集中繊維機能 (TAF) 測定装置について

A method for describing the function of concentration maintenance (TAF)

北海道大学医学部衛生学教室

高 桑 栄 松・高 橋 正 幸

小 泉 洵・助 川 弥 秀

Eimatsu Takakuwa, Masayuki Takahashi,

Kiyoshi Koizumi and Hideya Sukegawa

Department of Hygiene and Preventive Medicine, Hokkaido University School of Medicine

This is an introduction of the apparatus for describing "the Function of Concentration Maintenance", which has been reported at the First International Congress on Ergonomics held in Stockholm in August, 1961. Our studies reveal that the new method is highly reliable for the evaluation of fatigue and that it will refer a useful means for testing occupation aptitude.

The apparatus for TAF-test consists of three parts: gun-barrel, target and oscillograph. The *gun-barrel* is mounted on a supporting stand, being almost balanced but movable in all directions. Examinee aims at the target in sitting state through a sighting telescope, which is fixed on the gun-barrel, by using a short gun-handle with his right (or left) hand, while his left (or right) eye is covered with a black shade. The *target* is illuminated by an inside lamp. The light beams from the target are grasped through the muzzle by a photo-receptor installed in the barrél, and are lead to the *oscillograph* through an amplifier. Then, the changes of the light intensity to the photo-receptor are recorded by oscillograph. Aiming is kept up for a certain period of time and the state of concentration in keeping-up target-aiming will be described as a continuous curve. When the target center is accurately sighted, the oscillogram goes up to the top and in proportion to the inaccuracy in sighting it goes down to the bottom. Thus, the movement of the gun-barrel in sighting is figured in high fidelity.

In the present stage the examinee aims at the target at a distance of two meters with the gun-barrel for one minute continuously and rests for ten seconds, while in sitting he must avoid keeping his body stable by grasping the table with his free (left) hand or by putting his (right) elbow on the the table and or to make aiming easier by touching his face with the gun-burrel. In this manner aiming is repeated until he has aimed for a total of three minutes.

When the target center is accurately sighted, the level is designated as O and in proportion to the inaccuracy in sighting the numerical figure increases up to 10. From each of the three curves shown during the three minutes, level (L) and deviation (D) are determined. L indicates the height of the average level of these curves and D indicates the standard deviation from L. In this sense the function of concentration maintenance can be expressed by the numerical number with L and D, and variances in TAF-values due to mental and physiological stresses are analysed statistically.

As a routine method the TAF-test is given both before and after work, and pre- and post-work values are compared. Suppose, the work gives a certain degree of stress to the examinee, the post-work value will be lowered in comparison with the pre-work value.

「集中維持機能」(the Function of Concentration Maintenance, TAF)なる概念は1960年に高桑¹⁾により発表された新しいアイデアにもとづくものであるが、この原理は次の如く要約される。即ち「集中維持機能」とは一点に注意を集中し且つそれを維持せんとする精神的並びに生理的な機能の総合された状態を現わすものであ

り、注意の集中度を標的に対する指向 (Target-aiming) の正確度をもって表現し、その指向を一定時間維持せしめてその間の変動を連続曲線として客観的に記録することにより、集中維持の度合を判定しようとするものである。(以下集中維持機能を TAF、その検査法を TAF テストと略称する) (第1図)

Fig. 1 Picture of Measuring TAF

Fig. 2 The Concept of Industrial Fatigue

この TAF の概念を所謂「産業疲労」との関連において模型的に示したものが第2図である。

同一個人の一定条件下における TAF カーブの再現性¹⁾²⁾については既に報告されたが、その成績は第1表に示されている。この実験は男女各13人を対象として1週間にわたり連日 TAF テストを行い、TAF カーブが個人

に特有な型を示した場合の再現率を観察したもので、全体を通じて 53.4% に再現性が認められ、この事は TAF テストが疲労判定への応用の外に適性検査法としても利用し得ることを示唆している。

Table 1 Weekly repetition ratio

	No. of curves	No. of the same curve	Repetition ratio
Male	70	40	57.1%
Female	78	39	50.0%
Total	148	79	53.4%

A. 装置の構成 (第3図)

TAF の測定装置は次の3主要部分により構成されている。

Fig. 3 Apparatus of TAF-test

Fig. 4 Supporting State of the Gun-barrel

1. 照準装置 (Gun-barrel): 照準用の望遠鏡を具えた銃身の中に受光装置が納められており、また銃身には重心に近い部分で少々ハンドルよりに先端の尖鋭な短い支柱が付いている。この尖端 (Apex) が碗状の受け台の上に置かれているために銃身は不安定で、且つ非常に可動性が高い。(第4図)

2. 標的 (Target) および増幅器 (Amplifier): 標的は直径 2.5 cm の円型クモリガラスで、内側より光源の照射を受け一定の照度を保っている。標的から出た光は

照準装置内の受光体により捕えられて増幅器へ導かれるのであるが、この場合標的の照度と、標的を指向した照準装置の角度の二つの要素の組合わせにより、受光体における照度は照準が正しく標的の中心を指向した時に最高値を示し、以下中心より、方向とは無関係に、照準が外れる度合に従って殆んど直線的に照度が低下するように設計されている。(第5図)

増幅器の時定数 (Time constant) は短 (0.2 sec.) と長 (2.5 sec.) の二種類を採用しており、短を使用すると照準の微細な変動を記録することが出来るのであるが、著者等は、このようにして描記された曲線を Original wave と称している。また長を使用すると当然微細な変動が積分された形で捕えられる結果、なだらかな曲線を描くことになり、この曲線を Standardized curve と称している。TAF は後述するごとく、Standardized curve にもとずいて数的に表現される。

3. 記録計 (電磁オシログラフ, Electromagnetic oscillograph): 受光体により捕えられた照度の変動は増幅器を経て記録計に導かれる。現在採用している記録計は横河製のもので、No. KD-100 記録紙を使用している。回転速度は 0.2 cm/sec である。

註 1) 電源は普通の 100 V を使用するが、電圧の変動は測定上好ましくないので自動電圧調整器 (Stabilizer) を使用することが望ましい。

B. 装置の用意

1. 照準装置を機の断端に近い所に置き、支柱の中心より 2 m 離れた所に標的をセットする。

註 2) 照準装置はなるべく機の断端に近く置いた方が、被検者の肘が机に触れて支えとなることを防止しやすい。

2. 記録計は標的から離れた位置に置き、記録者はその傍で記録を立てる。

Fig. 5 Light Intensity of the Target

註 3) 測定に際してこの記録状態が被検者の狙いを妨害しないように位置・操作に注意を要する。

3. コード類の接続

- a) 電源→自動電圧調整器→増幅器
- b) 照準装置→増幅器 (シールド線)
- c) 増幅器→記録計

4. 感度 (利得) 調整: 電源を on に入れ, 約 10 分間放置した後, 電圧の安定したところで増幅器の時定数を短へスイッチして感度の調整を行なう。即ち照準装置の銃身尖端を附属品である固定スタンドを用いて固定し, 更に Apex 受け台のネジをゆるく締めて半固定の状態とした上で, 支柱中央部の上下動調整ネジを廻わして上下に微動せしめ, 更に固定スタンドを左右に微動せしめて標的を狙い, 記録計の針が最高になる位置で完全に固定し, (第 6 図) その位置で

a) 照準用望遠鏡の十字が標的の十字と一致するように望遠鏡の方向を微動ネジを動かして調整する。

b) 増幅器の利得調整ダイヤルを廻わし, 記録計の針が記録紙の最上線 (100 目盛の線) を指すよう調整する。なお記録紙を停止させた状態で調整を行うと不正確であることが多い。

註 4) 感度の調整は測定の都度——少なくとも 1 群の連続測定開始前に 1 回——正確に行なうこと。装置の僅かな移動や電圧の変動があると TAF の値の正しい比較が出来ないことになり正確な Data は得られない。

5. 時定数を長にスイッチして再び記録計の針を 100 の線に一致させるよう感度調整を行なう。(設計上では,

短と長の感度は一致することになっているが, 念のためチェックすること。)

6. 照準装置の固定をゆるめて可動性にし, 測定の準備を完了する。

註 5) 室温が急激に大幅に変動すると, 受光体の感度に変化を生ずるので注意すること。

C. 測定の実施法

1. 被検者は照準装置の前に置かれた回転椅子 (背のないものが好ましい) に腰かけ, 利腕の 3 指 (拇指・示指・中指) で照準装置のハンドルを把持し, 照準装置を正しい位置 (照準装置の可動部の縦軸の中心線が垂直になるように, 即ち銃身が左右に傾かない位置) に保たしめる。それから使い易い方の眼で照準用望遠鏡をのぞくのであるが, 姿勢に無理がかからないよう椅子の高さを調節する。

2. 椅子の高さの調節が終わったら再びハンドルを把持し, 眼を望遠鏡へ近づけ標的を狙い, 望遠鏡内の十字と標的の十字が合致するよう努力させる。この際次の事項に注意する。

a) 眼脸部や, 被検者の着用しているメガネ等が照準装置に触れてはならない。

b) 使用しない方の眼を照準装置に附属しているシェイドでカバーする。

c) 利腕の肘は軽く身体より離し, 机や身体につけて照準の支えとしてはならない。

d) 使用しない方の手は膝の上におき, 机に触れて身体を支えとしてはならない。

Fig. 6 Gun-barrel

e) 照準を行なっている最中でも呼吸は静かに続け、息を止めてはならない。

f) 測定中被検者の集中維持に影響を及ぼすような条件を与えてはならない。(例えば騒音、周囲での会話、被検者への話しかけ等)。

3. 以上の注意事項をよく説明した後、数回の練習を行ない照準のやり方をマスターさせる。

4. 測定時間は現在次の如き 3 分法を採用している。

- ① 用意!ハンドルを把持する
(記録計スタート)
- ② 始め!望遠鏡をのぞき照準開始
(1 分間連続)
- ③ 休め!眼と手を離し休む (約 7 秒間)
- ④ 再び用意!ハンドルを把持する
- ⑤ 始め!③の休めの合図より 10 秒後に照準再開 (1 分間)
- ⑥ 休め!③に同じ
- ⑦ 再び用意!④に同じ
- ⑧ 始め!⑤に同じ
- ⑨ 終り!測定終了 (記録計ストップ)

以上の如く合計 3 分間照準を続けさせ、その間の集中維持の度合を 3 本の連続曲線として描記せしめる。

5. 測定の要領は普通 2~3 回の練習でマスター出来るが、女子・年少者・要領のよくのみこめない被検者等では数回以上反覆、習熟させることが望ましい。

6. その他の注意

a) 測定場所: なるべく個室でしかも外部より被検者の注意をそらすような音声 (電話のベル、ラジオ・テレビの放送音、話し声等) その他の刺激の少ないこと。

b) 強度の筋肉労働殊に激しく手腕を使用する作業をした後 (重量物運搬、掘削・牽引・作業、単車運転、etc.) は適当な時間休憩を与え、末梢的な影響を少なくする必要がある。

c) 強度の近視または乱視等、視力障害の著しい人、精神神経的障害の著しい人はこの検査に適さない。

d) 一連の実験の途中で利腕を右から左に変えるとか右眼を左眼に変える等、測定上の条件を変更することは避けるべきである。

D. 成績のまとめ方

1. Standardized curve についての plotting (第 7 図参照)

通常“始め!”の合図の後 5~10 秒でその人本来の照準にもとづくレベルに到達し、小さい変動を描きながら集中維持が行われるので、描記されたカーブの始めの 5~10 秒分は捨て、定常状態に達した所から plot を始める。現在用いている記録紙の回転速度は 1 駒 (1 cm)/5 sec. であるが、plot は 2.5 sec. 毎に 1 点宛行なうので、記録紙の縦線と Standardized curve の各交点の他に、更に各縦線の間にもう一本の縦線を想定し、その線と曲線との交点をも plot してゆく。そうすると各 1 分の

Fig. 7 Plotting on a Standardized Curve (1 min.)

曲線について 22 コ (初めと終りの点は捨てる) の点が plot されるわけである (初めの立ちあがりの部分が一定水準に達しない場合, それらの値を捨てるために 22 コ以下になることもある)。

2. 得点の決定 (第 7 図参照)

plot された各点を次の基準に従って採点する。即ち,

Table 2 Computation of L and D

Exp. (noise) Date 1 Oct. 1963 (pre-work)
Occup. A-2 Name T. Yamada

	1st Min.	2nd Min.	3rd Min.
1	2.7	1.0	0.9
2	2.7	1.3	2.0
3	2.4	1.8	2.1
4	2.2	2.3	2.3
5	2.4	2.4	1.4
6	2.5	2.5	1.7
7	2.1	1.8	2.0
8	2.0	1.5	2.0
9	1.9	1.5	1.5
10	2.1	1.6	1.5
11	2.3	1.5	1.6
12	2.2	1.2	1.9
13	3.3	1.7	1.6
14	2.3	1.5	1.9
15	2.4	1.2	1.7
16	3.1	0.9	1.8
17	3.4	1.0	1.3
18	2.8	1.1	1.7
19	2.5	0.9	2.4
20	2.7	1.3	1.8
21	4.3	1.5	1.8
22	2.2	1.1	1.8
23			
24			
N	22	22	22
$\sum X_i$	56.5	32.6	38.7
$\sum X_i^2$	151.57	52.78	70.39
$\bar{X}(L_i)$	2.56	1.48	1.75
$SD(D_i)$	0.513	0.456	0.360

$$\sum L_i = 5.79 \quad L = 1.93$$

$$\sum D_i = 1.438 \quad D = 0.479$$

$$D_i^2 = \left(\frac{\sum X_i^2}{N} - \bar{X}^2 \right) \times \frac{N}{N-1}$$

$$D_1 = \sqrt{0.3519} = 0.593$$

$$D_2 = \sqrt{0.2136} = 0.467$$

$$D_3 = \sqrt{0.1435} = 0.378$$

記録紙の最上線 100 を逆に 0.0 とし, 以下 90 を 1.0, 80 を 2.0, ……0 を 10.0 としてその間の細い横線を利用すると少数第 1 位までの得点を読みとることが出来る。このようにして採点された数字を第 2 表の如き計算表へ記載して次の L および D を計算する。

3. L および D の計算

第 1 分, 第 2 分, 第 3 分の各曲線についてそれぞれ得点の平均値, $L_i (i=1, 2, 3)$ から L を求めると

$$L = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3}$$

となる。

次に D であるが, D_i は第 1, 2, 3 分における各得点の L_i に対する標準偏差 (S. D.) であるから, 次式の如く求められる。

$$D_i = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n} - \bar{x}^2} \times \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

但し x …… 各得点

$\bar{x}$ …… 各分における平均得点値 $= L_i$

n …… 各分における得点の数
($n=22$ 又はそれ以下)

$$D = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$$

註 6) 便宜上 $\sqrt{\frac{n}{n-1}} \div 1$ としてもよい。なお L は

少数第 1 位まで (少数第 2 位まで求めて 4 捨 5 入), D は少数第 2 位まで算出する。

4. 比較検討の方法

a) グループとして統計学的に検討する場合: 各条件毎に (例えば対照時・作業前・作業後) グループとしての L および D の平均値を求め, F 検定, t 検定あるいは他の検定法を用いて差の有意性を検討する。

b) 個人別に判定を下す場合: 著者等の経験例によると, L で 0.3~0.6 以上, D で 0.20~0.40 以上の差が認められた場合にその差は意味を持つと考えられる。しかし, この数値は勿論如何なる条件下で得られた成績に応用してもよいというわけではないので, ただ一応の目安として引用したものである。

本装置の試作に際し工学面より種々, 御援助を賜りました。北海道大学応用電気研究所福岡醇一教授, 進藤善雄技官, 更に本装置の企画生産化に御尽力いただいた芝電気株式会社重崎伸矩社長, 森安秀士技術部長, 他の関係各位に深甚なる感謝の意を表するものであります。

文 献

- 1) 高桑栄松, 高橋正幸: 産業医学 2(4), 372, 1960
- 2) E. TAKAKUWA: J. Ergonomics, 5(1), 37-49, 1962

(受付: 1963 年 4 月 30 日)