek & Keys¹⁹⁾は hand ergograph による8~22分の作業で、全例において FFF 値の減少をみとめ

た。

Arnold²⁰⁾は掌上作業そのほかの静的作業において、やはり FFF 値の減少をみた。

また Brozek¹⁹⁾らは、「踏み車」をゆるい速度で長時間踏ませる単調な作業では、FFF 値にはほとんど変化をみないと報告している。

これらの実験結果から、FFF 値の減少は、激しい動的な作業をおこなつたさいにみられることが多く、その増加は、静的な作業にさいしてみられることが多

Table 5

仕事の種類	実験例数	V/Vrの増 化率の平均	回復時間	作業後のFFF値の変化		
				減少 (-2 cps 以上)	変化なし (0~± 2cps)	増加 (+2 cps 以上)
Mossoのergograph	112例	+ 1.24	36分	66例=58.9%	32例=28.6%	14例=12.5%
自転車ergograph	62例	+ 1.16	24分	56例=90.4%	6例= 9.6%	0例= 0 %
断続矩形波刺激 (Augospel 使用)	50例	+ 1.15	22分	4例= 8 %	46例=92 %	0例= 0 %
息こらえ	52例	+ 1.09	20分	29例=55.8%	22例=42.3%	1例= 1.9%

い。そしてこの変化にたいして、主として中枢に影響を及ぼす種々の因子が関与すると思われる。

Simonson らはもともと FFF を、中枢の興奮性の測定に利用したもので、この点に関して、Keighley^④らは脳の貧血状態から、また Gellhorn & Hailman^⑤は Anoxia にさいして ECG の興奮波から FFF 値との関聯性をみている。

また adrenaline, benzedrine および strychnine などの中枢興奮薬は、FFF 値の増加をきたし、chloral, pentothal および phenobarbital などの中枢麻痺薬は FFF 値の減少をきたすことも、報告されている。

これらのことから、FFF 値の減少は中枢の興奮性の値下を、FFF 値の増加は中枢の興奮性の上昇をあるていど示すものと想像される。

著者はこれらの点を考慮し、被験者に性質のことなつた各種の作業をおこなわせ、疲労が生じたとき、FFF 値を測定し、その変化と、和合の 0.75μF V/Vr 法による、筋疲労の測定結果とを比較考察した。

1) Mosso の ergograph の作業は被験者に急激に疲憊を生じさせる動的な作業である。このさいひきおこされる疲労の測定は、直接に作業をおこなっている側の筋でなされるので、伝達された疲労の測定ではない。この随意性疲労の発生によつて、V/Vr 値は作業後に明らかに増加を示した。

一方 FFF 値をみると、実験例の大部分である約60%が減少を示し、増加例は全体の12.5%である。そして作業時間が長いほど減少例が多く、短いときは少い。

このように、Mosso の ergograph の作業は、動的の作業に属するので、さきに述べた Simonson らの動的作業についての実験結果からみられるように、実験例の大半が減少を示したと思われ、しかも減少例は作業時間が長いほど多くなることもうなづける。

増加例が少数みられ、しかも短時間作業時のみかぎられていることは、FFF 値の「ちらばり」をつくる因子のなかで、比較的激しい動的作業にもとづく因

子(その一つとして酸素欠乏、後述)が大きく作用し、より小さな因子にもとづく影響が、短時間作業時のみ、あらわれえたとと思われる。

2) 自転車 ergograph の作業は、Mosso の ergograph よりも、さらに急激に疲憊をおこさせる、作業量の大きい性質のものである。すなわち、前者は40秒前後で、後者は60秒前後で作業不能になる。

自転車 ergograph の作業で測定された V/Vr 値をみると、明らかに正常値より、上昇を示しているが、その増加率は Mosso の ergograph における測定値より低い。前者は後者より作業量が大いにかかわらず、増加率が低く示されたことは、矛盾しているようにみえるが、これは、Mosso の作業においては、作業した筋の直接の疲労が測定され、自転車 ergograph の作業では、主として下肢筋の疲労が伝達され、その伝達された疲労を、m. ext. poll. long. dext. において、間接的に測定したためと考えられる。しかしいづれにせよ、骨格筋の疲労そのものをあらわしているのである。

これにたいし、自転車 ergograph の作業における FFF 値をみると、Schmidtke, Simonson あるいは Arnold らのおこなつた静的な作業や、著者のおこなつた Mosso の ergograph の作業よりも、作業時間が短いにもかかわらず、減少した per cent が多い。すなわち、90%以上の減少例がみられ、作業時間が40秒以上では、64.5%の大多数をしめている。そして増加例は1例もみられなかつた。

これらのことから考えると、Mosso の ergograph 作業の FFF 値でみられた、少数例の増加の「ちらばり」をおこす因子が、自転車 ergograph の場合では、作業量の増大につれて増すところの、FFF 値減少因子(その一つとして酸素欠乏、後述)の力にうち消されて、両 ergograph 作業はともに動的なものであるにもかかわらず、後者は前者より、さらに激しい作業量の大きいものであるため、減少%がさらに増加したのであろう。

またいずれにせよ、このような動的作業をおこなつた場合の FFF 値にたいしては、なされた作業量の大きさに加えて、その作業量にたいする時間の長短が、影響を及ぼすものである。

3) 断続矩形波刺激による実験では、自転車 ergograph の場合と同じく、V/Vr 法によつては、伝達された疲労が測定される。

前者の V/Vr 値の増加率(30分通流における)は、後者の疲働時の増加率とほぼひとしく、それゆゑこのさい生じた筋疲労は、量的にひとしいと考えられる。

また V/Vr 値は随意性の疲労にたいしても、不随意性の疲労にたいしても、かならず変化を示した。

これに反して、FFF 値は断続矩形波刺激では、90%以上の大多数例において、変化を示さなかつた。

これについて考えると、同じく伝達された疲労であつても、断続矩形波刺激によつておこされた疲労は、自転車 ergograph によつて生じた疲労とは、その「なりたち」がことなるもので、前者の場合、動的あるいは静的という作業によつてひきおこされたものでなく、通流という他動的な刺激負与によるものである。この点 Simonson らの実験結果から、本実験の結果について説明することはできない。

著者はこの結果について、つぎのように考えている。「疲れた」、「ぼんやりする」あるいは「ねむい」などという精神的感情が、EFF 値を減少させ、それにたいして努力しようと意識すると、FFF 値を増加させることがいわれている。

Mosso の ergograph, 自転車 ergograph あるいは後述の「息こらえ」の実験は、被験者自身がおこなう労作であつて、「疲れた」という感じが、あるといふ FFF 値に関与すると思われる。

これにたいし、断続矩形波刺激では、他動的に被験者に刺激を与えるのであるから、これらの精神的疲労感は、ほとんど影響を与えないと思われる。

またこの実験では、さきの二つの ergograph の実験やつぎに述べる「息こらえ」の実験とことなり、酸素欠乏ということはおきえないと考えられる。すなわち、この因子が影響を及ぼさないのである。酸素欠乏についてはつぎのべるが、これらの理由によつて、FFF 値に有意の変化がみられなかつたのであろう。

4) 「息こらえ」の実験において、V/Vr 値は前三者の値より明らかに低い、やはり上昇を示した。

この場合の疲労は、主として呼吸筋の過度の緊張が、測定筋へ伝達したものと考えられ、同じ伝達された随意性の疲労でも、自転車 ergograph の場合にくらべて、労作が激しくないため、V/Vr 値の増加率が

低いことは理解される。

このように V/Vr 値の増加率が低いにもかかわらず、FFF 値は50%以上の例で減少を示し、増加例は1例だけであつた。また Mosso の ergograph や自転車 ergograph におけるほど著明でないが、労作の時間が長い場合に、減少例が多くみられた。

このように V/Vr 値の増加率が比較的小さいにもかかわらず、激しい動的作業である ergograph 作業の FFF 値に近い減少 per cent を示したということは、つぎのように考えられる。「息こらえ」そのものは静的労作に属するものであるので、ほかの静的作業でみられるように、FFF 値はむしろ増加してよいはずである。しかし「息こらえ」にさいしては、被験者に一時的に高度の酸素欠乏がおこる。

Seitz^⑩は 17,500~20,000m の高所で、Anoxia の実験をおこない、そのさい FFF 値の減少をみた。

Birren^⑪らは同じく Anoxia の実験で、血中酸素量の欠乏がすすむにつれて、FFF 値は減少し、このさい酸素を吸入させれば、FFF 値は急速にもとに戻ると述べている。Simonson & Winchell^⑫も血中酸素の飽和度と FFF 値の関係について同様のことをみとめている。Simonson & Winchell^⑫および Alpern & Hendly^⑬らは、さらに炭酸ガス蓄積が FFF 値を減少させると報告している。

これらの報告のように、酸素欠乏および炭酸ガス蓄積という現象は、中枢の興奮性に大きな影響を及ぼすもので、この意味で「息こらえ」において、FFF 値に大きな影響を与えたものであろう。

さきに述べた Mosso の ergograph の作業は、短時間内に全力をあげて作業するもので、また自転車 ergograph の作業は、さらにこれより激しい作業である。そのさい当然呼吸が逼迫し、時間的に考えても、疲働が生じるまでに、肺胞、血液および組織の間にガス交換が完全におこなわれず、中枢の酸素欠乏が生じ、興奮性を変化させる。それゆゑこれら動的の ergograph 作業においても、酸素欠乏は FFF 値減少の一つの因子になりうると思われる。

断続矩形波刺激の実験では、酸素欠乏が生じないため、FFF 値の変化にたいして、因子となりえないのである。

また二つの ergograph および「息こらえ」の実験において、作業時間が長い場合に、減少例が多くみられたことからみて、FFF 値には、いろいろの因子をふくめて、作業量の大きさと作業時間の長短が、影響を及ぼすと思われる。なお V/Vr 値の回復時間は、比較的長いので、疲労の差異により、変化を測定でき

るが、FFF 値の回復は急速であるため、その回復時間の変化の有意性についての考察は、今回は省略した。

以上のことからみて、V/Vr 法によつては、作業の種類を問わず、疲労が生じさえすれば、かならず増加となつて、あらわれるものである。

これにたいし FFF 値では、疲労が生じたさい、かならずしも、疲労自体が明らかな変化値としてあらわれるものでなく、種々の因子、とくに中枢性の因子をふくめての、作業の質、量および時間が FFF 値に影響するものである。

それゆゑ、疲労の測定にさいして示された、FFF 値の変化の意義は非常に複雑で、なお今後の研究にまつところが多い。

結 論

1. 被験者に性質のことなつた各種の作業をおこなわせ、疲労が生じたとき、測定した FFF 値の変化と、同時に測定した、和合の 0.75 μ F V/Vr 法による結果を比較検討した。

2. 随意性の筋疲労をおこす、Mosso の ergograph、および自転車 ergograph の作業をおこなつたさい、V/Vr 値の増加率はともに上昇した。

前者は直接に疲労筋について測定し、後者は伝達された疲労を測定したもので、おそらくそのために、より激しい作業であるにかかわらず、後者の増加率は前者より低く示された。

これにたいし、FFF 値はともに減少の傾向を示したが、Anoxia そのほかの因子によつて、中枢性の疲労をともなう、動的作業量が大きいため、自転車 ergograph 作業の FFF 値は、Mosso の ergograph におけるより、高い減少 per cent を示した。

3. 伝達された不随意性の疲労をおこす、断続短形波刺激による実験では、疲労の型がことなるにかかわらず、V/Vr 値の増加率は、自転車 ergograph 作業の増加率とほぼひとしかつた。

しかし、不随意性の疲労であるために、精神的疲労感がわずかなこと、かつ酸素欠乏をきたさないことなどの理由から、断続短形波刺激実験においては、FFF 値の変化はほとんどみられなかつた。

4. 「息こらえ」によつて生じた V/Vr 値の上昇はおそらく、呼吸筋の過度の緊張が伝達されたものと考えられ、このさいの V/Vr 値の増加率は前三者の増加率とくらべて低かつた。

これにたいし、FFF 値は、「息こらえ」が静的労作

であるにかかわらず、ergograph の作業で示された per cent に近い減少を示した。おそらく「息こらえ」にさいしては、中枢の酸素欠乏という因子が、大きく作用したのであろう。

5. V/Vr 法によれば、作業の種類を問わず、疲労が生じさえすれば、かならず増加となつてあらわれるものである。

これにたいし FFF 値は、疲労が生じたさい、かならずしも変化として明らかに示されるものではない。すなわち、疲労自体がそのままあらわれるものでなく、種々の因子、とくに中枢性の因子をふくめての、作業の質、量および時間が FFF 値に影響を与えるものである。

文 献

- ①和合卯太郎：信州大学紀要 4, 29, 1954 ②松原幹彦：信州医誌 8, 499, 1954 ③Simonson, E. & Enzer, N.: J. Indust. Hyg. & Toxicol. 23, 83, 1941 ④Schmidtke, H.: Psychol. Forsch. 23, 409, 1951 ⑤Brozek, J. Simonson, E. & Taylor, H. L.: Quoted from Physiol. Rev. 32, 365, 1952 ⑥Simonson, E. & Enzer, N.: J. Indust. Hyg. & Toxicol. 24, 205, 1942 ⑦Schmidtke, H.: Psychol. Forsch. 23, 409, 1951 (Quoted from Physiol. Rev. 32, 365, 1952) ⑧陶山俯夫：臨床眼科 8, 164, 1954 ⑨大島正光：産業疲労検査の方法 ⑩今野久治：新潟医誌 11, 68, 1954 ⑪清水道男：未発表 ⑫Simonson, E., Enzer, N. & Benton, R. W.: J. Lab. & Clin. Med. 28, 1555, 1943 ⑬Schmidtke, H.: Psychol. Forsch. 23, 409, 1951 ⑭Brozek, J. & Keys, A.: J. Indust. Hyg. & Toxicol. 26, 169, 1944 ⑮Arnold, H.: Quoted from Physiol. Rev. 32, 365, 1952 ⑯Keighley, G., Clark, W. G. & Drury, D. R.: J. Applied. Physiol. 4, 57, 1952 ⑰Gellhorn, E., & Hailman, H. Psychosom. Med. 6, 23, 1944 (Quoted from Physiol. Rev. 32, 361, 1952) ⑱Landis, L.: Physiol. Rev. 34, 276, 1954 ⑲Seitz, C. P.: Arch. Psychol. No. 257, 38, 1940 (Quoted from Physiol. Rev. 32, 361, 1952) ⑳Birren, J. E., Fisher, M. B., Vollmer, E. & King, B. G.: J. Exp. Psychol. 36, 35, 1946 ㉑Simonson, E. & Winchell, P.: J. Applied Physiol. 3, 637, 1951 ㉒Alpern, M. & Hendley, C. D.: Am. J. Optom. 29, 301, 1952 (Quoted from Physiol. Rev. 34, 278, 1954)